



ЄВРОПЕЙСЬКА КОМІСІЯ

Довідковий документ з  
найкращих доступних технологій та методів управління у

**керамічному виробництві**

Серпень 2007 року

Цей документ належить до серії запланованих документів, що перелічені нижче (на момент написання не всі документи остаточно оформлені):

Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління . .	Код
Великі спалювальні установки	LCP
Нафто- та газопереробні заводи	REF
Виробництво заліза та сталі	I&S
Обробка чорних металів	FMP
Кольорова металургія	NFM
Ковальська та ливарна промисловість	SF
Поверхнева обробка металів та пластмас	STM
Виробництво цементу та вапна	CL
Виробництво скла	GLS
<i>Керамічне виробництво</i>	<i>CER</i>
Великосерійна органічно-хімічна промисловість	LVOC
Виробництво хімічної продукції тонкого органічного синтезу	OFC
Виробництво полімерів	POL
Хлорно-лужне виробництво	CAK
Великосерійна неорганічно-хімічна промисловість – виробництво аміаку, кислот та добрив	LVIC-AAF
Великосерійна неорганічно-хімічна промисловість – виробництво твердих та інших речовин	LVIC-S
Виробництво неорганічних хімічних речовин спеціального призначення	SIC
Загальні системи переробки/керування стічними водами та відпрацьованими газами у хімічній галузі	CWW
Переробка відходів	WT
Спалювання відходів	WI
Утилізація хвостів та відвалів у гірничодобувній діяльності	MTWR
Целюлозно-паперова промисловість	PP
Текстильна промисловість	TXT
Дублення шкір та шкір	TAN
Бойні та переробка побічних продуктів тваринної промисловості	SA
Харчова, питна та молочна промисловість	FDM
Інтенсивне птахівництво та свинарство	ILF
Поверхнева обробка за допомогою органічних розчинників	STS
Промислові системи охолодження	CV
Викиди зі складів	ESB
<b>Довідковий документ. . .</b>	
Загальні принципи моніторингу	MON
Економічні та міжсередовищні наслідки	ECM
Енергоефективні технології	ENE

Електронні версії ескізних та остаточно оформлених документів наявні у відкритому доступі, їх можна завантажити з сайту <http://eippcb.jrc.es> <http://eippcb.jrc.es>

## РЕЗЮМЕ ДЛЯ КЕРІВНИЦТВА

У довідковому документі (BREF) з найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) під назвою «Керамічне виробництво (CER)» викладені результати обміну інформацією, здійсненого згідно зі Статтею 16 (2) Директиви Ради ЄС 96/61/ЄС (Директиви щодо комплексного запобігання та контролю забруднень (IPPC)). У цьому резюме для керівництва описані основні отримані результати, підсумовані головні висновки щодо НДТМ і наведені відповідні рівні споживання ресурсів та викидів. Його слід читати разом з передмовою, у якій пояснені цілі документа, його призначення та правові положення. Його можна читати і розглядати як окремий документ, проте, як резюме, воно не охоплює всі складні аспекти даного повного документа. Тому воно не призначене для використання замість цього повного документа у якості інструмента для прийняття рішень щодо НДТМ, і слід знову підкреслити, що для правильного тлумачення цього резюме його необхідно читати разом з частинами 4 та 5.

## СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ЦЬОГО ДОКУМЕНТА

У цьому документі розглядаються промислові види діяльності, вказані у розділі 3.5 Додатку I до Директиви 96/61/ЄС, а саме:

«3.5. Установки для виробництва керамічної продукції шляхом випалювання – зокрема, черепиці, цегли, вогнетривкої цегли, плитки, виробів з кам'яної маси або порцеляни – з виробничою потужністю понад 75 тон на день та/або з місткістю печі понад 4 м<sup>3</sup> та зі щільністю садіння на піч понад 300 кг/м<sup>3</sup>».

У контексті цього документа промислові види діяльності, що відповідають цьому опису, будуть називатися «керамічною промисловістю». Основні сектори економіки, що базуються на використанні виготовлених керамічних виробів (кераміки), такі:

- стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги;
- цегла та черепиця;
- столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка);
- вогнетривкі вироби;
- сантехніка;
- технічна кераміка;
- оскловані керамічні труби;
- спучені керамічні заповнювачі;
- неорганічні абразиви зі зв'язкою.

Окрім основних видів виробничої діяльності, у цьому документі розглядаються безпосередньо пов'язані з ними види діяльності, які можуть впливати на викиди або забруднення. Таким чином, цей документ охоплює види діяльності від підготовки сировини до відвантаження готової продукції. Певні види діяльності, такі як видобування сировини з кар'єрів, не входять до змісту документа, оскільки вони не вважаються безпосередньо пов'язаними з первинним видом діяльності.

## КЕРАМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Термін «кераміка» (керамічні вироби) загалом означає неорганічні матеріали (можливо, з деяким вмістом органічних речовин), виготовлені з неметалевих сполук і зроблені довговічними за допомогою процесу випалювання. Окрім матеріалів на основі глини, кераміка на сьогодні налічує велику кількість виробів з малим вмістом або взагалі без глини. Кераміка може бути глазурованою або неглазурованою, пористою або осклованою.

Випалювання керамічних матеріалів забезпечує перетворення складових мінералів за кривою «час-температура» – зазвичай на суміш нових мінералів та склоподібних фаз. Серед характерних властивостей керамічних виробів – висока міцність, зносостійкість, довгий термін служби, хімічна інертність і нетоксичність, жаростійкість і вогнестійкість, (зазвичай) електричний опір, а іноді також конкретна пористість.

Глиняна сировина поширена по всій Європі, тому керамічні вироби, такі як цегла, які є порівняно недорогими (але потребують великих транспортних витрат з огляду на їх вагу), виготовляються практично у всіх країнах-членах ЄС. З огляду на будівельні традиції та культурно-історичні міркування, розміри одиничних виробів у різних країнах різняться. Більш спеціалізовані вироби, на які диктуються вищі ціни, зазвичай виготовляються головним чином у кількох країнах, де є необхідна спеціальна сировина і, що не менш важливо, традиції потрібних практичних умінь та професійних знань.

### КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Залежно від конкретних виробничих процесів, заводи, які виготовляють керамічні вироби, створюють викиди у повітря, воду та ґрунт (відходи). Крім того, навколишнє середовище може зазнавати впливу шуму та неприємних запахів. Тип та кількість забруднень повітря, відходів та стічних вод залежить від різних параметрів. До таких параметрів належать, наприклад, види сировини, що використовуються, застосовані допоміжні реагенти, види палива та методи виробництва:

- викиди у повітря: під час виробництва керамічних виробів можуть утворюватися тверді частки / пил, сажа, газоподібні викиди (оксиди вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки, неорганічні сполуки фтору та хлору, органічні сполуки та важкі метали);
- викиди у воду: технологічні стічні води містять головним чином мінеральні компоненти (нерозчинні тверді частки), а також інші неорганічні матеріали, численні органічні матеріали у невеликих кількостях, а також деякі важкі метали;
- технологічні втрати/відходи: технологічні втрати, зумовлені виготовленням керамічних виробів, складаються головним чином з різних видів шламу, розбитих виробів, використаних гіпсових форм, використаних поглинальних матеріалів, твердих залишків (пил, попіл) та відходів упаковки;
- споживання енергії / викиди CO<sub>2</sub>: усі сектори керамічної промисловості є енергоємними, оскільки ключова частина технологічного процесу передбачає висушування, а потім випалювання до температур від 800 до 2000 °C. На сьогодні для випалювання використовується переважно природний газ, зріджений вуглеводневий газ (пропан та бутан) і мазут сорту EL («надлегкий»), у той час як важкий мазут, зріджений природний газ (ЗПГ), біогаз/біомаса, електроенергія та тверді палива (наприклад, вугілля, нафтовий кокс) також можуть використовуватися у якості джерел енергії для пальників.

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ

Керамічні вироби найрізноманітніших форм, розмірів та кольорів виготовляються у печах різних типів з широкого асортименту сировин. Проте загальний технологічний процес виготовлення керамічних виробів доволі однотипний, за винятком того, що у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, побутової кераміки, сантехніки та технічної кераміки часто використовується технологічний процес багатоступеневого випалювання.

Загалом сировини змішуються і заливаються, пресуються або формуються шляхом видавлювання для надання їм потрібної форми. Для ретельного змішування та формування регулярно використовується вода. Ця вода випаровується у сушарках, і вироби поміщаються у піч вручну – особливо у випадку печей періодичної дії з висувним подом – або ставляться на візки, які рухаються через тунельні печі або печі з роликівим подом неперервної дії. Для виробництва спучених керамічних заповнювачів використовуються обертові печі.

Під час випалювання необхідно дуже точно підтримувати градієнт температури, щоб гарантувати належну обробку виробів. Після цього необхідно забезпечити кероване охолодження, щоб вироби поступово віддавали тепло і зберігали свою керамічну структуру. Далі вироби запаковуються і надходять на склад для подальшої доставки.



## **ВИКИДИ ТА СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ**

### **Викиди**

Обробка глин та інших керамічних сировин неминуче призводить до утворення пилу – особливо у випадку використання сухих матеріалів. Викиди дрібного пилу можуть утворюватися у таких процесах, як сушіння (у тому числі розпилювальне сушіння), роздрібнення (розмелювання, подрібнення), просіювання, змішування та транспортування. Певна кількість пилу також утворюється під час декоративної обробки і випалювання виробів та під час механічної або чистової обробки випалених виробів. Джерелом викидів пилу є не лише описані вище сировини – паливо також робить внесок у ці викиди в повітря.

Газоподібні сполуки, що вивільняються під час сушіння та випалювання, утворюються головним чином з сировини, проте паливо також є джерелом газоподібних забруднюючих речовин. До них належать, зокрема, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, леткі органічні речовини (ЛОП) та важкі метали.

Технологічні стічні води утворюються головним чином при промиванні глиняних матеріалів та їх зважуванні у проточній воді у процесі виробництва та під час чищення обладнання, проте викиди у воду також спостерігаються під час роботи мокрих скрубєрів для очищення відпрацьованих газів. Вода, додана безпосередньо у масу керамічної суміші, згодом випаровується у повітря на етапах сушіння та випалювання.

Технологічні втрати часто можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу для використання в інших галузях промисловості або на підприємства з переробки або утилізації відходів.

### **Споживання ресурсів**

У керамічному виробництві енергія використовується в першу чергу для випалювання у печах; крім того, сушіння напівфабрикатів або формованих виробів у багатьох процесах також є енергоємним.

Вода використовується практично у всіх технологічних процесах керамічного виробництва. Якісна вода необхідна для підготовки глиняного шлікеру та поливної глазурі, глиняних мас для видавлювання, «пластичних мас» для лиття у форму, підготовки порошків, отриманих шляхом розпилювального сушіння, мокрого розмелювання/подрібнення та операцій миття або чищення.

У керамічній промисловості споживається широкий асортимент сировин. До них належать матеріали для формування основної маси, які використовуються великим тонажем, та різноманітні добавки, в'язучі речовини та декоративні матеріали для нанесення на поверхню, що використовуються у меншому обсязі.

## **ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ПОТРІБНО РОЗГЛЯНУТИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НДТМ**

Важливими питаннями, які потрібно вирішити для реалізації комплексного запобігання та контролю забруднень у керамічній промисловості, є зменшення викидів у повітря та воду, ефективне використання енергії, сировини та води, мінімізація, регенерація та переробка технологічних втрат/відходів та технологічних стічних вод, а також системи ефективного керування.

Перелічені вище питання вирішуються за допомогою різноманітних технологій, інтегрованих у технологічний процес, та технологій очищення у місці скидання, з урахуванням їх застосовності у дев'яти окремих секторах керамічної промисловості. У цьому контексті в даному документі наведено приблизно 50 технологій для запобігання та контролю забруднень під такими сімома тематичними заголовками:

### **Зменшення споживання енергії (енергоефективність)**

Вибір джерела енергії, технології випалювання та методу регенерації тепла має центральне значення для конструювання печі і є одним з найважливіших факторів, що впливають на екологічні показники та енергоефективність технологічного процесу виробництва.

Основні технології зменшення енерговитрат, які можна застосовувати окремо або у поєднанні одна з одною, перелічені нижче і детально розглянуті у цьому документі:

- вдосконалена конструкція печей та сушарок;
- регенерація надлишкового тепла, що виділяється печами;
- установки для комбінованого виробництва тепла та електроенергії / теплоелектроцентралі;
- заміна важкого мазуту та твердих видів палива паливом з низьким рівнем викидів;
- модифікація керамічних мас.

### **Викиди пилу (твердих часток)**

У документі описані технології та заходи запобігання дифузним та напрямленим викидами пилу, які можна застосовувати окремо або у поєднанні. До них належать:

- заходи для операцій, що супроводжуються утворенням пилу;
- заходи для ділянок зберігання насипом;
- системи сепарації/фільтрування.

### **Газоподібні сполуки**

У документі описані первинні та вторинні заходи/технології для запобігання викидам газоподібних атмосферних забруднюючих речовин (зокрема, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, летких органічних речовин), які можна застосовувати окремо або у поєднанні. До них належать:

- внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини;
- внесення добавок з великим вмістом кальцію;
- оптимізація технологічного процесу;
- поглинальні установки (адсорбери, абсорбери);
- допалювання.

### **Технологічні стічні води**

Цілі та рішення для зменшення кількості (викидів та споживання) технологічних стічних вод наведені у вигляді заходів з оптимізації технологічного процесу та систем очищення технологічних стічних вод. Для зменшення кількості викидів технологічних стічних вод та зниження споживання води ці заходи зазвичай застосовуються у поєднанні один з одним.

### **Технологічні втрати/відходи**

Цілі та рішення для зменшення кількості технологічних втрат/відходів наведені для шламу, що утворюється при виготовленні керамічних виробів, та для твердих технологічних втрат / твердих відходів у вигляді заходів/технологій оптимізації технологічного процесу, переробки та повторного використання. Для зменшення кількості технологічних втрат/відходів ці заходи/технології зазвичай застосовуються у поєднанні.

### **Загальні міркування щодо шуму**

У документі наведені можливості зниження рівня шуму, що існують на кількох кроках технологічних процесів виробництва керамічної продукції. Наведено загальний підсумок та огляд способів зниження рівня шуму.

### **Інструменти керування навколишнім середовищем / системи керування навколишнім середовищем (EMS)**

Системи керування навколишнім середовищем (EMS) необхідні для мінімізації впливу промислової діяльності загалом на навколишнє середовище з застосуванням деяких заходів, особливо важливих для керамічної промисловості. Тому системи керування навколишнім середовищем наведені у цьому документі як інструменти, за допомогою яких оператори можуть систематично і очевидно вирішувати ці питання, пов'язані з проектуванням, будівництвом, технічним обслуговуванням, експлуатацією та виведенням з експлуатації.

## НДТМ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У частині про НДТМ (частині 5) вказані ті технології, які вважаються НДТМ у загальному сенсі, визначені головним чином на базі інформації, наведеної у частині 4, з урахуванням визначення найкращих доступних технологій та методів управління у Статті 2 (11) та міркувань, перелічених у Додатку IV до Директиви. Як повніше описано у передмові, у частині про НДТМ не встановлюються і не пропонуються граничні значення викидів, а рекомендуються значення споживання ресурсів та викидів, пов'язані з використанням НДТМ, а також вибором НДТМ. При визначенні належних умов, передбачених у дозволі, будуть враховуватися місцеві фактори, властиві для конкретного майданчика, такі як технічні характеристики відповідної установки, її географічне розташування та місцеві умови навколишнього середовища. Якщо мова йде про існуючі установки, потрібно також врахувати рентабельність та технічну доцільність їх модернізації.

У наступних параграфах підсумовані ключові висновки щодо НДТМ для галузі керамічного виробництва, що стосуються більшості актуальних екологічних питань. Висновки щодо НДТМ викладені на двох рівнях. У розділі 5.1 наведені загальні висновки щодо НДТМ, тобто висновки, які загалом стосуються всієї керамічної промисловості. У розділі 5.2 містяться більш конкретні висновки щодо НДТМ, тобто висновки для дев'яти основних секторів керамічної промисловості у рамках цього документа. «Найкращі доступні технології та методи управління» для конкретної установки зазвичай полягають у використанні окремої технології або заходу чи поєднання технологій та заходів, перелічених у відповідній частині в загальному розділі та розділі для конкретних секторів.

Слід зазначити, що у цьому «Резюме для керівництва» висновки щодо НДТМ, розглянутих у цьому документі, підсумовані у скороченому вигляді. Щоб прочитати відповідні висновки щодо НДТМ у повному обсязі, дивіться відповідні розділи у частині 5 цього документа.

### Загальні НДТМ

Розділ про загальні НДТМ містить загальні висновки щодо НДТМ, які стосуються всіх дев'яти секторів, пояснених і детально описаних у цьому документі.

Слід зазначити, що у цьому «Резюме для керівництва» висновки щодо НДТМ, розглянутих у цьому документі, підсумовані у скороченому вигляді. Слід ще раз підкреслити, що для правильного тлумачення цього підсумку щодо НДТМ, а також пов'язаних з ними діапазонів відповідних рівнів викидів для найкращих доступних технологій та методів управління (BPF НДТМ), згаданих у цьому документі, їх необхідно читати разом з частиною 4 та відповідними повними висновками щодо НДТМ, наведеними у частині 5 цього документа.

### **Керування охороною навколишнього середовища:**

Реалізувати і дотримуватися системи керування навколишнім середовищем (EMS), яка охоплює, залежно від конкретних обставин, функції, перелічені у розділі 5.1.1 цього документа.

### **Споживання енергії:**

Зменшити споживання енергії шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.2.а цього документа, які можна узагальнити наступним чином:

- вдосконалена конструкція печей та сушарок;
- регенерація надлишкового тепла, що виділяється печами, особливо їх зоною охолодження;
- перехід на інші види палива у технологічному процесі випалювання в печі (заміна важкого мазуту та твердих видів палива паливами з низьким рівнем викидів);
- модифікація керамічних мас.

Зменшити споживання енергії від первинних джерел шляхом влаштування установок для комбінованого виробництва тепла та електроенергії / теплоелектроцентралей відповідно до потреби у корисному теплі в рамках схем енергетичного регулювання, які є економічно доцільними.

### **Дифузні викиди пилу:**

Зменшити дифузні викиди пилу шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.3.1 цього документа, які можна узагальнити як заходи для операцій, що супроводжуються утворенням пилу, та ділянок зберігання насипом.

### **Напрявлені викиди пилу у результаті операцій, що супроводжуються утворенням пилу, відмінних від сушіння, розпилювального сушіння чи випалювання:**

Зменшити спрявлені викиди пилу у результаті операцій, які супроводжуються утворенням пилу, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів. Діапазон значень може бути вищим залежно від конкретних умов роботи.

### **Викиди пилу у результаті процесів сушіння:**

Утримувати викиди пилу, що виникають у результаті процесів сушіння, в діапазоні середньодобових значень 1-20 мг/м<sup>3</sup> шляхом очищення сушарки, запобігання накопиченню залишків пилу у сушарці та впровадження належних протоколів технічного обслуговування.

### **Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі:**

Зменшити викиди пилу з димовими газами, що утворюються в процесах випалювання у печі, до середньодобового значення 1-20 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.3.4 цього документа. Ці технології можна узагальнити як використання малозольних видів палива та зведення до мінімуму утворення пилу, зумовленого завантаженням виробів у піч для випалювання.

Найкращими доступними технологіями та методами управління є досягнення рівня викидів пилу в очищених димових газах нижче 20 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування сухого очищення димових газів за допомогою фільтра та досягнення рівня викидів пилу в очищених димових газах нижче 50 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування каскадних адсорберів з ущільненим шаром адсорбента (для спучених керамічних заповнювачів див. НДТМ для конкретного сектора).

### **Газоподібні сполуки, первинні заходи/технології:**

Зменшити викиди газоподібних сполук (тобто HF, HCl, SO<sub>x</sub>, летких органічних речовин, важких металів) з димовими газами, що утворюються у процесі випалювання в печі, шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.4.1 цього документа. Ці технології можна узагальнити як внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини, та оптимізування кривої нагрівання.

Утримувати викиди NO<sub>x</sub> з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, нижче середньодобового значення 250 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, для температур газів у печі нижче 1300 °C, або нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, для температур газів у печі 1300 °C і вище шляхом застосування поєднання первинних заходів/технологій, перелічених у розділах 4.3.1 та 4.3.3 цього документа (для спучених керамічних заповнювачів див. НДТМ для конкретного сектора).

Утримувати викиди NO<sub>x</sub> з відпрацьованими газами двигунів комбінованого виробництва енергії нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу.

### **Газоподібні сполуки, вторинні заходи/технології окремо та у поєднанні з первинними заходами/технологіями:**

Зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування однієї з кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.4.2 цього документа, які можна узагальнити як застосування каскадних адсорберів з ущільненим шаром адсорбента та сухого очищення димових газів за допомогою фільтра.

У наведеній нижче таблиці з розділу 5.1.4.2 наведені рівні викидів газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, для НДТМ, що реалізуються шляхом застосування поєднання первинних заходів/технологій, зазначених у розділі 5.1.4.1, та/або вторинних заходів/технологій, зазначених у розділі 5.1.4.2 цього документа.

Параметр	Одиниця вимірювання, у якості середньодобового значення	ВРВ НДТМ <sup>1)</sup>
Фториди, виражені як HF	мг/м <sup>3</sup>	1 – 10 <sup>2)</sup>
Хлориди, виражені як HCl	мг/м <sup>3</sup>	1 – 30 <sup>3)</sup>
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub> Вміст сірки у сировині ≤0,25 %	мг/м <sup>3</sup>	<500
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub> Вміст сірки у сировині >0,25 %	мг/м <sup>3</sup>	500 – 2000 <sup>4)</sup>
<sup>1)</sup> Діапазони залежать від вмісту забруднюючої речовини (прекурсора) у сировині, тобто для процесів випалювання керамічних виробів з низьким вмістом забруднюючої речовини (прекурсора) у сировині найкращими доступними технологіями та методами управління (НДТМ) вважаються нижні рівні в межах діапазону, а для процесів випалювання керамічних виробів з високим вмістом забруднюючої речовини (прекурсора) у речовині відповідним рівнем викидів для найкращої доступної технології або методу управління (ВРВ НДТМ) вважаються верхні рівні у межах діапазону.		
<sup>2)</sup> Верхній рівень НДТМ може бути нижчим залежно від характеристик сировини.		
<sup>3)</sup> Верхній рівень НДТМ може бути нижчим залежно від характеристик сировини. Крім того, верхній ВРВ НДТМ повинен дозволяти повторне використання стічних вод.		
<sup>4)</sup> Верхній рівень НДТМ стосується лише сировини з дуже високим вмістом сірки.		

#### Технологічні стічні води (викиди та споживання):

Зменшити споживання води шляхом застосування кількох заходів оптимізації технологічного процесу, перелічених у розділі 4.4.5.1 цього документа, які можна застосовувати окремо або у поєднанні один з одним.

Очищувати технологічні стічні води шляхом застосування кількох систем очищення технологічних стічних вод, перелічених у розділі 4.4.5.2 цього документа, які можна застосовувати окремо або у поєднанні одна з одною, щоб гарантувати належне очищення води для повторного використання у процесі виробництва або скидання безпосередньо у водотоки чи опосередковано у міську каналізаційну систему.

У наведеній нижче таблиці з розділу 5.1.5 вказані відповідні рівні викидів забруднюючих речовин у скидах стічних вод для НДТМ:

Параметр	Одиниця вимірювання	ВРВ НДТМ (усереднена проба за 2 години)
Зважені	мг/л	50,0
АОХ	мг/л	0,1
Свинець (Pb)	мг/л	0,3
Цинк (Zn)	мг/л	2,0
Кадмій (Cd)	мг/л	0,07

Якщо понад 50% технологічних вод повторно використовуються у процесах виробництва, вищі концентрації цих забруднюючих речовин все ще можуть вважатися ВРВ НДТМ, за умови, що конкретне навантаження забруднюючою речовиною на об'єм виробництва (кг обробленої сировини) не перевищує навантаження забруднюючою речовиною у випадку, коли ступінь переробки води нижчий, ніж 50%.

#### Шлам:

Переробляти / повторно використовувати шлам шляхом застосування систем переробки шламу та/або повторного використання шламу в інших виробках.

### **Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи:**

Зменшити технологічні втрати твердих речовин / кількість твердих відходів шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.7 цього документа, які можна узагальнити наступним чином:

- повернення незмішаної сировини на попередні операції;
- повернення розбитих виробів у процес виробництва;
- використання технологічних втрат твердих речовин в інших галузях промисловості;
- електронне керування випалюванням;
- застосування оптимізованого садіння.

### **Рівень шуму:**

Зменшити рівень шуму шляхом застосування поєднання кількох технологій, перелічених у розділі 5.1.8 цього документа, які можна узагальнити наступним чином:

- огороження агрегатів кожухами;
- влаштування віброізоляції агрегатів;
- використання глушників та вентиляторів з малою швидкістю обертання;
- розташування вікон, воріт та агрегатів, які голосно шумлять, подалі від сусідів;
- звукоізоляція вікон та стін;
- закривання вікон та воріт;
- виконання шумових (надвірних) робіт лише у денний час;
- хороше технічне обслуговування заводу.

### **НДТМ для конкретних секторів**

У розділі про НДТМ для конкретних секторів наведені висновки про конкретні НДТМ, що стосуються кожного з дев'яти секторів, пояснених і описаних у цьому документі. Слід ще раз підкреслити, що для правильного тлумачення цього підсумку щодо НДТМ, а також пов'язаних з ними діапазонів відповідних рівнів викидів для найкращих доступних технологій та методів управління (ВРВ НДТМ), згаданих у цьому документі, їх необхідно читати разом з частиною 4 та відповідними повними висновками щодо НДТМ, наведеними у частині 5 цього документа.

### **Напрявлені викиди пилу:**

Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, побутова кераміка, сантехніка, технічна кераміка, оскловані керамічні труби:

Зменшити направлені викиди пилу, що виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів або спечених пластинчастих фільтрів

Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, побутова кераміка, технічна кераміка:

Зменшити направлені викиди пилу, що виникають у процесах розпилювального сушіння, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-30 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів, або до 1-50 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування циклонів у поєднанні з мокрими пиловловлювачами для існуючих установок, якщо промивальну воду можна використовувати повторно.

Спучені керамічні заповнювачі:

Зменшити направлені викиди пилу з гарячими відпрацьованими газами до середньодобового значення 5-50 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування електростатичних фільтрів або мокрих пиловловлювачів.

### **Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі:**

Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги:

Зменшити викиди пилу з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, до середньодобового значення 1-5 мг/м<sup>3</sup> шляхом сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра.



### **Газоподібні сполуки / первинні заходи/технології:**

#### Цегла та черепиця:

Зменшити викиди газоподібних сполук (тобто HF, HCl, SO<sub>x</sub>) з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом внесення добавок з великим вмістом кальцію.

#### Спучені керамічні заповнювачі:

Утримувати викиди NO<sub>x</sub> з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в обертових печах, нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, шляхом застосування поєднання первинних заходів/технологій.

### **Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології:**

#### Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, побутова кераміка, сантехніка, технічна кераміка:

Зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування модульних адсорберів, особливо за низьких витрат димових газів (нижче 18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій у неочищеному газі неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl), та пилу.

#### Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги:

Зменшити викиди HF з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, до середньодобового значення 1-5 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування, наприклад, сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра.

### **Леткі органічні сполуки:**

#### Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, вогнетривкі вироби, технічна кераміка, неорганічні абразиви зі зв'язкою:

Зменшити викиди летких органічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання – з їх концентраціями у неочищених газах понад 100-150 мг/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищеного газу, наприклад, його складу, температури, – до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст C, шляхом застосування термічного допалювання в одно- або трикамерному терморекторі.

#### Вогнетривкі вироби, оброблені органічними сполуками:

Зменшити викиди летких органічних сполук у малих об'ємах відпрацьованого газу, що утворилися внаслідок обробки органічними сполуками, шляхом застосування фільтрів з активованим вугіллям. Для великих об'ємів відпрацьованого газу НДТМ полягає у тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук, які утворилися внаслідок обробки органічними сполуками, шляхом застосування термічного допалювання до 5-20 мг/м<sup>3</sup>.

### **Повторне використання технологічних стічних вод:**

#### Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, побутова кераміка, сантехніка:

Повторно використовувати стічну воду у процесі виробництва зі ступенем переробки технологічних стічних вод 50-100 % (для стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, залежно від того, який тип плитки виготовляється) або 30-50% (для побутової кераміки та сантехніки) шляхом застосування поєднання заходів з оптимізації технологічного процесу та систем очищення технологічних стічних вод.

### **Повторне використання шламу:**

#### Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги:

Повторно використовувати шлам, що утворюється в результаті очищення технологічних стічних вод, у процесі підготовки керамічної маси, у відносній кількості 0,4-1,5% доданого сухого шламу на вагу керамічної маси, шляхом застосування системи переробки шламу, якщо вона передбачена.

### **Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи:**

#### Побутова кераміка, сантехніка, технічна кераміка, вогнетривкі вироби:

Зменшити кількість технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів у вигляді використаних гіпсових форм, що залишаються після формування, шляхом застосування одного з перелічених нижче заходів чи поєднання кількох заходів:

- заміна гіпсових форм полімерними формами;
- заміна гіпсових форм металевими формами;
- використання вакуумних мішалок для гіпсу;
- повторне використання відпрацьованих гіпсових форм в інших галузях промисловості.

## **ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

Деякі нові технології для мінімізації впливів на навколишнє середовище перебувають на етапі розробки або використовуються обмежено і вважаються перспективними технологіями. П'ять з них розглянуті у частині 6:

- пальники з радіаційними трубами;
- випалювання за допомогою мікрохвильового випромінювання та мікрохвильові сушарки;
- новий тип сушильної системи для вогнетривких виробів;
- удосконалене керування технологічними стічними водами з інтегрованою регенерацією глазури;
- безсвинцеве глазурування високоякісної столової порцеляни.

## **ЗАКЛЮЧНІ ЗАУВАЖЕННЯ**

Частина «Заключні зауваження» містить інформацію про основні етапи розробки цього документа, про ступінь згоди, досягнутої щодо запропонованих НДТМ для керамічної промисловості, та про інформаційні прогалини, які все ще існують, – зокрема, стосовно даних, які не були надані протягом періоду обміну інформацією, і які через це не вдалося врахувати. Надаються рекомендації щодо майбутніх досліджень та збору інформації і, нарешті, рекомендації щодо оновлення довідкового документа з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF) для керамічного виробництва.

У рамках своїх науково-дослідницьких та дослідно-конструкторських програм Європейська комісія запускає і підтримує серію проєктів, присвячених екологічно чистим технологіям, перспективним технологіям очищення та переробки стоків і стратегіям керування. Ці проєкти потенційно здатні зробити корисний внесок у майбутні редакції довідкових документів з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF). Тому Європейське бюро комплексного запобігання та контролю забруднень (EIPPCB) запрошує читачів цього документа повідомляти про будь-які результати досліджень, що стосуються змісту цього документа (також див. передмову цього документа).



## ПЕРЕДМОВА

### 1. Статус цього документа

Якщо не зазначено інше, посилання на «Директиву» у цьому документі означають Директиву Ради ЄС 96/61/ЄС щодо комплексного запобігання та контролю забруднень. Оскільки Директива застосовується без обмеження сили положень Європейської спільноти щодо охорони здоров'я та техніки безпеки на робочих місцях, це ж саме справедливо для даного документа.

Цей документ входить до складу серії, у якій представлені результати обміну інформацією між країнами-членами ЄС та галузями промисловості стосовно найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ), пов'язаного з ними моніторингу та розробок у цих галузях. Він опублікований Європейською комісією в силу Статті 16 (2) Директиви, а отже, повинен враховуватися згідно з Додатком IV до Директиви при визначенні «найкращих доступних технологій та методів управління».

### 2. Відповідні правові обов'язки щодо Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС) та визначення НДТМ

Щоб допомогти читачеві зрозуміти правовий контекст, у рамках якого був складений цей документ, у передмові описані деякі з найактуальніших положень Директиви ІРРС, зокрема, визначення терміна «найкращі доступні технології та методи управління». Цей опис, звісно, є неповним і наведений лише з ознайомчою метою. Він не має юридичного значення і жодним чином не змінює і не обмежує силу фактичних положень Директиви.

Мета Директиви полягає в тому, щоб забезпечити комплексне запобігання та контроль забруднень, зумовлених видами діяльності, що перелічені у Додатку I, а отже, забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища у цілому. Юридична основа Директиви пов'язана з захистом навколишнього середовища. При реалізації її положень слід також враховувати інші цілі Європейської спільноти, такі як конкурентоспроможність промисловості Європейської спільноти, яка, в свою чергу, сприяє сталому розвитку.

Говорячи більш конкретно, вона передбачає дозвоільну систему для певних категорій промислових установок, яка вимагає, щоб як оператори, так і регулювальні органи комплексно і всебічно оцінили потенційну здатність установки до забруднення та споживання ресурсів. Загальна мета такого комплексного підходу повинна полягати у вдосконаленні керування та контролю промислових процесів таким чином, щоб забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища у цілому. Центральне значення для цього підходу має загальний принцип, викладений у Статті 3: згідно з ним, оператори повинні вживати всіх належних запобіжних заходів для боротьби з забрудненням, зокрема, шляхом застосування найкращих доступних технологій та методів управління, які дають їм змогу покращити свої екологічні показники.

Термін «найкращі доступні технології та методи управління» визначений у Статті 2 (11) Директиви як «найефективніший та найсучасніший ступінь розвитку видів діяльності та відповідних методів роботи, який вказує на практичну придатність конкретних технологій для створення, по суті, основи для встановлення граничних значень викидів з метою запобігання або, якщо це неможливо здійснити, для загального зменшення викидів та впливу на навколишнє середовище у цілому». Далі Стаття 2 (11) роз'яснює це визначення наступним чином:

«технологіями» вважаються як технології, що використовуються на установці, так і способи проектування, будівництва, технічного обслуговування, експлуатації установки та її виведення з експлуатації;

«доступні» технології – це технології, розроблені у масштабі, який дає змогу реалізувати їх у відповідному секторі промисловості в умовах їх економічної та технічної доцільності, з урахуванням витрат та переваг, а також того, чи використовуються або виробляються ці технології у відповідній країні-члені ЄС, за умови, що вони доступні оператору у розумних межах;

«найкращі» – це найефективніші для досягнення високого загального ступеня захисту навколишнього середовища у цілому.

Крім того, Додаток IV до Директиви містить перелік «міркувань, які потрібно врахувати у загальному випадку або у конкретних випадках при визначенні найкращих доступних технологій та методів управління... пам'ятаючи про ймовірні витрати на реалізацію заходу та отримані від нього вигоди та про принципи застереження та запобігання». Ці міркування містять інформацію, опубліковану Комісією згідно зі Статтею 16 (2).

Уповноважені органи, відповідальні за видання дозволів, повинні враховувати загальні принципи, викладені у Статті 3, при визначенні умов надання дозволу. До цих умов повинні належать граничні значення викидів, за потреби доповнені або замінені еквівалентними параметрами або технічними заходами. Згідно зі Статтею 9 (4) Директиви, ці граничні значення викидів, еквівалентні параметри та технічні заходи повинні, без обмеження відповідності стандартам якості навколишнього середовища, базуватися на найкращих доступних технологіях та методах управління, не зобов'язуючи використовувати будь-яку технологію або конкретну технологію, але враховуючи технічні характеристики відповідної установки, її географічне розташування та місцеві умови навколишнього середовища. Незалежно від обставин, умов надання дозволу повинні містити положення щодо мінімізації забруднень на великі відстані або транскордонних забруднень та повинні гарантувати високий ступінь захисту навколишнього середовища у цілому.

Країни-члени ЄС зобов'язані, відповідно до Статті 11 Директиви, гарантувати, щоб уповноважені органи дотримувалися або були поінформовані про розробки у напрямку найкращих доступних технологій та методів управління.

### 3. Цілі цього документа

Стаття 16 (2) Директиви вимагає, щоб Комісія організувала «обмін інформацією між країнами-членами ЄС та галузями промисловості стосовно найкращих доступних технологій та методів управління, пов'язаного з ними моніторингу та розробок у цих галузях» та публікувала результати цього обміну інформацією.

Мета обміну інформацією зазначена у пункті 25 декларативної частини Директиви, у якому зазначено, що «розробка та обмін інформацією на рівні Європейської спільноти стосовно найкращих доступних технологій та методів управління допоможе вирівняти технологічні дисбаланси у Спільноті, сприятиме поширенню граничних значень та технологій, що використовуються у Спільноті, по всьому світу і допоможе країнам-членам ЄС успішно реалізувати цю Директиву».

Європейська комісія (Загальна дирекція з питань екології) створила форум з обміну інформацією (IEF) для сприяння роботі згідно зі Статтею 16 (2), під егідою якого було засновано ряд технічних робочих груп. Як у форумі з обміну інформацією (IEF), так і технічних робочих групах беруть участь представники країн-член ЄС та галузей промисловості відповідно до вимог Статті (16) 2.

Мета цієї серії документів – точно відобразити обмін інформацією, який було здійснено відповідно до вимог Статті 16 (2), та надати дозвільним органам довідкову інформацію для врахування при визначенні умов надання дозволу. Надаючи актуальну інформацію про найкращі доступні технології та методи управління, ці документи повинні слугувати цінними інструментами для стимулювання покращення екологічних показників.

### 4. Інформаційні джерела

У цьому документі підсумована інформація, зібрана з ряду джерел – зокрема, експертні знання груп, створених для допомоги Комісії у її роботі, – і затверджена службами Комісії. Усі внески читачів будуть з вдячністю враховані.

## 5. Як слід розуміти і використовувати цей документ

Інформація, наведена в цьому документі, призначена для використання у якості вхідних даних для визначення НДТМ у конкретних випадках. При визначенні НДТМ та встановленні умов надання дозволу на основі НДТМ завжди необхідно враховувати кінцеву мету – досягти високого ступеня захисту навколишнього середовища у цілому.

У решті цього розділу описаний тип інформації, наведеної у кожному розділі цього документа.

У частинах 1 та 2 наведена загальна інформація про галузь керамічного виробництва та промислові технологічні процеси, що використовуються у цій галузі промисловості. У частині 3 наведені дані та інформація щодо поточних рівнів викидів та споживання ресурсів, що відображають ситуацію на існуючих установках на час написання цього документа.

У частині 4 детальніше описані технології зменшення викидів та інші технології, які вважаються найбільш актуальними для визначення НДТМ та умов надання дозволу на основі НДТМ. Ця інформація охоплює дані про рівні споживання ресурсів та викидів, які вважаються досяжними шляхом використання технології, деякі уявлення про витрати та міжсередовищні питання, пов'язані з технологією, та міру придатності технології для ряду установок, які потребують дозволів щодо комплексного запобігання та контролю забруднень, – наприклад, нових, існуючих, великих або невеликих установок. Також враховується застосовність технології для різних секторів керамічної промисловості. Сюди не внесені технології, які загалом вважаються застарілими.

У частині 5 наведені технології та рівні викидів і споживання ресурсів, які вважаються сумісними з НДТМ у загальному розумінні. Таким чином, мета цієї частини полягає в тому, щоб надати загальні вказівки щодо рівнів викидів та споживання ресурсів, які можна вважати належною опорною точкою, яка допоможе визначити умови надання дозволу на основі НДТМ або встановити загальні обов'язкові правила згідно зі Статтею 9 (8). Проте слід наголосити, що цей документ не пропонує граничних значень викидів. При визначенні належних умов, передбачених у дозволі, будуть враховуватися місцеві фактори, властиві для конкретного майданчика, такі як технічні характеристики відповідної установки, її географічне розташування та місцеві умови навколишнього середовища. Якщо мова йде про існуючі установки, потрібно також врахувати рентабельність та технічну доцільність їх модернізації. Для досягнення навіть єдиної мети – забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища у цілому – часто необхідно приймати судження, що передбачають компроміс між різними видами впливу на навколишнє середовище, і на ці судження часто впливає місцева специфіка.

Хоча у цьому документі й робиться спроба розглянути деякі з цих питань, їх неможливо повністю охопити в цьому документі. Тому технології та рівні, наведені у частині 5, не обов'язково підходять для всіх установок. З іншого боку, з обов'язку забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища включно з мінімізацією забруднень на великій відстані та транскордонних забруднень впливає, що умови надання дозволу не можна встановити виключно на базі місцевої специфіки. Тому вкрай важливо, щоб дозвільні органи в повному обсязі враховували інформацію, яка міститься у цьому документі.

Оскільки найкращі доступні технології та методи управління з часом змінюються, документ буде переглядатися і по мірі потреби оновлюватися. Усі коментарі та пропозиції слід надсилати до Європейського бюро з комплексного запобігання та контролю забруднень, що знаходиться в Інституті перспективних технологічних досліджень, за такою адресою:

Едіфіціо Експо (Edificio Expo), кальє Інка Гарсіласо (с/ Inca Garcilaso), без номера (s/n), Севілья, Е-41092, Іспанія

Телефон: +34 95 4488 284

Факс: +34 95 4488 426

E-mail: [JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu](mailto:JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu)

Internet: <http://eippcb.irc.es>



# Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління у керамічному виробництві

<b>РЕЗЮМЕ ДЛЯ КЕРІВНИЦТВА</b> .....	<b>i</b>
<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	<b>xi</b>
<b>СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ</b> .....	<b>xxviii</b>
<b>1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО КЕРАМІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО</b> .....	<b>1</b>
1.1. Історичні витоки.....	1
1.2. Властивості кераміки .....	1
1.3. Географічний розподіл та загальні економічні міркування .....	3
1.4. Ключові питання охорони навколишнього середовища.....	4
1.5. Сектори керамічної промисловості .....	5
1.5.1. Цегла та черепиця.....	6
1.5.2. Оскловані керамічні труби.....	7
1.5.3. Вогнетривкі вироби .....	8
1.5.4. Спучені керамічні заповнювачі .....	9
1.5.5. Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги .....	10
1.5.6. Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка).....	11
1.5.7. Сантехніка .....	12
1.5.8. Технічна кераміка .....	12
1.5.9. Неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	13
<b>2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У КЕРАМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ</b> .....	<b>14</b>
2.1. Сировини.....	14
2.2. Загальний опис технологічного процесу виробництва.....	15
2.2.1. Зберігання та транспортування сировини .....	16
2.2.2. Підготовка сировини .....	16
2.2.2.1. Підсушування .....	16
2.2.2.2. Попереднє змішування.....	16
2.2.2.3. Вивітрювання / вилежування .....	17
2.2.2.4. Первинне та вторинне дроблення, розмелювання та просіювання .....	17
2.2.2.5. Сухе або мокре подрібнення (розмелювання) .....	17
2.2.2.6. Сухе просіювання / повітряне класифікування .....	18
2.2.2.7. Розпилювальне сушіння.....	18
2.2.2.8. Обпалювання.....	18
2.2.2.9. Синтетичні основні матеріали.....	18
2.2.2.10. Фрити та глазури, підготовка глазури .....	18
2.2.3. Змішування компонентів .....	19
2.2.3.1. Загальні відомості .....	19
2.2.3.2. Змішувачі неперервної дії .....	19
2.2.3.3. Змішувачі порційної дії .....	20
2.2.4. Формування/відливання виробів.....	20
2.2.4.1. Загальні відомості.....	20
2.2.4.2. Пресування.....	20
2.2.4.2.1. Механічне пресування .....	20
2.2.4.2.2. Гідравлічне пресування .....	20
2.2.4.2.3. Ударне пресування.....	21
2.2.4.2.4. Фрикційне пресування.....	21
2.2.4.2.5. Ізостатичне пресування .....	21
2.2.4.3. Видавлювання.....	21
2.2.4.4. Лиття у форму .....	21
2.2.4.5. Лиття зі шлікеру .....	22
2.2.4.6. Лиття з розплаву .....	22
2.2.5. Сушіння керамічних виробів.....	22
2.2.5.1. Загальні відомості .....	22

2.2.5.2.	Череневі сушарки .....	23
2.2.5.3.	Камерні сушарки (переривчастої дії) .....	23
2.2.5.4.	Тунельні сушарки (неперервної дії) .....	23
2.2.5.5.	Вертикальні «кошикові» сушарки .....	23
2.2.5.6.	Горизонтальні багатоплатформові роликові сушарки .....	23
2.2.5.7.	Сушарки з видаленням вологи .....	24
2.2.5.8.	Інфрачервоні та мікрохвильові сушарки .....	24
2.2.6.	Поверхнева обробка та оздоблення керамічних виробів .....	24
2.2.6.1.	Надання фактури поверхні глиняних виробів .....	24
2.2.6.2.	Лицева обробка, що застосовується .....	25
2.2.6.3.	Глазурування, ангобування та інші оздоблювальні технології .....	25
2.2.7.	Випалювання .....	25
2.2.7.1.	Мета випалювання .....	25
2.2.7.2.	Фізико-хімічні зміни під час випалювання .....	25
2.2.7.3.	Печі переривчастої (періодичної) дії .....	27
2.2.7.4.	Печі неперервної дії .....	27
2.2.7.4.1.	Камерні печі (печі Гофмана) .....	27
2.2.7.4.2.	Тунельні печі .....	28
2.2.7.4.3.	Печі з роликовим подом .....	29
2.2.7.4.4.	Тунельні малогабаритні печі з викочуванням подом .....	30
2.2.7.5.	Випалювання у наземних печач .....	30
2.2.7.6.	Обертові печі .....	30
2.2.7.7.	Псевдозріджені шари .....	30
2.2.7.8.	Регенерація тепла на етапі охолодження .....	30
2.2.8.	Заклучна обробка (чистова обробка виробу) .....	31
2.2.8.1.	Механічна обробка (шліфування, свердління, пиляння) .....	31
2.2.8.1.1.	Шліфування з охолодженням .....	31
2.2.8.1.2.	Сухе шліфування .....	31
2.2.8.1.3.	Свердління .....	31
2.2.8.1.4.	Пиляння .....	31
2.2.8.2.	Полірування .....	31
2.2.8.3.	Збагачення вуглецем (вогнетривкі вироби) .....	32
2.2.8.4.	Обробка облицювальної цегли в поворотному барабані .....	32
2.2.9.	Додавання допоміжних матеріалів .....	33
2.2.9.1.	Матеріали для ущільнення стиків (труби) .....	33
2.2.9.2.	Силікони / водовідштовхувальні речовини .....	33
2.2.9.3.	Ізоляційні матеріали .....	33
2.2.9.4.	Прикріплення карток і пластин (вогнетривка цегла) .....	33
2.2.9.5.	Клейкі речовини .....	33
2.2.9.6.	Остаточне складання .....	33
2.2.10.	Сортування, пакування та зберігання .....	33
2.2.11.	Обладнання для постачання та утилізації (очищення відпрацьованих газів та очищення технологічних стічних вод) .....	34
2.2.12.	Переробка у керамічній промисловості .....	34
2.2.13.	Загальна технологічна схема з зображенням різних маршрутів обробки .....	35
2.3.	Опис технологій виготовлення керамічних виробів за секторами .....	<b>37</b>
2.3.1.	Цегла та черепиця .....	38
2.3.1.1.	Сировини .....	39
2.3.1.2.	Підготовка сировини .....	43
2.3.1.3.	Формування .....	44
2.3.1.4.	Сушіння, глазурування та ангобування .....	45
2.3.1.5.	Випалювання .....	45
2.3.1.6.	Заклучна обробка .....	47
2.3.1.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві цегли та черепиці .....	47
2.3.2.	Оскловані керамічні труби .....	48
2.3.2.1.	Сировини .....	49

2.3.2.2.	Підготовка сировини .....	51
2.3.2.3.	Формування .....	51
2.3.2.4.	Сушіння та глазурування .....	51
2.3.2.5.	Випалювання .....	52
2.3.2.6.	Заключна обробка .....	52
2.3.2.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві осклованих керамічних труб .....	52
2.3.3.	Вогнетривкі вироби .....	53
2.3.3.1.	Сировини .....	54
2.3.3.2.	Підготовка сировини .....	55
2.3.3.3.	Формування .....	55
2.3.3.4.	Сушіння .....	56
2.3.3.5.	Випалювання .....	56
2.3.3.6.	Заклучна обробка .....	57
2.3.3.7.	Спеціальні процедури .....	57
2.3.3.8.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві вогнетривких виробів .....	58
2.3.4.	Спучені керамічні заповнювачі .....	59
2.3.4.1.	Сировина, добавки та допоміжні речовини .....	60
2.3.4.2.	Загальні відомості про системи та технологію процесу .....	61
2.3.4.2.1.	Формування .....	61
2.3.4.2.2.	Технологія термічного процесу .....	61
2.3.4.2.3.	Хімічні реакції під час спучення .....	62
2.3.4.2.4.	Заклучне просіювання та дроблення .....	62
2.3.4.3.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві спучених керамічних заповнювачів .....	62
2.3.5.	Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги .....	63
2.3.5.1.	Сировини .....	64
2.3.5.2.	Підготовка сировини .....	65
2.3.5.3.	Формування .....	66
2.3.5.4.	Сушіння .....	66
2.3.5.5.	Випалювання та глазурування .....	66
2.3.5.6.	Заклучна обробка .....	67
2.3.5.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги .....	67
2.3.6.	Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка) .....	69
2.3.6.1.	Сировини .....	70
2.3.6.2.	Підготовка сировини .....	70
2.3.6.3.	Формування .....	71
2.3.6.4.	Сушіння .....	72
2.3.6.5.	Випалювання, глазурування та оздоблення .....	72
2.3.6.6.	Заклучна обробка .....	75
2.3.6.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві побутової кераміки .....	75
2.3.7.	Сантехніка .....	76
2.3.7.1.	Сировини .....	76
2.3.7.2.	Підготовка сировини .....	77
2.3.7.3.	Формування .....	77
2.3.7.4.	Сушіння та глазурування .....	77
2.3.7.5.	Випалювання .....	78
2.3.7.6.	Заклучна обробка .....	79
2.3.7.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві сантехніки .....	79
2.3.8.	Технічна кераміка .....	80
2.3.8.1.	Сировини .....	82
2.3.8.2.	Підготовка сировини .....	83
2.3.8.3.	Формування .....	84
2.3.8.4.	Механічна обробка .....	86
2.3.8.5.	Глазурування, ангобування та металізація .....	87
2.3.8.6.	Сушіння, вигорання та попереднє випалювання .....	87



2.3.8.7.	Випалювання/спікання.....	88
2.3.8.8.	Заклучна обробка.....	89
2.3.8.9.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві технічної кераміки.....	89
2.3.9.	Неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	91
2.3.9.1.	Сировини .....	91
2.3.9.2.	Підготовка сировини.....	91
2.3.9.3.	Формування.....	92
2.3.9.4.	Сушіння .....	92
2.3.9.5.	Випалювання.....	92
2.3.9.6.	Заклучна обробка.....	92
2.3.9.7.	Вхідні та вихідні потоки при виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою .....	92
<b>3.</b>	<b>ПОТОЧНІ РІВНІ ВИКИДІВ ТА СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ.....</b>	<b>95</b>
3.1.	Викиди: загальні міркування .....	95
3.1.1.	Викиди у повітря .....	95
3.1.1.1.	Пил (тверді частки).....	95
3.1.1.2.	Газоподібні викиди.....	95
3.1.1.2.1.	Діоксид сірки та інші сполуки сірки .....	95
3.1.1.2.2.	Оксиди азоту та інші сполуки азоту.....	95
3.1.1.2.3.	Чадний газ (та вуглекислий газ) .....	96
3.1.1.2.4.	Леткі органічні сполуки (ЛОС).....	96
3.1.1.2.5.	Метали та їх сполуки .....	96
3.1.1.2.6.	Хлор та його сполуки .....	96
3.1.1.2.7.	Фтор та його сполуки .....	97
3.1.2.	Викиди у воду .....	97
3.1.3.	Технологічні втрати/відходи .....	98
3.1.4.	Шумове випромінювання .....	98
3.1.5.	Можливі джерела викидів та шляхи викидів.....	99
3.2.	Споживання: загальні міркування.....	100
3.2.1.	Споживання енергії .....	100
3.2.2.	Споживання води.....	100
3.2.3.	Споживання сировини .....	101
3.3.	Представлення даних про викиди та споживання ресурсів .....	101
3.3.1.	Цегла та черепиця.....	101
3.3.1.1.	Дані про викиди .....	101
3.3.1.2.	Дані про споживання ресурсів .....	110
3.3.2.	Оскловані керамічні труби .....	112
3.3.2.1.	Дані про викиди .....	112
3.3.2.2.	Дані про споживання ресурсів .....	114
3.3.3.	Вогнетривкі вироби .....	115
3.3.3.1.	Дані про викиди .....	115
3.3.3.2.	Дані про споживання ресурсів .....	117
3.3.4.	Спучені керамічні заповнювачі.....	119
3.3.4.1.	Дані про викиди .....	119
3.3.4.2.	Дані про споживання ресурсів .....	121
3.3.5.	Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги .....	122
3.3.5.1.	Дані про викиди .....	122
3.3.5.2.	Дані про споживання ресурсів .....	126
3.3.6.	Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка).....	127
3.3.6.1.	3.3.6.1 Дані про викиди .....	127
3.3.6.2.	Дані про споживання ресурсів .....	132
3.3.7.	Сантехніка .....	133
3.3.7.1.	Дані про викиди .....	133
3.3.7.2.	Дані про споживання ресурсів .....	136
3.3.8.	Технічна кераміка .....	137
3.3.8.1.	Дані про викиди .....	137
3.3.8.2.	Дані про споживання ресурсів .....	140



3.3.9.	Неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	141
3.3.9.1.	Дані про викиди .....	141
3.3.9.2.	Дані про споживання ресурсів .....	143
<b>4.</b>	<b>ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ПОТРІБНО РОЗГЛЯНУТИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НДТМ</b>	
	<b>ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА .....</b>	<b>144</b>
4.1.	Зменшення споживання енергії (енергоефективність) .....	145
4.1.1.	Вдосконалена конструкція печей та сушарок .....	145
4.1.2.	Регенерація надлишкового тепла, що виділяється печами .....	147
4.1.3.	Установки для комбінованого виробництва тепла та електроенергії теплоелектроцентралі .....	149
4.1.4.	Заміна важкого мазуту та твердих видів палива паливом з низьким рівнем викидів .....	151
4.1.5.	Модифікація керамічних мас .....	152
4.2.	Викиди пилу (твердих часток) .....	154
4.2.1.	Заходи для операцій, що супроводжуються утворенням пилу .....	154
4.2.2.	Заходи для ділянок зберігання насипом .....	155
4.2.3.	Системи сепарації/фільтрування .....	156
4.2.3.1.	Відцентрові сепаратори .....	156
4.2.3.2.	Рукавні фільтри .....	157
4.2.3.3.	Спечені пластинчасті фільтри .....	159
4.2.3.4.	Мокрі пиловловлювачі .....	161
4.2.3.5.	Електростатичні фільтри (електрофільтри) .....	162
4.3.	Газоподібні сполуки .....	164
4.3.1.	Внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини .....	164
4.3.2.	Внесення добавок з великим вмістом кальцію .....	166
4.3.3.	Оптимізація технологічного процесу .....	168
4.3.3.1.	Оптимізація кривої нагрівання .....	168
4.3.3.2.	Зниження вмісту водяної пари у пічних газах .....	169
4.3.3.3.	Внутрішнє спалювання газів обвуглювання .....	170
4.3.3.4.	Пальники з низьким виходом NO <sub>x</sub> .....	171
4.3.4.	Поглиналильні установки (адсорбери, абсорбери) .....	172
4.3.4.1.	Каскадні адсорбери з ущільненим шаром адсорбента .....	172
4.3.4.2.	Модульні адсорбційні системи .....	176
4.3.4.3.	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра (рукавного фільтра чи електростатичного фільтра) .....	177
4.3.4.4.	Мокре очищення димових газів .....	180
4.3.4.5.	Фільтри з активованим вугіллям .....	182
4.3.4.6.	Біологічні скрубери .....	182
4.3.5.	Допалювання .....	183
4.3.5.1.	Термічне допалювання .....	183
4.3.5.2.	Каталітичне допалювання .....	185
4.3.6.	Приклади експлуатаційних параметрів, показників ефективності, споживання ресурсів та витрат для різних технологій очищення димових газів .....	187
4.4.	Технологічні стічні води .....	191
4.4.1.	Вода як сировина .....	191
4.4.2.	Вода як теплоносіє .....	191
4.4.3.	Вода як промивальна рідина для скрубєрів .....	191
4.4.4.	Вода як миючий засіб .....	191
4.4.5.	Цілі та рішення для зменшення кількості технологічних стічних вод (зменшення викидів та споживання) .....	191
4.4.5.1.	Оптимізація технологічного процесу .....	192
4.4.5.2.	Системи очищення технологічних стічних вод .....	193
4.5.	Технологічні втрати/відходи .....	196
4.5.1.	Шлам, що утворюється у ході виготовлення керамічних виробів .....	196
4.5.1.1.	Системи переробки шламу .....	196

4.5.1.2.	Повторне використання шламу в інших виробках .....	198
4.5.2.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	199
4.5.2.1.	Загальні міркування щодо повторного використання технологічних втрат твердих речовин у якості сировини .....	199
4.5.2.2.	Загальні міркування щодо гіпсових форм, пічної арматури та розбитих виробів – уникнення / заміна / зменшення кількості відходів .....	200
4.6.	Загальні міркування щодо шуму .....	201
4.7.	Інструменти керування навколишнім середовищем.....	202
<b>5.</b>	<b>НАЙКРАЩІ ДОСТУПНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА .....</b>	<b>211</b>
5.1.	Загальні найкращі доступні технології та методи управління .....	214
5.1.1.	Керування охороною навколишнього середовища .....	214
5.1.2.	Споживання енергії .....	215
5.1.3.	Викиди пилу.....	216
5.1.3.1.	Дифузні викиди пилу .....	216
5.1.3.2.	Напрявлені викиди пилу в результаті операцій, які супроводжуються утворенням пилу.....	216
5.1.3.3.	Викиди пилу у результаті процесів сушіння.....	216
5.1.3.4.	Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі .....	217
5.1.4.	Газоподібні сполуки .....	217
5.1.4.1.	Первинні заходи/технології .....	217
5.1.4.2.	Вторинні заходи/технології окремо та у поєднанні з первинними заходами/технологіями: .....	218
5.1.5.	Технологічні стічні води (викиди та споживання) .....	218
5.1.6.	Шлам.....	219
5.1.7.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	219
5.1.8.	Рівень шуму.....	220
5.2.	Найкращі доступні технології та методи управління для конкретних секторів .....	221
5.2.1.	Цегла та черепиця.....	221
5.2.1.1.	Газоподібні сполуки / первинні заходи/технології.....	221
5.2.1.2.	Леткі органічні сполуки .....	221
5.2.2.	Оскловані керамічні труби .....	221
5.2.2.1.	Напрявлені викиди пилу.....	221
5.2.3.	Вогнетривкі вироби .....	222
5.2.3.1.	Леткі органічні сполуки .....	222
5.2.3.2.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	222
5.2.4.	Спучені керамічні заповнювачі .....	222
5.2.4.1.	Напрявлені викиди пилу.....	222
5.2.4.2.	Газоподібні сполуки / первинні заходи/технології.....	222
5.2.5.	Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги .....	223
5.2.5.1.	Напрявлені викиди пилу.....	223
5.2.5.2.	Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі .....	223
5.2.5.3.	Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології.....	223
5.2.5.4.	Повторне використання технологічних стічних вод.....	223
5.2.5.5.	Повторне використання шламу .....	223
5.2.6.	Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка).....	224
5.2.6.1.	Напрявлені викиди пилу.....	224
5.2.6.2.	Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології.....	224
5.2.6.3.	Повторне використання технологічних стічних вод.....	224
5.2.6.4.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	224
5.2.7.	Сантехніка .....	224
5.2.7.1.	Напрявлені викиди пилу.....	224
5.2.7.2.	Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології.....	225
5.2.7.3.	Повторне використання технологічних стічних вод.....	225
5.2.7.4.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	225
5.2.8.	Технічна кераміка.....	225

5.2.8.1.	Напрявлені викиди пилу.....	225
5.2.8.2.	Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології.....	225
5.2.8.3.	Леткі органічні сполуки.....	226
5.2.8.4.	Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи .....	226
5.2.9.	Неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	226
5.2.9.1	Леткі органічні сполуки .....	226
<b>6.</b>	<b>ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....</b>	<b>227</b>
6.1.	Пальники з радіаційними трубами.....	228
6.2.	Випалювання за допомогою мікрохвильового випромінювання та мікрохвильові сушарки.....	228
6.3.	Новий тип сушильної системи для вогнетривких виробів .....	229
6.4.	Удосконалене керування технологічними стічними водами з інтегрованою регенерацією глазури .....	231
6.5.	Безсвинцеве глазурування високоякісної столової порцеляни .....	232
<b>7.</b>	<b>ЗАКЛЮЧНІ ЗАУВАЖЕННЯ .....</b>	<b>233</b>
<b>8.</b>	<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>237</b>
<b>9.</b>	<b>СЛОВНИК ТЕРМІНІВ .....</b>	<b>239</b>

## Перелік рисунків

Рисунок 1.1. Етапи виготовлення керамічних виробів .....	2
Рисунок 2.1. Діапазони промислових температур твердіння для різних груп виробів .....	27
Рисунок 2.2. Переріз печі з висувним подом .....	28
Рисунок 2.3. Схема тунельної печі .....	29
Рисунок 2.4. Поперечний переріз тунельної печі з вагонеткою тунельної печі .....	30
Рисунок 2.5. Переріз печі з роликівим подом .....	31
Рисунок 2.6. Загальна технологічна схема з зображенням різних маршрутів обробки .....	37
Рисунок 2.7. Схема виробництва пресованої черепиці .....	38
Рисунок 2.8. Схема підготовки екструдованої цегли при виробництві кладкової цегли .....	39
Рисунок 2.9. Розподіл вмісту фторидів у італійських глинах .....	41
Рисунок 2.10. Розподіл вмісту хлору в італійських глинах .....	42
Рисунок 2.11. Розподіл вмісту сірки в італійських глинах .....	42
Рисунок 2.12. Вміст сірки у глинах .....	44
Рисунок 2.13. Вхідні та вихідні потоки при виробництві цегли та черепиці .....	50
Рисунок 2.14. Схема виробництва осклованих керамічних труб .....	51
Рисунок 2.15. Вхідні та вихідні потоки при виробництві осклованих керамічних труб .....	56
Рисунок 2.16. Схема виробництва основної цегли, що містить хромову руду .....	58
Рисунок 2.17. Вхідні та вихідні потоки при виробництві вогнетривких виробів .....	62
Рисунок 2.18. Схема виробництва спучених керамічних заповнювачів .....	64
Рисунок 2.19. Вхідні та вихідні потоки при виробництві спучених керамічних заповнювачів .....	68
Рисунок 2.20. Схема виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги .....	69
Рисунок 2.21. Вхідні та вихідні потоки при виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги .....	73
Рисунок 2.22. Схема виробництва столової порцеляни .....	74
Рисунок 2.23. Вхідні та вихідні потоки при виробництві побутової кераміки .....	80
Рисунок 2.24. Схема виробництва сантехніки .....	81
Рисунок 2.25. Вхідні та вихідні потоки при виробництві сантехніки .....	85
Рисунок 2.26. Схема технологічного процесу виробництва електроізоляторів .....	88
Рисунок 2.27. Схема технологічного процесу виробництва керамічних каталізаторів .....	89
Рисунок 2.28. Механічна обробка до спікання, після попереднього спікання та після остаточного спікання при виробництві технічної кераміки .....	93
Рисунок 2.29. Вхідні та вихідні потоки при виробництві технічної кераміки .....	97
Рисунок 2.30. Вхідні та вихідні потоки при виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою .....	100
Рисунок 3.1. Розподіл виділення фторидів у італійській цегельній та черепичній промисловості .....	110
Рисунок 3.2. Розподіл виділення хлоридів у італійській цегельній та черепичній промисловості .....	110
Рисунок 3.3. Викиди SO <sub>x</sub> у Німеччині, Великій Британії та Бельгії .....	111
Рисунок 3.4. Приклад масових витрат для виробництва кладкової цегли .....	119
Рисунок 3.5. Приклад масових витрат для виробництва осклованих керамічних труб .....	122
Рисунок 3.6. Приклад масових витрат для виробництва периклазо-хромітової цегли .....	125
Рисунок 3.7. Приклад масових витрат для виробництва столового посуду .....	140
Рисунок 3.8. Приклад масових витрат для виробництва сантехніки .....	144
Рисунок 4.1. Схема прикладу комбінованої системи регенерації тепла .....	155
Рисунок 4.2. Схема генерування гарячого повітря за допомогою газового двигуна комбінованого виробництва енергії .....	157
Рисунок 4.3. Схема рукавного фільтра з регенерацією імпульсами тиску .....	164
Рисунок 4.4. Приклади інвестиційних витрат у складі річних витрат на фільтрувальні установки без урахування вартості встановлення та фільтрувальних мішків .....	165
Рисунок 4.5. Схема жорсткого спеченого пластинчастого фільтра .....	167
Рисунок 4.6. Діапазони температур на прикладі температурної кривої для виділення забруднюючих речовин під час випалювання цегли .....	176
Рисунок 4.7. Схема внутрішнього спалювання газів обвуглювання .....	179
Рисунок 4.8. Зображення каскадного адсорбера з поперечним потоком .....	183

Рисунок 4.9. Схема технологічного процесу каскадного адсорбера з ущільненим шаром адсорбента та відшарувальним барабаном.....	184
Рисунок 4.10. Схема адсорбційної системи зі стільниковими модулями .....	186
Рисунок 4.11. Схема сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра .....	187
Рисунок 4.12. Схема сухого очищення димових газів за допомогою електростатичного фільтра .....	188
Рисунок 4.13. Зображення установки мокрого очищення димових газів .....	190
Рисунок 4.14. Схема системи термічного допалювання у термореакторі (трикамерна система)..	194
Рисунок 4.15. Проходження димових газів у зовнішній системі термічного допалювання .....	194
Рисунок 4.16. Технологічна схема установки очищення технологічних стічних вод .....	205
Рисунок 4.17. Схема установки для переробки шламу .....	207

## Перелік таблиць

Таблиця 1.1. Об'єм виробництва і продажу кераміки та статистика зайнятості .....	3
Таблиця 1.2. Питоме споживання енергії керамічною промисловістю у Європі.....	5
Таблиця 1.3. Частка використаних палив у Німеччині в 1998 році за секторами .....	5
Таблиця 1.4. Галузь виробництва осклованих керамічних труб у Європі .....	8
Таблиця 1.5. Виробництво вогнетривкої продукції у ЄС-15 в 2001/2002 роках .....	10
Таблиця 1.7. Споживання енергії на країну-члена ЄС (питоме споживання енергії у ТДж на 1000 тон виробленої продукції).....	12
Таблиця 1.8. Об'єм виробництва столового посуду та декоративних виробів .....	13
Таблиця 2.1. Діапазони хімічного та мінералогічного складу різних видів глиняної сировини, що використовуються в цегляній та черепичній промисловості у різних країнах Європи.....	41
Таблиця 2.2. Експлуатаційні параметри тунельних печей .....	50
Таблиця 2.3. Порівняння класичних тунельних печей та методів прискореного випалювання (для черепиці).....	50
Таблиця 2.4. Експлуатаційні параметри тунельних печей прискореного випалювання .....	51
Таблиця 2.5. Мінералогічний склад глини, що використовується у виробництві осклованих керамічних труб .....	54
Таблиця 2.6. Хімічний склад глини, що використовується у виробництві осклованих керамічних труб.....	55
Таблиця 2.7. Діапазони експлуатаційних параметрів тунельних печей.....	57
Таблиця 2.8. Найпоширеніші оксиди, що використовуються у плавильних/ливарних операціях.....	61
Таблиця 2.9. Експлуатаційні параметри сушарок періодичної дії (камерних сушарок) .....	62
Таблиця 2.10. Експлуатаційні параметри двох тунельних сушарок та сушарки з контрольованим кліматом.....	62
Таблиця 2.11. Експлуатаційні параметри тунельних печей, що використовуються у вогнетривкій промисловості .....	63
Таблиця 2.12. Експлуатаційні параметри печей з висувним подом .....	63
Таблиця 2.13. Приклади розширювальних добавок та допоміжних реагентів.....	67
Таблиця 2.14. Експлуатаційні параметри тунельних печей та печей с роликівим подом.....	74
Таблиця 2.15. Типові діапазони мінералогічного складу сировин для виробництва побутової кераміки .....	77
Таблиця 2.16. Типові діапазони хімічного складу сировин для виробництва побутової кераміки .....	77
Таблиця 2.17. Експлуатаційні параметри печі з висувним подом .....	80
Таблиця 2.18. Експлуатаційні параметри тунельних печей .....	80
Таблиця 2.19. Експлуатаційні параметри надглазурного декорування.....	81
Таблиця 2.20. Експлуатаційні параметри внутрішньоглазурного та підглазурного декорування ..	81
Таблиця 2.21. Експлуатаційні параметри сушарок періодичної дії (камерних сушарок) .....	87
Таблиця 2.22. Експлуатаційні параметри тунельних печей .....	87
Таблиця 2.23. Експлуатаційні параметри печей з висувним подом .....	87
Таблиця 2.24. Температури спікання технічних керамічних матеріалів.....	99
Таблиця 3.2. Діапазони викидів неочищених димових газів, що утворюються у процесі випалювання під час виробництва цегли та черепиці .....	113
Таблиця 3.3. Експлуатаційні параметри неочищених газів для різних палив.....	116
Таблиця 3.4. Значення викидів для неочищених газів у випадку використання різних пороутворювачів .....	117
Таблиця 3.5. Середні концентрації забруднювачів в очищених газах (для пористих керамічних блоків) та коефіцієнти викидів для відповідних виробів .....	117
Таблиця 3.6. Концентрації забруднювачів в очищених газах для заводів з виробництва кладкової цегли.....	119
Таблиця 3.7. Концентрації забруднювачів в очищених газах для заводів з виробництва клінкерної цегли та для черепичних заводів.....	119
Таблиця 3.8. Значення викидів для неочищених газів та очищених газів при виробництві керамічних блоків .....	120

Таблиця 3.9. Значення викидів для неочищених газів та очищених газів при виробництві облицювальної цегли.....	121
Таблиця 3.10. Дані про споживання енергії на тонну продукції, виготовленої на установках для виробництва цегли та черепиці .....	123
Таблиця 3.11. Питоме споживання енергії у цегельній та черепичній промисловості .....	123
Таблиця 3.12. Максимальна концентрація забруднювачів в очищених газах при виробництві осклованих керамічних труб.....	126
Таблиця 3.13. Питоме споживання енергії при виробництві осклованих керамічних труб.....	127
Таблиця 3.14. Значення викидів для неочищених газів при виробництві різних вогнетривких виробів .....	129
Таблиця 3.15. Викиди з печей для виробництва нестандартних вогнетривких виробів .....	129
Таблиця 3.16. Значення викидів з неочищеними газами для спеціальних процедур .....	129
Таблиця 3.17. Дані про споживання енергії для виробництва магнезійної вогнетривкої цегли, на кг виробу.....	130
Таблиця 3.18. Діапазони значень викидів пилу у результаті первинного дроблення після тканинного фільтра.....	132
Таблиця 3.19. Діапазони фактичних значень викидів у результаті сухого помолу після відповідної фільтрувальної системи.....	132
Таблиця 3.20. Діапазони значень викидів пилу у результаті гранулювання після тканинного фільтра .....	134
Таблиця 3.21. Діапазони значень викидів у результаті процесів випалювання після відповідних фільтрувальних систем.....	134
Таблиця 3.22. Значення викидів пилу з просіювальних установок .....	135
Таблиця 3.23. Значення стоків з мокрих скрубєрів.....	135
Таблиця 3.24. Суміш сировини у виробництві спучених керамічних заповнювачів.....	136
Таблиця 3.25. Експлуатаційні параметри та значення викидів з установок розпилювального сушіння для неочищених газів .....	137
Таблиця 3.26. Експлуатаційні параметри та значення викидів із сушарок для неочищених газів .....	137
Таблиця 3.27. Експлуатаційні параметри та значення викидів для неочищених газів при випалюванні .....	138
Таблиця 3.28. Газоподібні викиди на різних етапах процесів виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Коефіцієнти викидів забруднюючих речовин для неконтрольованих (НК) та контрольованих (К) викидів .....	138
Таблиця 3.29. Хімічний аналіз неочищених технологічних стічних вод.....	139
Таблиця 3.30. Діапазони основних хімічних компонентів шламу (виробництво стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги).....	140
Таблиця 3.31. Приклади питомої потреби різних печей в енергії .....	140
Таблиця 3.32. Порівняння питомого споживання теплової енергії та електричної енергії на кожному етапі технологічного процесу.....	141
Таблиця 3.33. Експлуатаційні параметри та значення викидів пилу з очищеними газами із розпилювальної сушарки .....	142
Таблиця 3.34. Значення викидів для неочищених газів та експлуатаційні параметри при випалюванні побутової кераміки .....	142
Таблиця 3.35. Значення викидів для неочищених та очищених газів у процесі однократного випалювання побутової кераміки.....	143
Таблиця 3.36. Пігментні системи для кольорового оздоблення кераміки .....	143
Таблиця 3.37. Концентрації важких металів у неочищених газах, що утворюються при декоративному випалюванні .....	144
Таблиця 3.38. Аналіз технологічних стічних вод підприємства, що виготовляє порцеляновий столовий посуд.....	145
Таблиця 3.39. Аналіз технологічних стічних вод на заводі з виробництва побутової кераміки ...	145
Таблиця 3.40. Дані про споживання теплової та електричної енергії виробником порцелянового столового посуду .....	146
Таблиця 3.41. Приклад складу неочищених та очищених газів з однієї тунельної печі .....	148
Таблиця 3.42. Концентрації речовин в неочищених газах для тунельних печей та печей з висувним подом.....	148
Таблиця 3.43. Приклади концентрацій речовин в очищених газах для двох заводів з виробництва	



сантехніки.....	149
Таблиця 3.44. Концентрації забруднюючих речовин в очищених технологічних стічних водах .	150
Таблиця 3.45. Експлуатаційні параметри та продуктивність різних печей .....	151
Таблиця 3.46. Дані про споживання енергії.....	151
Таблиця 3.47. Концентрації речовин у неочищених газах при випалюванні електроізоляторів...	153
Таблиця 3.48. Концентрації речовин у димових газах на виході печі з висувним подом під час випалювання електроізоляторів .....	153
Таблиця 3.49. Концентрації речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори.....	154
Таблиця 3.50. Концентрації речовин у технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори, після флокуляції .....	154
Таблиця 3.51. Концентрації речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє п'езокерамічні вироби.....	155
Таблиця 3.52. Дані про споживання електроенергії двома заводами з виробництва електропорцеляни .....	155
Таблиця 3.53. Склад сировини для підприємства, що виготовляє електропорцеляну .....	156
Таблиця 3.54. Приклади значень викидів з димовими газами від трьох заводів, на яких виготовляються неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	157
Таблиця 3.55. Дані про сумарне споживання енергії трьома підприємствами, які виготовляють неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	158
Таблиця 3.56. Дані про споживання сировини трьома підприємствами, які виготовляють неорганічні абразиви зі зв'язкою .....	158
Таблиця 4.1. Розподіл інформації для кожної технології, описаної у цій частині .....	160
Таблиця 4.2. Приклади витримуваних температур та ціни рукавних фільтрів .....	173
Таблиця 4.3. Приклади експлуатаційних параметрів процесу пиловловлювання за допомогою тканинних фільтрів.....	173
Рисунок 4.4. Приклади інвестиційних витрат у складі річних витрат на фільтрувальні установки без урахування вартості встановлення та фільтрувальних мішків.....	173
Рисунок 4.5. Схема жорсткого спеченого пластинчастого фільтра.....	175
Таблиця 4.4. Експлуатаційні параметри та витрати для електростатичних фільтрів .....	177
Таблиця 4.5. Технічні параметри, ефективність, споживання ресурсів та витрати для технологій очищення димових газів.....	205
Таблиця 4.6. Ефективність зменшення викидів залежно від вмісту сірки у сировині.....	206
Таблиця 4.7. Витрати на зниження викидів пилу, неорганічних газоподібних сполук та органічних газоподібних сполук за допомогою різних технологій зниження викидів .....	208
Таблиця 4.8. Частки повторного використання технологічних стічних вод, яких можна досягти у різних секторах керамічної промисловості.....	211
Таблиця 5.1. Відповідні рівні викидів газоподібних неорганічних сполук з димовими газами у процесах випалювання в печах для НДТМ .....	236
Таблиця 5.2. Відповідні рівні викидів забруднюючих речовин у скидах стічних вод для НДТМ	237
Таблиця 7.1. Графік процесу роботи над Довідковим документом з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF) для керамічного виробництва .....	252





## СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

У цьому документі розглядаються промислові види діяльності, вказані у розділі 3.5 Додатку I до Директиви 96/61/ЕС, а саме:

«3.5. Установки для виробництва керамічної продукції шляхом випалювання – зокрема, черепиці, цегли, вогнетривкої цегли, плитки, виробів з кам'яної маси або порцеляни – з виробничою потужністю понад 75 тон на день та/або з місткістю печі понад 4 м<sup>3</sup> та зі щільністю садіння на піч понад 300 кг/м<sup>3</sup>».

У контексті цього документа промислові види діяльності, що відповідають цьому опису, будуть називатися «керамічною промисловістю».

Різноманітні сектори керамічної промисловості охоплюють широкий вибір сировин та технологій виробництва, проте всі вони передбачають вибір глин або інших, переважно неорганічних матеріалів, які зазнають механічної обробки, а потім висушуються і випалюються. Основні сектори економіки, що базуються на використанні виготовлених керамічних виробів (кераміки), такі:

- стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги;
- цегла та черепиця;
- столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка);
- вогнетривкі вироби;
- сантехніка;
- технічна кераміка;
- оскловані керамічні труби;
- спучені керамічні заповнювачі;
- неорганічні абразиви зі зв'язкою.

Окрім основних видів виробничої діяльності, у цьому документі розглядаються безпосередньо пов'язані з ними види діяльності, які можуть впливати на викиди або забруднення. Таким чином, цей документ охоплює види діяльності від підготовки сировини до відвантаження готової продукції. Певні види діяльності не входять до змісту документа, оскільки вони не вважаються безпосередньо пов'язаними з первинним видом діяльності. Наприклад, у документі не розглядається видобування сировини з кар'єрів. Зокрема, у документі розглядаються такі види діяльності:

- вибір та підготовка сировини – переважно на основі глин та/або інших неорганічних матеріалів;
- формування виробів – зазвичай із сировини, яка перебуває у пластичному стані;
- висушування виробів та, можливо, нанесення на них покриття;
- випалювання у печі з метою склування;
- заключна обробка та пакування.





# 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО КЕРАМІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО

## 1.1. Історичні витоки

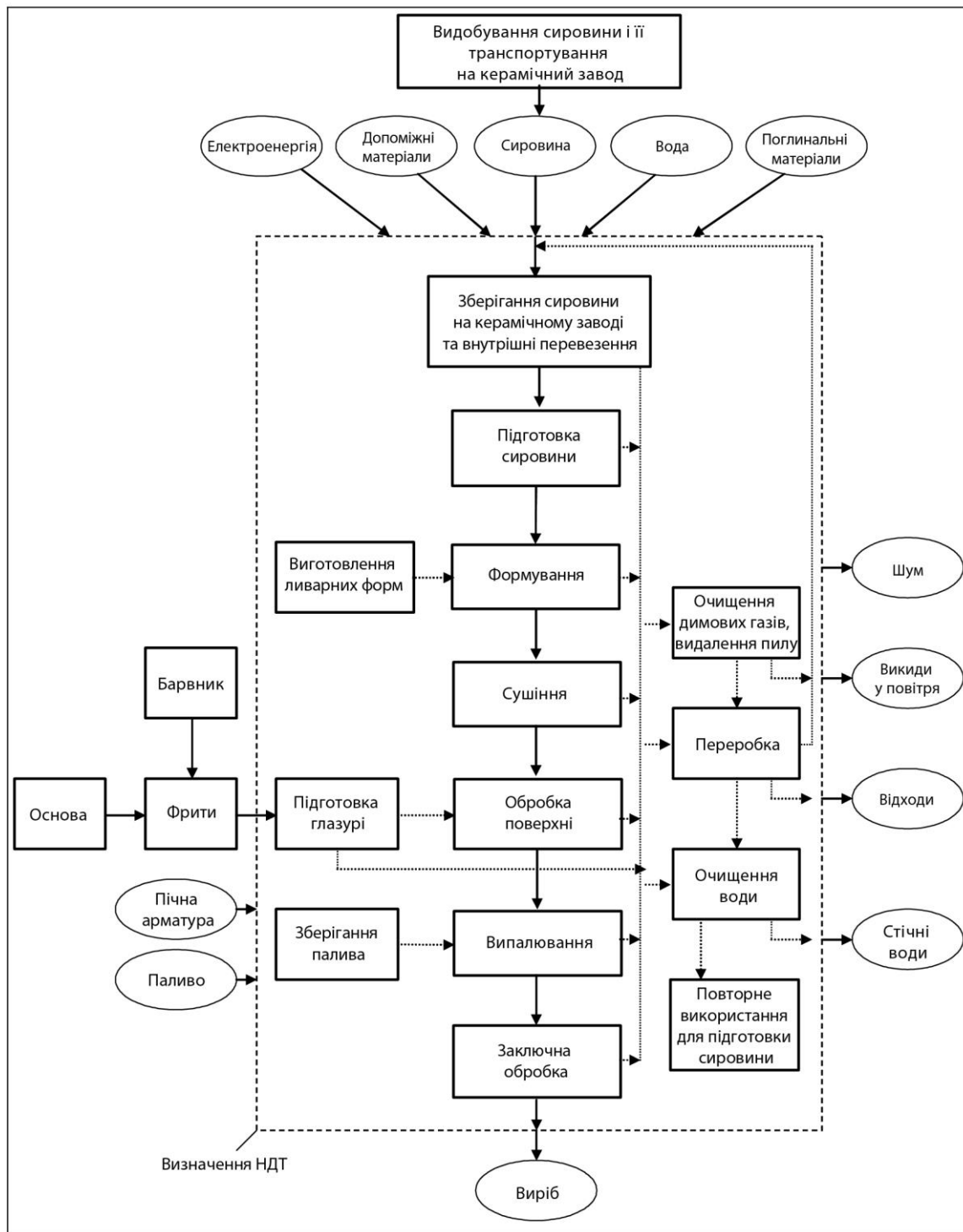
Термін «кераміка» походить від грецького слова «керамос», що означає «обпалена земля», і використовується для опису матеріалів гончарного виробництва. Нещодавнє дослідження показало, що глину почали обробляти близько 19000 року до н.е. Найстаріші згадки гончарства виявлено у південній Японії: вони датуються періодом від 8000 до 9000 років до н.е. Уже за 4000 років до н.е. обпалена цегла використовувалася для будівництва зикуратів, палаців та укріплень. Понад 2000 років тому римляни поширили технологію виготовлення цегли на великі території у Європі. У Єгипті глазуровані керамічні плити використовувалися для оздоблення стін пірамід у 2600 році до н.е., а у Китаї мистецтво виготовлення китайської порцеляни було відоме з 1000 року до н.е.

## 1.2. Властивості кераміки

Термін «кераміка» (керамічні вироби) загалом означає неорганічні матеріали (можливо, з деяким вмістом органічних речовин), виготовлені з неметалевих сполук і зроблені довговічними за допомогою процесу випалювання. Окрім матеріалів на основі глини, кераміка на сьогодні налічує велику кількість виробів з малим вмістом або взагалі без глини. Кераміка може бути глазурованою або неглазурованою, пористою або осклованою.

Випалювання керамічних матеріалів забезпечує перетворення складових мінералів за кривою «час-температура» – зазвичай на суміш нових мінералів та склоподібних фаз. Серед характерних властивостей керамічних виробів – висока міцність, зносостійкість, довгий термін служби, хімічна інертність і нетоксичність, жаростійкість і вогнестійкість, (зазвичай) електричний опір, а іноді також конкретна пористість.

Основні етапи виготовлення керамічних виробів практично не залежать від того, які матеріали використовуються у виробництві, і яким повинен бути готовий виріб. На наступному рисунку схематично зображений типовий процес виготовлення кераміки та можливі або необхідні вхідні ресурси і відходи. Технологічний процес складається з таких кроків: видобуток сировини у шахті або кар'єрі та її транспортування на керамічний завод (жоден з цих кроків не розглядається у даному документі), зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, поверхнева обробка, випалювання та заключна обробка [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 1.1. Етапи виготовлення керамічних виробів**

Найкращі доступні технології та методи управління для комплексного захисту навколишнього середовища у керамічній промисловості, згадані у цьому документі, стосуються процесів, які знаходяться усередині рамки.

### 1.3. Географічний розподіл та загальні економічні міркування

Глиняна сировина поширена по всій Європі, тому керамічні вироби, такі як цегла, які є порівняно недорогими (але потребують великих транспортних витрат з огляду на їх вагу), виготовляються практично у всіх країнах-членах ЄС. З огляду на будівельні традиції та культурно-історичні міркування, розміри одиничних виробів у різних країнах різняться. Більш спеціалізовані вироби, на які диктуються вищі ціни, зазвичай виготовляються головним чином у кількох країнах, де є необхідна спеціальна сировина і, що не менш важливо, традиції потрібних практичних умінь та професійних знань. Наприклад, велика частка керамічної плитки виготовляється в Італії та Іспанії; столовий посуд – у Великій Британії, Німеччині та Франції; оскловані керамічні труби – у Німеччині, Великій Британії, Бельгії та Нідерландах.

У світі активно ведеться торгівля стінною облицювальною плиткою та плиткою для підлоги, вогнетривкими виробами, столовим посудом та декоративними виробами, технічною керамікою, осклованими керамічними трубами та сантехнікою.

Важливість керамічної промисловості з точки зору зайнятості та економіки відображена у наступній таблиці [20, CERAME-UNIE (Європейська асоціація підприємств керамічної промисловості), 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA (Німецьке агентство з охорони навколишнього середовища), 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Сектор керамічної промисловості	Об'єм виробництва у ЄС-15, 2000 рік (x мільйонів тон)	Об'єм продажу у ЄС-15, 2003 рік (x мільйонів євро)	Кількість працівників, 2003 рік (x 1000)
Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги	25,0	10100	69
Цегла та черепиця	55,0	6800	50
Столовий посуд та декоративні вироби	0,5	2000	48
Вогнетривкі вироби	4,5	3100	18
Сантехніка	0,5	1900	25
Технічна кераміка	0,15	2000	9
Оскловані керамічні труби	0,7	300	2
Спучені керамічні заповнювачі (2002)	3,0	300	2,5
Неорганічні абразиви зі зв'язкою (2003)	0,04	260	3,1

Таблиця 1.1. Об'єм виробництва і продажу кераміки та статистика зайнятості

## 1.4. Ключові питання охорони навколишнього середовища

Залежно від конкретних виробничих процесів, заводи, які виготовляють керамічні вироби, створюють викиди у повітря, воду та ґрунт (відходи). Крім того, навколишнє середовище може зазнавати впливу шуму та неприємних запахів. Тип та кількість забруднень повітря, відходів та стічних вод залежить від різних параметрів. До таких параметрів належать, наприклад, види сировини, що використовуються, застосовані допоміжні реагенти, види палива та методи виробництва:

- викиди у повітря: тверді частки / пил можуть утворюватися у результаті транспортування чи обробки сировини або чистової обробки виробу, а крім того, внаслідок спалювання мазуту чи різних твердих палив при випалюванні може утворюватися сажа. Газоподібні викиди виникають під час випалювання чи розпилувального сушіння кераміки – їх джерелом може бути сировина та/або палива, що використовуються у процесі. Серед газоподібних викидів особливо важливими є оксиди вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки, неорганічні сполуки фтору та хлору, а також органічні сполуки. Також можливі викиди важких металів: вони виникають внаслідок використання речовин, які містять важкі метали, для декоративної обробки або використання важкої нафти у якості палива;
- викиди у воду: вони головним чином виникають під час процесів виробництва керамічної продукції, особливо під час виробництва традиційної кераміки, і утворені в результаті технологічні стічні води містять переважно мінеральні компоненти (нерозчинні тверді частки). Залежно від методу виробництва, технологічні стічні води також містять інші неорганічні матеріали, численні органічні матеріали у невеликих кількостях, а також деякі важкі метали. Окрім технологічної води, яка часто очищується і повторно використовується у замкнених контурах, викиди з заводу також можуть потрапляти у воду з охолоджувальною водою, дощовими стічними водами або санітарними стічними водами;
- технологічні втрати / відходи: технологічні втрати, що виникають у результаті виготовлення керамічних виробів, головним чином складаються з таких матеріалів:
  - різні види шламу (шлам від очищення технологічних стічних вод, шлам від глазурування, гіпсовий шлам, шлам від розмелювання);
  - черепки матеріалу, розбитого під час формування, сушіння, випалювання, а також вогнетривких матеріалів;
  - пил від установок очищення димових газів та пиловловлювальних установок;
  - використані гіпсові форми;
  - використані поглинальні матеріали (зернистий вапняк, вапняковий пил);
  - відходи упаковки (пластик, дерево, метал, папір тощо);
  - тверді залишки, як-от попіл, що утворюється у результаті випалювання на твердому паливі.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи і передаються на сторонні підприємства з переробки або утилізації відходів;

- споживання енергії / викиди CO<sub>2</sub>: усі сектори керамічної промисловості є енергоємними, оскільки основна частина їх технологічного процесу передбачає сушіння з наступним випалюванням до температур від 800 до 2000 °С. При виробництві порцеляни витрати на енергію становлять від менш ніж 10% до 18% загальних витрат. При виробництві цегли частка витрат на енергію варіюється від 17 до 25%, а максимальний рівень витрат може становити до 30%.



У наступній таблиці наведене питоме споживання енергії підприємствами керамічної промисловості у Європі [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

Сектор	Одиниця вимірювання	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Цегла та черепиця	ГДж/т	2,65	2,45	2,19	2,06	2,38	2,31
Стінна облицювальна плитка	ГДж/т	11,78	9,16	6,76	5,45	5,74	5,60
Вогнетривкі вироби	ГДж/т	4,88	4,96	6,51	4,91	5,41	5,57
Сантехніка	ГДж/т	26,56	24,214	22,27	22,76	20,88	21,87
Оскловані керамічні труби	ГДж/т			5,75	5,77	6,1	5,23
Столовий посуд та	ГДж/т			47,56	38,91	43,46	45,18
Технічна кераміка	ГДж/т					34,72	50,39

**Таблиця 1.2. Питоме споживання енергії керамічною промисловістю у Європі**

На сьогодні для випалювання використовується переважно природний газ, зріджений вуглеводневий газ (пропан та бутан) і мазут сорту EL («надлегкий»), у той час як важкий мазут, зріджений природний газ (ЗПГ), біогаз/біомаса, електроенергія та тверді палива (наприклад, вугілля, нафтовий кокс) також можуть використовуватися у якості джерел енергії для пальників. Використання важкого мазуту, вугілля та нафтового коксу обмежене головним чином цегельними заводами.

У наступній таблиці перелічені частки різних видів палива у загальному споживанні палива (без електроенергії) в Німеччині за різними секторами [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Сектор	Природний газ (%)	Мазут сорту EL (%)	Важкий мазут (%)	Інше (%)
Побутова кераміка	98,0	1,6	-	0,4
Сантехніка	97,7	2,3	-	-
Технічна кераміка	96,2	3,6	-	0,2
Вогнетривкі вироби	90,2	7,3	0,1	2,4
Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги	98,1	1,1	0,8	-
Цегла та черепиця	88,6	5,3	5,3	0,8
Оскловані керамічні труби	100	-	-	-
Спучені керамічні заповнювачі <sup>1)</sup>	-	-	-	-
Неорганічні абразиви зі зв'язкою <sup>2)</sup>	90,6	9,4	-	-

<sup>1)</sup> Дані відсутні  
<sup>2)</sup> Дані для Німеччини оцінені Асоціацією німецьких інженерів (VDI)

**Таблиця 1.3. Частка використаних палив у Німеччині в 1998 році за секторами**

## 1.5. Сектори керамічної промисловості

Принципові методи та етапи, що використовуються у процесах виробництва, практично не відрізняються для виготовлення різних керамічних виробів, за винятком того, що у виробництві, наприклад, облицювальної стінної плитки і плитки для підлоги, столового посуду і декоративних виробів (побутової кераміки), сантехніки, а також технічної кераміки, часто використовується багатоступеневий процес випалювання. Це одна з історичних причин, чому різні сектори керамічної промисловості можна узагальнити у вигляді двох груп: до групи «грубої», або «будівельної», кераміки належать такі сектори, як цегла та черепиця, оскловані керамічні труби, вогнетривкі вироби та спучені керамічні заповнювачі, а до групи «тонкої» кераміки, або «традиційної та промислової кераміки», належать такі сектори, як стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги, столовий посуд та декоративні вироби, сантехніка, технічна кераміка та неорганічні абразиви зі зв'язкою.

Проте технічна реалізація виробництва може дуже різнитися залежно від конкретних вимог до виробів та від характеристик сировини, що використовується. Наприклад, існують різноманітні печі неперервної дії (наприклад, тунельні печі) та печі періодичної дії (наприклад, печі з висувним подом), які використовуються для випалювання одних і тих же або різних керамічних виробів.

По суті, вироби «тонкої», або «традиційної та промислової», керамічної промисловості відрізняються від виробів «грубої або будівельної» керамічної промисловості своєю текстурою. Межа між «тонкою», або «традиційною та промисловою», керамікою і «грубою», або «будівельною», керамікою варіюється між еквівалентними діаметрами часток від 0,1 до 0,2 мм. Для «грубих», або «будівельних», керамічних виробів властива неоднорідність понад 0,2 мм, проте точна межа між «тонкою», або «традиційною та промисловою», керамікою і «грубою», або «будівельною», керамікою на сьогодні ще насправді не встановлена. Наприклад, технологія обробки «тонкої», або «традиційної та промислової», кераміки використовується для виробництва особливо вогнетривких виробів. Тому у цьому документі не використовується згаданий вище поділ на дві групи – натомість керамічні вироби поділяються на такі дев'ять секторів [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]:

- цегла та черепиця;
- оскловані керамічні труби;
- вогнетривкі вироби;
- спучені керамічні заповнювачі;
- стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги;
- столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка);
- сантехніка;
- технічна кераміка;
- неорганічні абразиви зі зв'язкою.

### 1.5.1. Цегла та черепиця

Цегляні вироби виготовляються у великій кількості і використовуються як матеріали у різних галузях будівництва та підрядних робіт. У більшості випадків цегла та плитка характеризуються не за технологією їх формування, а за їх призначенням:

- будівельна цегла (наприклад, керамічні блоки, облицювальні блоки, цегла підвищеної міцності («клінкерна цегла») та легка цегла);
- черепиця (наприклад, стрічкова черепиця, пресована черепиця);
- цегла для вимощування бруківки;
- цегла для коминів (наприклад, димоходи).

З огляду на різні технології виробництва різні типи цегельних заводів спеціалізуються на різних групах виробів – наприклад, заводи з виробництва керамічної черепиці та заводи з виробництва будівельної цегли.

У 2003 році загальний об'єм продажу у європейській промисловості з виробництва керамічної цегли та черепиці склав близько 6800 мільйонів євро, а їх робоча сила налічувала близько 50000 працівників [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Кількість заводів з виробництва керамічної цегли, заводів з виробництва бруківки та черепичних заводів різниться залежно від країни, а саме:

У Італії налічується найбільше фабрик, тобто 238 заводів; далі йдуть Німеччина (183), Португалія (150), Франція (136) та Велика Британія (134). У інших країнах працює менш ніж 70 заводів, як-от у Нідерландах (58), Бельгії (40), Австрії (30), Швейцарії (27) та Данії (26).

Середня кількість цегельних заводів на мільйон жителів така:

Португалія (1,5), Данія (5,1), Італія (4,1), Бельгія (4,0), Австрія (3,8), Швейцарія (3,7), Нідерланди (3,7), Велика Британія (2,3), Франція (2,3) та Німеччина (2,2).

Порівняння даних [3, CERAME-UNIE, 2003] відносно кількості жителів у наступних країнах (станом на 2001 рік) показує, що:

- багато черепиці виготовляється у Франції (0,89 м<sup>2</sup> на жителя); далі йде Італія (0,61), Німеччина (0,54), Іспанія (0,5), Швейцарія (0,48), Данія (0,4) та Австрія (0,28). У інших країнах, наприклад, у Великій Британії та Бельгії, черепиця виробляється у набагато меншій кількості. У Фінляндії та Норвегії черепиця не виготовляється;
- цегла та блоки виготовляються у кожній з країн ЄС-15. Найбільший рівень виробництва зареєстрований у Бельгії (0,29 м<sup>3</sup> на жителя); далі йде Іспанія (0,28), Італія (0,26), Австрія (0,24), Німеччина (0,17) та Швейцарія (0,08), а у решті країн зареєстровані ще менші значення.

Перфоровані вироби мають важливе значення, наприклад, в Австрії (97 %), та Німеччині (87 %); облицювальна цегла – в Нідерландах (94 %), Великій Британії (82 %) та Данії (85 %). Порожнисті цегли віддають перевагу у Франції (63 %) та Італії (62 %).

Середня кількість працівників на фабрику різниться для різних європейських країн:

- Велика Британія (66);
- Бельгія (44);
- Франція (39) та Нідерланди (38);
- Австрія (35), Німеччина (34) та Італія (34);
- Швейцарія (24) та Данія (21).

### 1.5.2. Оскловані керамічні труби

Оскловані керамічні труби та фітинги використовуються для влаштування стоків та каналізацій, а також у баках для кислот та у хлівах. Їх річне виробництво у 2000 році у країнах ЄС-15 становило 708000 тонн [3, CERAME-UNIE, 2003] [4, UBA, 2001].

Заводи з виробництва цієї продукції розташовані у Бельгії, Німеччині, Італії, Нідерландах та Великій Британії. Їх вироби постачаються у всі країни-члени ЄС-15 на підставі Європейського стандарту EN 295, який був ратифікований у 1991 році і наразі впроваджений у всіх країнах ЄС-15 та у країнах-членах Європейської асоціації вільної торгівлі, а також у деяких інших країнах-членах Європейського комітету зі стандартизації (CEN).

У цьому документі термін «труби» також охоплює фітинги, які разом з трубами необхідні для утворення трубопроводу для транспортування каналізаційних стоків, прокладеного під землею.

У наступній таблиці наведена загальна інформація про галузь виробництва осклованих керамічних труб у Європі в 2000 році [3, CERAME-UNIE, 2003], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Країна	Бельгія	Німеччина	Італія	Нідерланди	Велика Британія	ЄС-15
Кількість жителів (10 <sup>6</sup> )	10	82	57,5	15,7	58,5	
Кількість заводів *)	1	8	1	2	5	17
Річний об'єм продажу труб та фітингів (тони)	115000	208000	74000	102000	209000	708000
Загальна кількість працівників	250	500	150	213	800	1913
Середня кількість персоналу на завод	377	115	207	107	220	166

\*) На заводах може працювати більш ніж одна піч

Таблиця 1.4. Галузь виробництва осклованих керамічних труб у Європі

### 1.5.3. Вогнетривкі вироби

Вогнетривкі вироби – це керамічні матеріали, здатні витримувати температури понад 1500 °С. Численні вогнетривкі вироби найрізноманітніших профілів та форм використовуються в багатьох сферах промислового застосування – у сталеливарній, залізоливарній, цементній, вапняній, скляній, керамічній, алюмінієвій, мідній та нафтохімічній промисловості, у сміттєспалювальних печах, на електростанціях та в системах опалення житлових будинків, у тому числі у блоках нічних теплових акумуляторів. Вони життєво необхідні для здійснення високотемпературних процесів, і витримують усі типи навантажень (механічних, теплових, хімічних), таких як ерозія, повзучість, корозія та теплові удари.

Стійкість вогнетривких матеріалів до високих температур встановлюється таким чином, щоб їх точка розм'якшення була не меншою, ніж 1500 °С. Згідно з загальноновживаною класифікацією, ці матеріали поділяються на власне «вогнетривкі матеріали» з точкою розм'якшення від 1500 до 1800 °С та «високовогнетривкі матеріали» з точкою розм'якшення понад 1800 °С [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Виробництво вогнетривких виробів, яке спочатку базувалося на використанні особливо чистих глин у якості сировини, зараз базується на використанні великого розмаїття сировин, які можуть бути як природними, так і синтетичними. Багато які з цих сировин імпортуються з країн за межами Європи.

Попит на вогнетривкі вироби тісно пов'язаний з об'ємами виробництва та інвестицій у галузях-споживачах. Наприклад, кількість вогнетривких виробів, що споживається на тонну виготовленої продукції, такої як сталь або цемент, значно зменшилася за останнє десятиріччя через появу технічних інновацій та вдосконалення технологічних процесів. Збільшення терміну служби футеровок сталеплавильних печей та ливарних ковшів і скорочення часу, що витрачається на їх ремонт та технічне обслуговування, значно покращило продуктивність галузей промисловості, у яких вони використовуються.

Вогнетривкі вироби зазвичай використовуються у галузях, які є основними споживачами енергії, як-от металообробна, цементна, нафтохімічна та скляна промисловість. Оскільки якість футеровки печей має велике значення для енергоефективності їх технологічних процесів, вогнетривка промисловість суттєво впливає на енергоефективність цих галузей. Постійне вдосконалення вогнетривких виробів означає кращу ізоляцію та довший термін служби футеровки, а отже, призводить до зменшення питомого споживання енергії під час операцій у галузях-споживачах.

Виробництво вогнетривкої продукції у країнах ЄС-15 найвагомніше у світі – у 2001 році загальний об'єм виробництва склав 4,6 мільйонів тон (перше місце зайняла німецька промисловість з орієнтовним загальним об'ємом виробництва 1,5 мільйона тон), а відповідний об'єм продажу у 2002 році склав приблизно 3300 мільйонів євро. Приблизно 65 % цього об'єму припадало на виробництво заліза та сталі; від 5 до 8 % – на виробництво цементу, скла, кераміки, а решта – на кольорову металургію, хімічну, нафтохімічну промисловість, виробництво електроенергії та спалювання сміття. У 2002 році кількість працівників цієї промисловості у країнах ЄС-15 налічувала 18505 осіб [20, CERAME-UNIE, 2004], [12, STCV (Технологічний центр кераміки та скла), 2004].

У наступній таблиці наведено об'єм виробництва вогнетривкої продукції у країнах ЄС-15 станом на 2001/2002 роки [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Алмейда (Almeida), 2004].

Країни	Сумарне виробництво у 2002 році (10 <sup>3</sup> тон)
Австрія (2001)	710
Бенілюкс	н/д
Франція	524
Німеччина	931
Греція (2001)	33
Італія	556
Країни Північної Європи	147
Португалія	23
Іспанія	417
Об'єднане королівство	204

**Таблиця 1.5. Виробництво вогнетривкої продукції у ЄС-15 в 2001/2002 роках**

#### 1.5.4. Спучені керамічні заповнювачі

Спучені керамічні заповнювачі – це пористі керамічні вироби з однорідною пористою структурою у вигляді дрібних замкнених чарунок та зі щільно спеченою, твердою зовнішньою оболонкою. Вони виготовляються з сировини, яка містить глинисті мінерали. Сировину підготовлюють, відливають у форми, а тоді випалюють за температур від 1100 до 1300 °С – у ході цього процесу об'єм матеріалу значно збільшується внаслідок розширення.

Вироби можуть виготовлятися у будь-якій кількості; розмір зерна та характеристики виробів можна з великою точністю регулювати відповідно до різноманітних технічних вимог для численних сфер застосування.

Ці вироби використовуються у якості засипного або зв'язаного цементом матеріалу для будівельної промисловості (наприклад, засипна ізоляція, легкий бетон, блоки та інші збірні компоненти з легкого бетону, легкий конструкційний бетон для обробки на будівельному майданчику), а також у якості засипного матеріалу у садово-ландшафтному дизайні (наприклад, відсіпка насипів при спорудженні доріг, субстрат для озеленених дахів, фільтрувальна та дренажна засипка).

Великий асортимент легких заповнювачів (LWA) заводського виробництва охоплює широкий спектр технічних характеристик. Під час виробничих процесів можна контролювати такі властивості, як розмір зерна, пористість, вага та міцність зерна. Існуючі заповнювачі з густиною зерен від 0,15 та 1,7 кг/дм<sup>3</sup> задовольняють широкому діапазону вимог і підходять для різних випадків застосування. Ці легкі заповнювачі мають відмінні ізоляційні характеристики завдяки великій кількості пор, щільно розподілених усередині матеріалу. Теплопровідність засипної ізоляції або легких заповнювачів заводського виробництва варіюється від 0,07 до 0,18 Вт/(м·К), залежно від розміру зерен та густини відповідного матеріалу. Стандартний гранулометричний склад описаний у стандартах EN 13055-1 та EN 13055-2.

Окрім спучених керамічних заповнювачів, до легких заповнювачів промислового виробництва також належать такі групи продукції, як спучений шифер та сланець, шлак, спечена кам'яновугільна зола виносу та піноскло, проте у цьому документі вони не розглядаються.

Підприємства з виробництва спучених керамічних заповнювачів знаходяться у Данії, Німеччині, Швеції, Норвегії, Фінляндії, Естонії, Бельгії, Австрії, Польщі, Іспанії, Португалії та Чехії. У центральній та східній Європі спучені керамічні заповнювачі зазвичай відомі під назвою «керамзит». Загальна оцінена потужність заводів у Європі становить приблизно 10 мільйонів кубічних метрів.

### 1.5.5. Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги

Керамічна плитка (див. стандарт EN 14411) – це тонкі плитки, виготовлені з глини та/або інших неорганічних матеріалів, які загалом використовуються у якості покриття для підлог та стін. Керамічна плитка зазвичай формується шляхом видавлювання або пресування з пилу за кімнатної температури, потім висушується і, нарешті, випалюється за температур, достатніх для появи потрібних властивостей.

Найбільш поширеними формами плитки є квадрати та прямокутники, проте зустрічаються й інші багатокутні форми (шестикутники, восьмикутники, тощо). Що ж до розміру, то розмір сторони плитки варіюється від всього кількох сантиметрів (мозаїка) до плит з розміром сторони 60-100 см. Товщина варіюється від приблизно 5 мм для стінної облицювальної плитки до більш ніж 25 мм для деяких різновидів екструдованої плитки.

На ринку існує кілька типів керамічної плитки: сформована шляхом пресування з пилу чи видавлювання; з пористою, компактною або спеченою у скло структурою; біла (світла) або кольорова (червона); неглазурована або глазурована.

Типи керамічної плитки, що виготовляються у країнах-членах ЄС, подібні один до одного, проте відрізняються деякими характеристиками внаслідок культурних, формальних, функціональних, комерційних чи технічних причин. Через це важко встановити відповідність між різними типами виробів та їх позначеннями у різних країнах-членах ЄС.

Для подолання цих труднощів у європейській та міжнародній стандартизації прийнята загальна класифікація керамічної плитки. Згідно зі стандартом EN 14411, керамічна плитка поділяється на дев'ять груп залежно від їх методу виробництва (методу формування) та їх водопоглинання. Водопоглинання пов'язане з пористістю матеріалу: високе водопоглинання означає високу пористість, а низьке водопоглинання пов'язане з контактною, осклованою структурою.

Ця класифікація прийнята у якості загальної опорної інформації у цьому документі. Проте вказані дев'ять груп не відображають суттєвих відмінностей з точки зору екологічних аспектів, що розглядаються у цьому документі. Тому для конкретної мети цього документа будуть використовуватися наступна спрощена класифікація, наведена у таблиці нижче [3, CERAME-UNIE, 2003]. Деякі види керамічної плитки не враховуються у цій класифікації, оскільки вони у сумі складають незначну частину, при цьому процеси їх виробництва та характеристики доволі різняться, і про них немає суттєвої або важливої інформації.

Клас	Опис / технічна характеристика
A	Екструдована плитка
VIa	Плитка, пресована з пилу, з водонепроникною структурою
VIb-VII	Плитка, пресована з пилу, з компактною структурою
VIII	Плитка, пресована з пилу, з пористою структурою

**Таблиця 1.6. Спрощена класифікація керамічної плитки**

Керамічна стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги – це важливі вироби для покриття стін та підлоги, що використовуються у будівництві та житлово-комунальному господарстві, а тому для цих виробів особливе значення має ринок технічного обслуговування та реставрації. Іншими сферами застосування плитки є, наприклад, облицювання зовнішніх фасадів, басейнів та зон громадського користування.

Європейська промисловість продає плитку у всі куточки світу і є найбільшим експортером у цій галузі, значно випереджуючи конкурентів. Чверть об'єму європейського виробництва експортується у країни за межами ЄС-15: на європейську промисловість припадає  $\frac{3}{4}$  міжнародної торгівлі плиткою. У 2001 році підприємства європейської промисловості реалізували майже 1400 мільйонів м<sup>2</sup> плитки на загальну суму 10000 мільйонів євро. В тому ж



році у цій галузі було зайнято близько 71000 осіб [3, CERAME-UNIE, 2003]. Значна частина цієї галузі зосереджена у двох регіонах: у муніципалітеті Сассуоло в Італії (регіон Емілія-Романья) та у провінції Кастельйон в Іспанії (Валенсійська громада).

Для виготовлення плитки використовується глина високого ступеня очищення, яку в більшості випадків можна дістати в самій Європі. Крім того, використовуються різні речовини для глазурування. Енергію також можна вважати сировиною, оскільки вона перетворює глину у кераміку шляхом випалювання. У якості джерел енергії використовуються переважно природний газ та електроенергія.

У наступній таблиці наведено споживання енергії за країнами-членами ЄС [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Алмейда, 2004].

Країни	1980	1990	1997	2001
Німеччина				7,58
Греція	11,61	8,68	8,1	
Іспанія	15,78	7,00	5,49	5,78
Франція	6,97	5,84	5,71	6,42
Італія	11,22	6,19	5,12	5,48
Нідерланди	10,94	8,46	8,76	
Португалія			6,20	6,00
Велика Британія	18,05	13,15	11,33	

**Таблиця 1.7. Споживання енергії на країну-члена ЄС (питоме споживання енергії у ТДж на 1000 тон виробленої продукції)**

#### 1.5.6. Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка)

Виробництво побутової кераміки охоплює столовий посуд, предмети мистецтва та розкоші, виготовлені з порцеляни, фаянсу та тонкокам'яної кераміки. Типовими виробами є тарілки, блюда, чашки, миски, глечики та вази.

Загальний об'єм виробництва невеликий у порівнянні з іншими основними напрямками промислового керамічного виробництва – див. Таблицю 1.1. Столовий посуд та декоративні вироби можуть мати дуже різні відношення вартості до ваги.

Столовий посуд та декоративні вироби відповідають загальному опису технологічних процесів, що застосовуються до всієї кераміки. У наступній таблиці підсумований об'єм виробництва різної продукції [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Алмейда, 2004].

Країни	Продукція	Тон на рік
Німеччина	Столовий посуд із порцеляни	69000
	інший столовий посуд	4000
	декоративні вироби	орієнтовно 500
Люксембург	Столовий посуд у цілому	5370
Нідерланди	Столовий посуд	5500
	(фаянс, порцеляна, осклований посуд для готелів та ресторанів) декоративні вироби	250
Португалія	Столовий посуд та декоративні вироби у цілому	90000
Велика Британія (2001)	Столовий посуд та декоративні вироби у цілому	86000

**Таблиця 1.8. Об'єм виробництва столового посуду та декоративних виробів**



### 1.5.7. Сантехніка

Уся керамічна продукція санітарного призначення позначається спільною назвою «сантехніка». До типових санітарних керамічних виробів належать унітази, біде, умивальники, туалетні бачки та фонтанчики для пиття. Ці вироби зазвичай виготовляються з сантехнічної порцеляни (напівпорцеляни) або фаянсу.

Загальний об'єм виробництва невеликий у порівнянні з іншими основними напрямками промислового керамічного виробництва (наприклад, виробництвом цегли чи вогнетривких виробів) – див. Таблицю 1.1. За відношенням вартості до ваги сантехніка різко відрізняється від цегли або вогнетривких виробів.

Технологічні процеси виготовлення сантехніки подібні до тих, які застосовуються до всіх інших керамічних виробів. Сировина змішується з водою для утворення глиняного шлікеру з потрібними характеристиками. Після цього шлікер зберігається у баках і використовується для лиття шлікеру в окремі ливарні форми або у машинах для лиття під тиском. Виріб виготовляється безпосередньо на машинах для лиття під тиском або виймається з ливарних форм, що використовуються у процесі лиття зі шлікеру. Перед подальшою обробкою чи транспортуванням заготовок їх необхідно просушити.

Глазур наноситься безпосередньо на глиняну поверхню і випалюється за належної температури для відповідного виробу; зазвичай ця температура становить приблизно 1200-1210 °C для сантехнічної порцеляни та близько 1220 °C для шамоту.

Розпилювання глазури надає колір та «яскравість» формі, на яку вона наноситься. Потрібний колір або комбінація кольорів досягається шляхом використання пігментів у поєднанні з глазурю. Більшість пігментів – це оксиди металів. Кількості пігментів, що при цьому використовуються, незначні у порівнянні з вагою сировини (глин) та інших складових.

Готовий виріб надходить на склад або у приміщення для зберігання для подальшого вибору, відвантаження та реалізації.

### 1.5.8. Технічна кераміка

Європейські виробники технічної кераміки виготовляють широкий асортимент виробів, принаймні частково зроблених із глини, а також із синтетичних видів сировини. Як і в інших секторах керамічного виробництва, сировина випалюється у печах: у цьому технологічному процесі використовується переважно природний газ, проте також і електроенергія (станом на 2003 рік: 2/3 газу та 1/3 електроенергії).

Технічна кераміка застосовується у багатьох галузях промисловості і охоплює як товари, що вже зарекомендували себе на ринку, як-от ізолятори, так і нові варіанти застосування. Ця галузь постачає елементи для аерокосмічної та автомобільної промисловості (деталі двигунів, підкладки каталізаторів), електроніки (конденсатори, п'єзоелектричні матеріали), біомедичних застосувань (вироби для заміни кісток), захисту навколишнього середовища (фільтри) та багатьох інших галузей.

Важливі підприємства з виробництва технічної кераміки знаходяться у Німеччині, Великій Британії, Франції та Нідерландах.

Через велику додану вартість деяких виробів із технічної кераміки енергоємність виробництва цієї галузі відносно товарообігу не така висока, як в інших секторах. Споживання енергії відносно маси зіставне з іншими секторами. Орієнтовний загальний об'єм продажу європейської промисловості склав 2500 мільйонів євро у 2001 році. Хоча точні дані про загальний об'єм виробництва відсутні, його оціночне значення склало близько 0,15 мільйонів тон у 2003 році для всієї європейської промисловості [3, CERAME-UNIE, 2003] [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### 1.5.9. Неорганічні абразиви зі зв'язкою

Принципова особливість шліфування – одного з найстаріших відомих процесів виробництва – це дія на заготовку великої кількості не орієнтованих ріжучих елементів. Абразивна продукція, у якій застосовується ця принципова особливість, – це інструменти, що широко використовуються в обробці всіх видів матеріалів: не лише у шліфуванні, а й у обрізанні, поліруванні, правленні, заточуванні, тощо металів, пластмас, дерева, скла, каменю, тощо.

По суті, розрізняють абразиви зі зв'язкою («шліфувальні круги») та абразиви з покриттям («наждачний папір та шкурки»). Крім того, існують незв'язані абразиви, які не мають твердого зв'язку з підкладкою (наприклад, полірувальні пасти). У цьому документі розглядаються лише «неорганічні абразиви зі зв'язкою» – підгрупа абразивів зі зв'язкою.

Неорганічний абразив зі зв'язкою (або «шліфувальний круг на керамічній зв'язці», як його називають виробники) – це інструмент, у якому синтетичний абразив (до сучасних абразивних матеріалів належать спеціальний плавлений глинозем, електрокорунд, карбід кремнію, кубічний нітрид бору (КБН) або алмаз, попередньо просіяний до однорідної зернистості) змішується з керамічною зв'язкою (нормальне вагове відношення – дев'ять частин абразиву до однієї частини основи).

Після цього виріб випалюється за температури, за якої основа (наприклад, скло, глина), яка слугує зв'язкою, спікається у скло і після охолодження зв'язує до купи абразивні зерна [14, УВА, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У КЕРАМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

### 2.1. Сировини

У керамічній промисловості використовується широкий спектр матеріалів, які потрібні для виготовлення її різноманітного асортименту виробів. Використовуються як природні, так і синтетичні матеріали – багато з них виробляються у Європі, проте кілька видів матеріалів імпортуються. Різні сектори цієї галузі мають різні потреби; детальна інформація про види сировини наведена у частинах, присвячених різним секторам.

Формули (або маси) кераміки на основі глини можуть складатися з однієї або кількох глин, змішаних з мінеральними модифікаторами – так званими «непластичними речовинами», як-от порошковий кварц та польовий шпат.

Поширеними глинистими мінералами («пластичними глинами») є гідратовані силікати алюмінію, що утворилися внаслідок вивітрювання кам'яних порід; при цьому у більшості кристалічних ґраток глинистих матеріалів зустрічаються дві структурні одиниці. Одна з них – це «кремнеземна пластина», утворена з тетраедрів, які складаються з іонів  $\text{Si}^{4+}$ , оточених чотирма іонами кисню. Іншою структурною одиницею є «пластина з гідроксиду алюмінію, або гіббситова пластина», що складається з октаедрів, у яких іон  $\text{Al}^{3+}$  оточений шістьма гідроксильними групами. Ці октаедричні пластини стискаються з кремнеземними пластинами, утворюючи глинисті мінерали.

Існує кілька видів мінералів, які називаються глинистими мінералами, проте найважливішими з них є «каолініт»,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , «монтморіллоніт»,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  та «галлуазит»,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  [8, Енциклопедія Ульмана (Ullmann's), 2001], [11, Шрів (Shreve), 1945].

Високоякісні керамічні вироби, які містять лише невелику частку глини або взагалі її не містять, складаються з таких матеріалів: оксиди, карбіди, нітриди та бориди Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr та інших іонів металів. Типовими прикладами таких матеріалів є  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (глинозем), MgO (периклаз, або палена магнезія), SiC (карбід кремнію), TiN (нітрид титану) та  $\text{WB}_2$  (борид вольфраму) [8, Енциклопедія Ульмана, 2001].

Глини або глинисті матеріали (осадова глина, сланцева глина, суглинок, мергель) використовуються переважно для виробництва цегли, черепиці та керамічних труб. Для отримання більшого об'єму пор можна додавати органічні добавки (дерев'яна тирса, паперові в'язучі речовини, формований полістирол) або неорганічні допоміжні речовини, такі як діатоміт або перліт. У виробництві облицювальної цегли та черепиці для отримання потрібного кольору та/або для підвищення пористості готового виробу можна додавати оксиди металів, такі як  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , хроміти та мінерали, такі як  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaMgCO}_3$ . Для зменшення вицвітання можна додавати  $\text{BaCO}_3$ . Такі добавки можна додавати перед самим процесом формування або під час підготовки сировини, як у твердій, так і у рідкій формі.

Вогнетривкі вироби складаються з глини, шамоту (обпаленої і дробленої глини, отриманої з необпаленої пластичної глини) та певних природних гірських порід, таких як кварцит, доломіт, боксит та магнезит, а також із вищезгаданих синтетичних матеріалів, як-от, наприклад, спечений корунд, карбід кремнію або шпінель. Для виготовлення матеріалів, які піддаються стисканню, до подрібненої сировини додаються в'язучі речовини та заповнювачі.

У керамзитовій промисловості використовуються глини з особливою здатністю до розширення. Для сприяння розширенню використовуються добавки (наприклад, флюс, допоміжні засоби для розбухання та речовини для полегшення виймання виробів із форм) [26, UBA, 2005].

Вироби, що виготовляються у галузях виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, побутової кераміки та сантехніки, переважно складаються з силікатів алюмінію, а глинисті мінерали слугують пластичною сировиною. Проте технічна кераміка та неорганічні абразиви зі зв'язкою часто містять лише невелику кількість глини або, у випадку технічної кераміки, взагалі її не містять, і тому їх основу складають згадані вище бориди, карбіди, оксиди та нітриди металів.

У якості заповнювачів та флюсувальних матеріалів використовується кварц, польовий шпат, а у деяких випадках крейда, доломіт, воластоніт і тальковий сланець. Різні керамічні вироби покриваються глазур'ю або ангобом по видимій чи по всій поверхні за допомогою фрити для глазурі або ангобного шлікеру.

Окрім вищезгаданих сировин та допоміжних речовин для виробництва кераміки необхідні додаткові допоміжні речовини, пічна арматура, паливо та поглинальні матеріали. У якості допоміжних речовин у процесі формування використовуються органічні добавки для покращення ковзання та в'язучі речовини. Пічна арматура складається з багаторазових вогнетривких капсул, плит та стояків. Поглинальні матеріали, такі як карбонат кальцію, гідроксид кальцію та дрібна крейда, використовуються в очищенні димових газів.

## 2.2. Загальний опис технологічного процесу виробництва

Керамічні вироби найрізноманітніших форм, розмірів та кольорів виготовляються у печах різних типів з широкого асортименту сировин. Проте загальний технологічний процес виготовлення керамічних виробів доволі однотипний, за винятком того, що у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, столового посуду та декоративних виробів (побутової кераміки), сантехніки та технічної кераміки часто використовується технологічний процес багатоступеневого випалювання.

Загалом сировини змішуються і заливаються, пресуються або формуються шляхом видавлювання для надання їм потрібної форми. Для ретельного змішування та формування регулярно використовується вода. Ця вода випаровується у сушарках, і вироби поміщаються у піч вручну (особливо у випадку печей періодичної дії) або ставляться на візки, які рухаються через печі неперервної дії. У більшості випадків печі обігріваються природним газом, проте також використовуються зріджений вуглеводневий газ, мазут, вугілля, нафтовий кокс, біогаз/біомаса та електроенергія.

Незворотна керамічна структура виробу досягається у процесі випалювання в печі. З цією метою під час випалювання необхідно дуже точно підтримувати градієнт температури, щоб гарантувати належну обробку виробів. Після цього необхідно забезпечити кероване охолодження, щоб вироби поступово віддавали тепло і зберігали свою керамічну структуру. Далі вироби запаковуються і надходять на склад для подальшої доставки.

У наступних розділах 2.2.1 – 2.2.13 пояснені найважливіші установки заводу з виробництва кераміки, а також основні кроки та різновиди процесів виробництва [1, BMLFUW (Федеральне міністерство сільського, лісового, водного господарства та охорони довкілля Австрії), 2003], [2, VITO (Фламандський інститут технологічних досліджень), 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [5, Центр знань InfoMil, 2003], [6, Тімелліні (Timellini), 2004], [7, Додд (Dodd), 1994], [8, Енциклопедія Ульмана, 2001], [10, Наварро (Navarro), 1998], [13, SYKE (Фінський екологічний інститут), 2004], [14, UBA, 2004], [17, Буркарт (Burkart), 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [28, Шорхт (Schorcht), 2005], [29, IMA-Europe (Асоціація промислових мінералів Європи), 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

Стосовно стандартних умов вимірювання об'ємних витрат та концентрацій див. перелічені нижче визначення, які також наведені у «Словнику термінів»:

м <sup>3</sup> /год.	об'ємна витрата: якщо у цьому документі не зазначено інше, об'ємна витрата вказана для об'ємної частки кисню 18% та стандартного стану.
мг/м <sup>3</sup>	концентрація: якщо у цьому документі не зазначено інше, концентрації газоподібних речовин або сумішей речовин вказані для сухих димових газів з об'ємною часткою кисню 18% та у стандартному стані, а концентрації бензолу вказані для об'ємної частки кисню 15% та стандартного стану.
стандартний	Означає стан за температури 273 К та тиску 1013 гПа.

### 2.2.1. Зберігання та транспортування сировини

Глина, каолін, глинисті матеріали, польовий шпат, кварц та більшість інших видів сировини, що використовуються у цій галузі, зазвичай видобуваються у шахтах або кар'єрах, а у деяких випадках глина також береться з берегу річки поблизу заводу-виробника (наприклад, у Нідерландах). Сировина зазвичай транспортується на завод-виробник вантажними автомобілями, проте також може перевозитися залізницею, або ж, якщо шахта чи кар'єр знаходиться дуже близько до заводу-виробника, також можуть використовуватися конвеєрні стрічки.

Залежно від характеристик сировини та етапу обробки, сировина зберігається купами під відкритим небом, на складах, які поділяються на бокси, у великих живильниках з дозуванням за об'ємом, розминальних силосах, витримувальних силосах, вилежувальних силосах або сухих силосах. Силоси обладнані індикаторами рівня, розвантажувальними клапанами та фільтрами або пристроями витіснення газу, у яких здувається витіснене повітря, насичене пилом. Деякі матеріали також постачаються у рідкій формі або у формі пульпи, і тому зберігаються у баках або інших резервуарах.

Обладнання для транспортування в межах заводу вибирається залежно від характеристик матеріалу, який потрібно транспортувати, таких як гранулометричний склад, стійкість до стирання та рухливість, температура, об'ємна витрата та наявний простір. Матеріали транспортуються за допомогою рудникових піднімальних машин, таких як ковшеві елеватори, ланцюгові конвеєри, шнекові конвеєри, пневматичні конвеєри та спускні жолоби. Шлікер для лиття частково закачується через трубопроводи.

### 2.2.2. Підготовка сировини

Перше подрібнення та початкова гомогенізація сировини зазвичай досягається під час відкритої розробки у кар'єрі, проте для дотримання жорстких технічних вимог, що висуваються до сучасних керамічних виробів, сировину необхідно додатково підготувати. Для цього може застосовуватися один або кілька технологічних процесів, описаних у розділах 2.2.2.1 – 2.2.2.10, хоча й не обов'язково в тому ж самому порядку.

#### 2.2.2.1. Підсушування

Деякі види сировини іноді потрібно підсушувати – наприклад, пісок можна сушити за допомогою технології псевдозрідженого шару, а також можна використовувати сушильні барабани. Багато видів очищеної керамічної сировини закупаються у спеціалізованих постачальників – зазвичай у сухому стані.

#### 2.2.2.2. Попереднє змішування

Змішування глин може розпочинатися у кар'єрі – наприклад, їх можна виймати вибірково, або ж складати матеріал у горизонтальні шари один над одним, а потім знімати глину з цієї купи по всій висоті і подавати її у якості вхідної сировини на фабрику.

### 2.2.2.3. Вивітрювання / вилежування

На підприємствах, що виробляють керамічну цеглу та черепицю, потрібно зберігати великі об'єми глини та мінеральної сировини, і початкове зберігання часто влаштовується на відкритому повітрі. У певних випадках – особливо у мокрих процесах формування – зберігання протягом кількох місяців покращує придатність глини для обробки. Цей процес відомий під назвою «вилежування»; при цьому вплив вивітрювання найбільш ефективний у зимову пору року.

### 2.2.2.4. Первинне та вторинне дроблення, розмелювання та просіювання

Грубе первинне дроблення порівняно сухої/крихкої глини може здійснюватися за допомогою дробильних вальців з великими зубцями, які зазвичай розташовані у кар'єрі, або великих щоккових дробарок. Дуже тверді види сировини (які часто використовуються для виготовлення вогнетривких виробів) також подрібнюються за допомогою щоккових або конічних дробарок – у кожному з цих видів дробарок грудки мінералу стискаються між нерухою та рухою твердими поверхнями.

У молоткових дробарках подрібнення здійснюється за рахунок ударних навантажень – шматки сировини, подані у дробарку, розбиваються ударами молотів, які швидко обертаються.

Бігункові дробарки (наприклад, бігуни для сухого чи мокрого розмелювання) підходять для зменшення розміру часток більш пластичних сировин. Бігуни з перфорованою основою забезпечують заданий максимальний розмір часток, а мокрі бігуни виконують додаткову функцію – вони дають змогу розминати глину з додаванням води.

Валкові дробарки широко застосовуються у виробництві з важкої глини для роздроблення, сплюскування та гомогенізації часток глини. Пари паралельних гладких роликів з твердої сталі рухаються у протилежних напрямках – завдяки цьому сировина, що подається між вальцями, затискається, зазнає зсуву і сплющується. Розмір часток контролюється шляхом задавання проміжку між вальцями.

Глином'ялки (а також валкові млини) добре підходять для пластичних видів сировини: вони складаються з обертових барабанів з прорізами, оснащених різальними ножами. Грудки глини продавлюються через прорізи у вигляді стружки.

Ударні роторні дробарки обладнані двома роторами, на яких болтами закріплені ударні пристрої або «заківки». Вони обертаються назустріч один одному і забезпечують безперервне обертання, змішування та роздрібнення матеріалу, що подається у дробарку.

### 2.2.2.5. Сухе або мокре подрібнення (розмелювання)

Описаний вище процес роздрібнення зазвичай дозволяє отримати частки розміром 2 мм і більше. У багатьох випадках використання керамічних матеріалів, як-от при виготовленні стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, вогнетривких виробів та столового посуду, частки матеріалу необхідно додатково подрібнити. Для отримання часток діаметром близько 1 мм використовуються сухі або мокрі валкові млини. Вони складаються з вертикально орієнтованих обертових валків, що працюють у межах зовнішнього кільця, і між валком та кільцем створюється тиск (наприклад, за рахунок відцентрової сили). Сировина, отримана на етапі первинного дроблення, подається у млин з водою або без води і розмелюється, поки не буде отриманий потрібний гранулометричний склад. Матеріал можна розмолоти ще дрібніше за допомогою кульових млинів постійної або порційної дії (у яких тверді керамічні кулі перекочуються у горизонтально змонтованих барабанах).

Кульові млини – це типове обладнання для виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Використовуючи у них мокрий процес, можна виготовляти порошки фракцією менше двохсот мікронів.



#### 2.2.2.6. Сухе просіювання / повітряне класифікування

Для оптимізації певних властивостей кераміки (наприклад, густини) іноді необхідно змішати конкретні фракції матеріалу. Сухе просіювання зазвичай здійснюється за допомогою вібраційних сит, у яких використовується електричний підігрів для запобігання відкладанню матеріалу та забиванню.

Для сухого розсіювання порошку за фракціями також можна використовувати повітряні класифікатори на основі роздільних циклонів. У обох випадках верхній продукт просіювання зазвичай подається назад у млин.

#### 2.2.2.7. Розпилювальне сушіння

Цей процес широко застосовується у галузі виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, а також використовується для виготовлення столового посуду, технічної кераміки та вогнетривких виробів. Водна суспензія сировини, отримана у результаті мокрого розмелювання у кульовому млині (вміст твердих часток ~ від 60 до 70 %) розпилюється під тиском для утворення дрібних крапель, які контактують зі струменем гарячого повітря. У результаті висушування крапель утворюються великою мірою однорідні порожнисті гранули більш-менш сферичної форми (з вмістом вологи зазвичай від 5,5 до 7 %). Ця форма порошку має високу рухливість, що дає змогу точно заповнювати прес-форми, а потім пресувати досить великі окремі плитки. На сьогодні деякі компанії спеціалізуються на підготовці висушеного шляхом розпилювання порошку. Вони постачають попередньо виготовлений матеріал на заводи керамічної промисловості, де здійснюється його подальша обробка.

#### 2.2.2.8. Обпалювання

Деякі види керамічної сировини попередньо випалюються в обертових печах, тунельних печах або шахтних печах для покращення їх властивостей. Наприклад, деякі оксиди (як-от доломіт, магнезит) потрібно обпалювати до повного спікання за високих температур, які іноді перевищують 1800 °С, щоб зробити їх придатними для виготовлення вогнетривких виробів. Обпалювання глин (наприклад, каоліну) зменшує пластичну усадку маси, до якої вони додаються, а отже, допомагає контролювати розмір фракції виробів і прискорює цикли випалювання. На сьогодні деякі компанії спеціалізуються на підготовці обпаленої сировини. Вони постачають попередньо виготовлений матеріал на заводи керамічної промисловості, де здійснюється його подальша обробка.

У даному документі не розглядаються ці процеси обпалювання сировини на попередніх стадіях виробництва, проте корисна інформація про «обпалені до повного спікання оксиди» та «обпалений шамот, пігменти та заповнювачі» наведена у Довідковому документі з НДТМ для виробництва цементу та вапна, де описане обпалювання доломіту; у Довідковому документі з НДТМ для утилізації хвостів та відвалів у гірничодобувній діяльності, де описана обробка каоліну; у ескізному Довідковому документі з НДТМ для великосерійної неорганічно-хімічної промисловості (виробництва твердих та інших речовин), де описане виробництво оксиду магнію, та в ескізному Довідковому документі з НДТМ для неорганічних хімічних речовин спеціального призначення, де описане виробництво неорганічних пігментів спеціального призначення.

#### 2.2.2.9. Синтетичні основні матеріали

Слід зазначити, що деякі синтетичні матеріали, такі як карбід кремнію, можуть бути виготовлені спеціалізованими постачальниками, проте все рівно іноді повинні проходити процедуру роздільнення.

#### 2.2.2.10. Фрити та глазури, підготовка глазури

Для глазурування керамічної стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги використовуються склоподібні речовини (фрити). Фрити – це оскловані сполуки, нерозчинні у воді, приготівані з кристалічних матеріалів шляхом плавлення за високих температур (1500 °С)



і наступного швидкого охолодження. Фрити для підприємств з виробництва керамічної плитки постачаються виробниками фрити (детальніша інформація також наведена у Довідковому документі з НДТМ для виробництва скла).

Окрім фрит, до основних компонентів глазури належить кремнезем (склоутворювач), а також добавки, які відіграють роль флюсів (луги, лужноземельні метали, бор, свинець, тощо), замутнювачів (цирконій, титан, тощо) та барвників (залізо, хром, кобальт, марганець, тощо).

У процесі підготовки глазури фрита та добавки зазвичай розмелюються у барабаних кульових млинах переривчастої дії, поки не буде отриманий заданий надситний продукт. Глазур пропускається через вібраційні сита. Після цього коригується стан водної суспензії. Характеристики суспензії залежать від того, яким методом вона буде наноситися.

Залежно від типу виробу, температури випалювання та потрібних ефектів і властивостей готового виробу, складаються рецептури багатьох різноманітних видів глазури.

### 2.2.3. Змішування компонентів

#### 2.2.3.1. Загальні відомості

Час, інтенсивність та послідовність перемішування суттєво впливає на властивості суміші, а отже, і на кінцевий виріб. Підготовлені сировини у контрольованих пропорціях необхідно змішати і гомогенізувати, щоб забезпечити потрібну фізико-хімічну однорідність. Залежно від сектору керамічної промисловості, перемішування може варіюватися від великосерійних безперервних операцій до ретельно контрольованого перемішування дрібносерійними партіями. Пропорції складових можуть відмірюватися за об'ємом (наприклад, через коробчасті живильники, розташовані на конвеєрних стрічках) або за масою (наприклад, через шнекові живильники, з'єднані з конвеєрними вагами).

Для більшості операцій формування кераміки потрібна сировина з заданим вмістом води чи скріплювальної речовини, а добавки, які додаються у малій кількості, як-от пігменти, засоби проти спінення та в'язучі речовини, повинні акуратно дозуватися, а потім рівномірно розподілятися у суміші. У виробництві вогнетривких матеріалів властивості деяких виробів оптимізуються шляхом ретельного змішування кількох фракцій зерен сировини. Відмірювання складових суміші нині часто буває автоматизоване, з комп'ютерним керуванням живильними механізмами, що дає змогу швидко змінювати «склад» для змішування. У деяких випадках, головним чином при виготовленні цегли, глина також змішується з твердими паливними добавками (такими, як дрібний кокс) для скорочення часу випалювання.

#### 2.2.3.2. Змішувачі неперервної дії

Двовалові змішувачі: ці змішувачі широко використовуються у виробництві з важкої глини і складаються з жолоба, на якому встановлені два паралельні вали, які обертаються назустріч один одному. Вали оснащені лопатями та ножами, які забезпечують інтенсивне змішування. Крок лопатей забезпечує рух маси вперед до випускного кінця.

Одновалові змішувачі: ці змішувачі забезпечують м'якше змішування, ніж двовалова версія змішувача, проте добре підходять для розминання глиняних сумішей з водою перед видавлюванням. На кінці змішувача зазвичай встановлений гвинтовий шнек (ущільнювач глини) для стискання підготовленої глиняної суміші.

Бігуни (бігункові змішувачі): робота цих бігунів у режимі розмелювання була описана у розділі 2.2.2.4. У сухій версії бігуна його чаша обертається, а розтирачі (важкі сталеві колеса без приводу) встановлені на нерухомій осі, у той час як у мокрому бігуні чаша нерухома, а розтирачі рухаються по обертальній траєкторії навколо вертикальної осі під дією приводу. За допомогою бігуна можна достатньо добре змішати глиняну суміш, воду та деякі добавки.

Глином'ялки та ударні роторні дробарки: вони також були згадані у розділі 2.2.2.4, і теж виконують дві функції, тобто забезпечують як відмінне змішування, так і роздрібнення.

### 2.2.3.3. Змішувачі порційної дії

Змішувач з Z-подібними лопатями (тістомішалки): існує кілька конструкцій цих машин, проте всі вони працюють за одним і тим же принципом розрізання та змішування. Ці машини зазвичай змішують пластичну сировину, проте також можуть працювати і з сухішими порошками.

Барабанні змішувачі: підходять для змішування порівняно сухих матеріалів з однорідним розміром часток. Завантажений барабан обертається протягом необхідного періоду часу.

Змішувачі з обертовою чашею: ці змішувачі працюють за тим же принципом, що й великі бетономішалки; їх найкраще завантажувати, вносячи в них відміряну кількість окремих компонентів під час обертання чаші. Для ретельного змішування використовуються знімальні ножі, шкребки та відбивачі. Ці змішувачі здатні змішувати зернисту глину з дрібними порошками.

Змішувачі з обертовим валом (блунжери): у цьому різновиді змішувача чаша нерухома, а центральний вал обертається. На валу зазвичай змонтовані лапи, на яких, у свою чергу, встановлені обертові лопаті або ножі, що здійснюють планетарний рух, ковзаючи повз дно чаші, і забезпечують приблизно таку ж ефективність порційного переміщення, як і у змішувача з обертовою чашею.

Змішувальні баки: застосовуються для змішування ряду водних глинистих розчинів, шлікерів та суспензій, що використовуються у керамічній промисловості. Хоча у суміш зазвичай додаються суспендувальні речовини, перемішування часто необхідно продовжувати – у змішувальному баку або ж в окремому баку для зберігання, – поки шлікери і т.п. не будуть використані.

### 2.2.4. Формування/відливання виробів

#### 2.2.4.1. Загальні відомості

Традиційні керамічні вироби завжди формувалися з сировини у пластичному стані, і протягом кількох тисячоліть це робилося вручну. Нині до виробів висуваються все жорсткіші технічні вимоги, що охоплюють такі властивості, як допуск на геометричні розміри, густина, міцність, довговічність і вогнетривкість. У багатьох випадках першорядне значення також має естетичність. Метод формування виробу може докорінно впливати на його кінцеві властивості, і у різних секторах керамічної промисловості виник широкий спектр технологій формування.

#### 2.2.4.2. Пресування

##### 2.2.4.2.1. Механічне пресування

Цей метод досі використовується для виготовлення цегли (наприклад, напівсухе пресування) та вогнетривких виробів. У коробчасті форми завантажуються попередньо визначений об'єм глиняних гранул, і за допомогою поршнів, які приводяться в дію кулачковим приводом з допомогою важких маховиків, до матеріалу прикладається тиск – зазвичай зверху та знизу.

##### 2.2.4.2.2. Гідравлічне пресування

Сучасні гідравлічні преси здатні створювати велике зусилля пресування, мають високу продуктивність, рівномірно пресують і легко регулюються. Нині багато пресів обладнані електронними блоками керування, які здатні перевіряти висоту елементів і автоматично коригувати цикл для забезпечення однакового розміру. Такі преси можна легко відрегулювати відповідно до різноманітних вимог, у тому числі задавати складні програми пресування, як-от програми, що використовуються при формуванні вогнетривких матеріалів складних форм. Гідравлічне пресування широко застосовується у формуванні плитки. При формуванні керамічної плитки вологий порошок (з вмістом води 5-7 %) пресується у мілкі форми, в той час як керамічна черепиця зазвичай формується шляхом пресування «половняків» з пластичної глини, вирізаних із видавленої стрічки.

### 2.2.4.2.3. Ударне пресування

Цей вид пресування передбачає високоенергетичне штампування за допомогою плунжера, який з високою швидкістю ударає по порошку у формі. Ця технологія використовується у виробництві вогнетривких виробів спеціального призначення.

### 2.2.4.2.4. Фрикційне пресування

Фрикційні (шнекові) преси з механічним приводом загалом використовуються для виробництва вогнетривких форм, хоча їм на заміну поступово приходять гідравлічні преси.

### 2.2.4.2.5. Ізостатичне пресування

Деякі високоякісні вироби потребують рівномірного ущільнення, якого можна досягти шляхом прикладання однакового тиску до всіх поверхонь. У ізостатичному пресі гумові або поліуретанові форми заповнюються керамічним порошком і поміщаються у посудину, заповнену рідиною. Далі у посудині створюється високий гідростатичний тиск, і після цього вироби виймаються з форм. Ця технологія використовується у секторах виробництва вогнетривкої та технічної кераміки, а також для виготовлення плитки та столового посуду.

### 2.2.4.3. Видавлювання

Видавлювання широко застосовується у виробництві керамічної цегли та блоків, осклованих керамічних труб та керамічної плитки для підлоги і стінної облицювальної плитки. Цей процес також використовується для виготовлення заготовок «половняка», з якого потім пресується черепиця, вогнетривкі форми, тощо. Для процесу видавлювання потрібна пластична сировина – це зазвичай означає чималий вміст глини. Пластична маса розминається до потрібної консистенції з водою, а потім продавлюється крізь форму преса-екструдера – зазвичай за допомогою потужного шнека. Продавлюванню за допомогою шнека зазвичай передує етап вакуумного видалення повітря, який забезпечує краще ущільнення глиняної стрічки. Зрештою стрічка розрізується на елементи потрібної довжини шляхом продавлювання секцій стрічки через кілька туго натягнутих вертикальних дротів.

Видавлювання добре підходить для неперервного великосерійного виробництва цегли, труб, тощо, і ідеально годиться для виготовлення перфорованих виробів, у тому числі великих легких будівельних блоків.

### 2.2.4.4. Лиття у форму

Це дуже древній метод формування глиняних предметів – найдавніша відома цеглина (необпалена) була виготовлена понад 10000 років тому. У багатьох куточках світу досі регулярно використовуються системи для виробництва цегли-сирцю. Раніше лиття у форми здійснювалося вручну, і для того, щоб розмір і форма виробів були більш рівномірними, були розроблені прості дерев'яні форми. Лиття глиняних виробів у форми потребує набагато менше зусиль та енергії, ніж пресування чи видавлювання, але при цьому суміш повинна бути набагато м'якшою (мокришою) – це означає, що виріб сильніше усідається при висушуванні, і на висушування витрачається більше теплової енергії.

Цегла, відлита у форму за допомогою так званого «мокрого процесу формування», має особливі структурні та естетичні властивості, на які існує великий попит – частково для збереження багатого архітектурного спадку багатьох міст та регіонів Європи. Цегла ручного формування виготовляється й донині і багато коштує, але велика кількість відливої у форми цегли зараз виготовляється механічно на високотехнологічних машинах у Західній Європі. Машини й досі «закидають» окремі грудки глини у підготовлені в піску форми. Лиття виробів у форми використовується в секторі вогнетривків для формування великих виробів (які іноді важать більш ніж одну тунну). Суміш, яка повинна мати точно задану в'язкість, заливається у форму. У цьому випадку, щоб ущільнити суміш і забезпечити повне заповнення форми, використовують вібрацію (яка діє на форму або безпосередньо на суміш за допомогою вібратора з шурником). Цей процес відомий під назвою «вібролиття у форму».

#### 2.2.4.5. Лиття зі шлікеру

Цей процес широко використовується у виробництві сантехніки, столового посуду і декоративних виробів та у виготовленні спеціальних і складних вогнетривких виробів і технічної кераміки. Дрібно розмелений мінерал змішується з водою для утворення шлікеру (стійкої водної суспензії), що заливається у пористу форму, яка традиційно виготовляється з затверділої гіпсової штукатурної суміші. За рахунок капілярного всмоктування рідина витягується з глинистого розчину у форму, і на внутрішній поверхні форми залишається вилінок з високим вмістом твердої фази. Стінка стає все товщою, і з часом, перш ніж виріб буде вибитий з форми, можна отримати (за потреби) повністю тверде тіло.

Сантехнічні вироби порівняно великі і формуються шляхом звичайного лиття зі шлікеру або (більш безпосередньо) в машинах для лиття під тиском.

#### 2.2.4.6. Лиття з розплаву

Ця технологія потребує великих витрат як коштів, так і енергії, тому її використання обмежене виготовленням кераміки спеціального призначення. Вогнетривка цегла зазнає агресивних хімічних та фізичних впливів з боку розплавленого шлаку, клінкеру тощо. Лиття з розплаву полягає у попередньому плавленні вибраної сировини і її заливанні у форми. Отримані в результаті вироби мають велику густину, низьку пористість і дуже міцні міжкристалічні зв'язки з регулярною мікроструктурою. Ці властивості забезпечують покращену стійкість до корозії та ерозії та відмінну механічну міцність за високих температур. Особливістю цього процесу є сильна усадка розплаву оксидів при затвердінні (порядку 15 % об'єму). Щоб виливки не тріскалися, і щоб контролювати процес кристалізації, необхідно застосовувати повільне кероване охолодження.

### 2.2.5. Сушіння керамічних виробів

#### 2.2.5.1. Загальні відомості

Більшість глиняних виробів традиційно висушувалися «природним чином», стоячи на відкритому повітрі за температури навколишнього середовища. У багатьох районах Європи це було можливо лише влітку. У цегляній та черепичній промисловості використовувалися прості сушильні «штабелі», які давали змогу укласти вироби в ряди один над одним під простим легким дерев'яним накриттям, що захищало їх від дощу.

У сучасній керамічній промисловості сушіння необхідно оптимізувати з точки зору швидкості, термічного ККД та малої кількості відходів. За винятком повільних, обережних процесів сушіння, необхідно постійно пильно контролювати швидкість нагрівання, циркуляцію повітря, температуру та вологість. Джерелом тепла для нагрівання сушильного повітря на сьогодні слугують газові пальники та гаряче повітря, регенероване з зони охолодження печей. Тепло для нагрівання сушильного повітря також може отримуватися шляхом комбінованого виробництва тепла та електроенергії або з іншого палива, такого як вугілля, біомаса, біогаз чи нафтовий кокс.

Різні види керамічної сировини мають різну чутливість до сушіння, проте для більшості з них корисно здійснювати попереднє прогрівання в умовах високої вологості (з видаленням невеликої кількості вологи або взагалі без видалення вологи), після якого настає основний етап сушіння, під час якого вироби контактують з гарячішим і сухішим повітрям. Останні кілька відсотків рідини важче видалити – для цього потрібне найгарячіше і найсухіше повітря. Для потреб різних секторів керамічної промисловості, керамічна продукція яких різьчить різницю за характером і розміром, були розроблені різні види сушарок.

#### **2.2.5.2. Череневі сушарки**

Цей простий метод сушіння вийшов із широкого вжитку і не придатний для механізації чи автоматизації. Проте він досі корисний для повільного і обережного сушіння великих і складних керамічних предметів, таких як сантехніка чи деякі вогнетривкі вироби. Деякі види цегли спеціальної форми також сушаться таким чином. Як випливає з назви, сушіння відбувається за рахунок проведення тепла безпосередньо до основи виробів, які контактують з черенем, що підігрівається, і конвекційних течій у повітрі над цим черенем. Поперечний потік повітря мінімальний, і всі поверхні виробу сушаться повільно – це дає змогу уникнути надмірних навантажень на тіло виробу під час сушіння.

#### **2.2.5.3. Камерні сушарки (переривчастої дії)**

Ці сушарки складаються з батареї камер, оснащених вхідними дверцятами, які щільно закриваються, і зазвичай обслуговуються сушильними вагонетками, які рухаються по рейкових коліях. На ці вагонетки завантажуються сушильні піддони або стелажі, які укладені вертикально у штабелі на однаковій відстані один від одного. На сьогодні розроблені повністю автоматичні системи транспортування з подаванням багаторазових стелажів на транспортних вагонетках у сушарку.

На стелажі укладаються керамічні вироби, такі як цегла, блоки, труби та вогнетривкі фасонні вироби, і завантажені сушильні вагонетки транспортуються у камери, які герметично закриваються, коли повністю заповнюються. На сучасних виробництвах весь робочий процес високоавтоматизований. Температура у камері збільшується з керованою швидкістю – безпосередньо, шляхом вдування теплого повітря, або опосередковано, через поверхні теплопередачі. Для підвищення ефективності сушіння використовується рециркуляція повітря. Теплопередача здійснюється головним чином за рахунок конвекції та невеликою мірою за рахунок випромінювання з гарячого повітря та з нагрітих поверхонь. Сушіння здійснюється згідно з конкретними профілями «температура-вологість», що підходять для певного керамічного виробу.

Камерні сушарки особливо корисні у ситуаціях, коли виготовляються різні керамічні предмети; коли у цих предметах високий вміст води; або коли виробництво працює з перервами. Крім того, за необхідності доволі легко побудувати додаткові камери.

#### **2.2.5.4. Тунельні сушарки (неперервної дії)**

По суті, це довгі тунельні конструкції, через які штовхається ряд сушильних вагонеток, завантажених сировою керамічною продукцією. Повітря з високою температурою подається в тунель з випускного кінця і проганяється в бік вхідного кінця одним або кількома вентиляторами. Проходячи через сушарку, потік повітря передає тепло виробам, а вміст вологи у ньому збільшується. У сушарці зазвичай встановлені рециркуляційні вентилятори, які збільшують турбулентність та ефективність сушіння. Довжина тунельної сушарки залежить від потрібної швидкості пропускання виробів та від вмісту води у керамічному матеріалі.

#### **2.2.5.5. Вертикальні «кошикові» сушарки**

Вертикальні сушарки використовуються головним чином у секторі виробництва керамічної плитки: плитка подається у кошики, які складаються з кількох роликів платформ. Групи кошиків рухаються вгору через сушарки, у яких вони контактують з гарячими сушильними газами. Температура у сушарках цього типу зазвичай нижче, ніж 200 °С, а тривалість циклів сушіння варіюється в межах 35-50 хвилин.

#### **2.2.5.6. Горизонтальні багатоплатформові роликові сушарки**



Ці сушарки також широко використовуються виробниками керамічної плитки. Горизонтальні сушарки побудовані за принципом печі з роликівим подом. Окремі плитки подаються на різні платформи у сушарці і транспортуються по горизонталі веденими роликами. Пальники, розташовані з боків сушарки, виробляють гаряче сушильне повітря, яке рухається назустріч потоку виробів.

Максимальна температура в цих сушарках зазвичай вища, ніж у вертикальному варіанті сушарки (близько 350 °С), а цикли сушіння коротші – від 15 до 25 хвилин.

#### **2.2.5.7. Сушарки з видаленням вологи**

Ці сушарки зазвичай сконструйовані як (камерні) агрегати переривчастої дії. Технологія базується на підтриманні рівня вологості повітря у сушильній камері набагато нижче точки насичення, щоб вода продовжувала випаровуватися з виробу без підвищення температури. Для підтримання цього ефекту водяна пара повинна постійно видалятися з камери – цього зазвичай досягають шляхом організації циркуляції повітря через холодильний конденсатор.

Такі сушарки повинні бути дуже добре герметизовані, щоб уникнути потрапляння всередину потенційно вологого навколишнього повітря, і зазвичай обладнані програмованими засобами регулювання вологості для оптимізації сушіння. Обсяг виробництва таких сушарок обмежений, проте вони добре підходять для сушіння керамічних виробів, спеціальних фасонних виробів, тощо. Відходи від цієї технології сушіння складаються лише з рідкої води.

Можливий і інший варіант – подавати насичений пар у тунельну сушарку. У цій тунельній сушарці паром вологість сушильного повітря зменшується у різних ділянках сушарки, забезпечуючи кероване сушіння.

#### **2.2.5.8. Інфрачервоні та мікрохвильові сушарки**

Замість звичайних сушарок у цілому також можна використовувати інфрачервоні та мікрохвильові сушарки. На цю тему, особливо стосовно мікрохвиль, див. розділ 6 «Перспективні технології для керамічного виробництва».

### **2.2.6. Поверхнева обробка та оздоблення керамічних виробів.**

#### **2.2.6.1. Надання фактури поверхні глиняних виробів**

Поверхні глиняних виробів може надаватися певна фактура з функціональних причин, наприклад, з метою протиковзної обробки плитки для підлоги.

Крім того, з естетичних міркувань на глиняні вироби наноситься широкий спектр текстур. На цеглі мокромо формування утворюється привабливий довільний «складчастий» рисунок за рахунок кидання грудок глини у форму, а особливо красива обробка поверхні виходить при ручному формуванні. На екструдовані вироби можна наносити тягнуту текстуру, дряпаючи поверхню глиняної стрічки. Інший варіант технології полягає в тому, щоб видавлювати дещо більший виріб, ніж потрібно, а тоді обрізати його до правильної довжини та ширини за допомогою різального дроту.

Кращу тягнуту текстуру іноді можна отримати, пропустивши етап видалення повітря з глиняної стрічки. За допомогою текстурованих валків на екструдовані вироби можна наносити велике різноманіття текстур.

Пресована цегла зазвичай досить тверда у стані сирцю, тож після її складання у суцільну стрічку на конвеєрній стрічці на цій цеглі наслідуються «русти» або інша текстура за допомогою дискових ножів. Крім того, на неї можна наносити текстуру за допомогою валка – часто після попереднього обприскування водяним туманом для зм'якшення поверхні.

### 2.2.6.2. Лицева обробка, що застосовується

Поверхня цегли мокрого формування покривається піском зсередини ливарних форм, на які попередньо наноситься пісок у якості речовини для полегшення виймання виробу з форми. Вибравши пісок відповідно до естетичних потреб, можна досягти різноманітних текстур та кольорів після обпалювання.

У випадку пресованої або екструдованої цегли, блоків або черепиці на тичкову та ложкову поверхню матеріалу можна нанести пісок або інші зернисті матеріали за допомогою пневматичних пістолетів. У багатьох випадках до піску можна додати пігменти, щоб урізноманітнити естетичне оздоблення виробів.

### 2.2.6.3. Глазурування, ангобування та інші оздоблювальні технології

Глазурована цегла займає невелику спеціалізовану нішу ринку. Глазурування найбільш поширене у виробництві керамічної стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, сантехніки і столового посуду, а крім того, на цьому ринку наразі зростає частка черепиці. Ангобування застосовується головним чином у виробництві керамічної черепиці та керамічної стінної облицювальної плитки і плитки для підлоги.

Дрібно розмелені компоненти глазури – головним чином фрити у випадку керамічної плитки – готуються у вигляді водних суспензій. В'язкість та характеристики суспензії регулюються відповідно до методу нанесення – це може бути розпилювання, нанесення глазури поливанням, сухе глазурування або оздоблення. У процесі глазурування висушена сира керамічна продукція у більшості вищезгаданих секторів – за винятком сантехніки – доводиться до твердого стану шляхом бісквітного обпалювання, а тоді, залежно від застосованих компонентів глазури, покривається склоподібним плавким, гладким, закритим прозорим або тьмяним шаром глазури.

Ангоб зазвичай наноситься після процесу висушування; у деяких випадках вироби ангобуються навіть у сирому або обпаленому стані. У процесі ангобування на видиму або на всю поверхню виробу шляхом занурення або поливання наноситься дрібно розмелений, непрозорий світлий або кольоровий шар керамічної маси.

Одним із способів оздоблення плитки є трафаретний друк, перевагою якого є простота нанесення на глазурувальних лініях. Технологія полягає у друкуванні заданого рисунку за допомогою одної або кількох трафаретних сіток (натягнутої тканини з заданими чарунками сітки). Поверхня сітки маскується, і друкарське чорнило проникає лише в отвори рисунків, які потрібно відтворити. Гумовий валик продавлює чорнило через ці отвори, і таким чином друкує рисунок на плитці.

До інших технологій оздоблення належить технологія глибокого друку та просторовий флексографічний друк. У цих технологіях рисунок переноситься безпосередньо на один або кілька валиків. Чорнило з цих валиків переноситься на плитку. Ця технологія дає змогу друкувати на краях плитки або на рельєфній плитці. Крім того, у наші дні розвивається струменевий друк. У випадку столового посуду також часто застосовується ручне розфарбовування або ковзні орнаменти.

### 2.2.7. Випалювання

#### 2.2.7.1. Мета випалювання

Випалювання – це ключовий процес виготовлення керамічної продукції, оскільки від нього залежить багато важливих властивостей готового виробу. До них належать механічна міцність, стійкість до стирання, незмінність розмірів, стійкість до впливу води та хімічних речовин і вогнетривкість.

#### 2.2.7.2. Фізико-хімічні зміни під час випалювання



Сировина, що використовується у керамічних масах, зазвичай є складною сумішню глинистих мінералів з іншими мінеральними речовинами, такими як кварц, польові шпати, карбонати, гіпс, оксиди заліза та іноді органічні речовини. Вогнетривкі вироби також виготовляються з широкого асортименту неглинистих матеріалів з додаванням спеціальних добавок та в'язучих речовин (серед яких можуть зустрічатися деякі глини). Коли керамічні вироби на основі глини випалюються в печі, усі залишки вологи відводяться за температур від 100 до 200 °С. Якщо у виробі присутні органічні речовини та пірити, окислення відбувається за температур приблизно від 300 до 500 °С. Вода, зв'язана зі структурою глинистих мінералів («кристалічна вода»), зазвичай вивільняється за температур від 500 до 650 °С, у той час як карбонати, такі як кальцит і доломіт, розчиняються з вивільненням вуглекислого газу у діапазоні температур від 750 до 950 °С.

До найважливіших змін, пов'язаних з появою керамічних властивостей, належить руйнування гратчастої структури початкових глинистих матеріалів та наступне формування нових кристалічних сполук і склоподібних фаз. Температура, за якої настає склування (утворення скла), різниться залежно від мінералогічного складу глини. Склування зазвичай починається за температури 900 °С і завершується приблизно за 1050 °С (для багатьох цегельних глин) або приблизно за 1100 °С у випадку більш вогнетривких шамотних глин.

На етапі склування під час випалювання кераміки до складу маси, яка випалюється, приєднуються багато які неглинисті мінерали, як-от кварц, оксиди або залізо, сполуки вапняку та луги (оксиди натрію та калію). Відбувається деяке спікання і формування твердого розчину, і на поверхні розділу мінеральних зерен та розплавлених фаз протікають евтектичні реакції.

Властивості неглинистих виробів, як-от деякі вогнетривкі вироби, також залежать від етапів спікання, склування або перекристалізації, проте у більшості випадків для досягнення бажаних властивостей потрібні набагато вищі температури. На наступному рисунку показані діапазони промислових температур твердіння для різних груп виробів [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

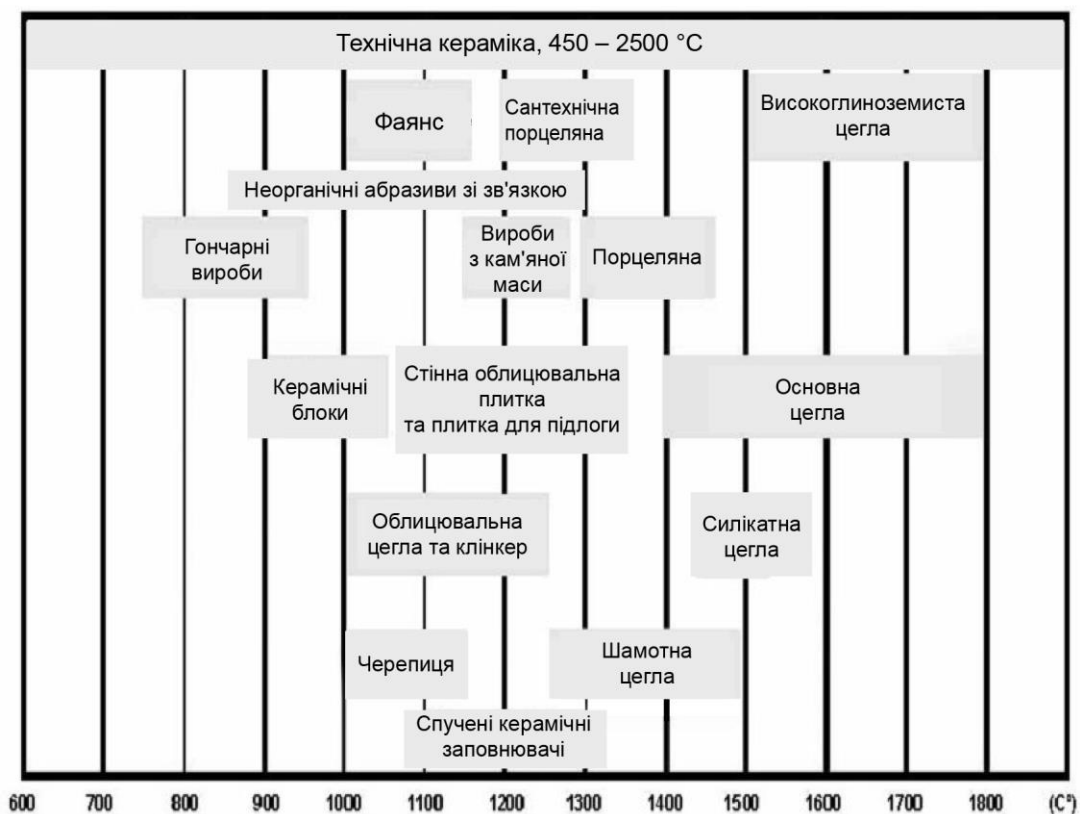


Рисунок 2.1. Діапазони промислових температур твердіння для різних груп виробів

Температури, необхідні для процесу випалювання, створюються головним чином шляхом спалювання природного газу та мазуту. У деяких випадках для генерування тепла також використовуються тверді палива, біогаз/біомаса та електроенергія.

### 2.2.7.3. Печі переривчастої (періодичної) дії

До цих печей належать печі з висувним подом та ковпаків печі, що складаються з однієї камери, у яку завантажуються попередньо висушені керамічні вироби (у ковпаків печі ковпак, обладнаний нагрівальним пристроєм, встановлюється на дно піднімальним пристроєм; у печах з висувним подом вироби, які потрібно випалити, ввозяться у зону поду човниковою вагонеткою), потім камера герметизується, і в ній здійснюється заданий цикл випалювання. У печах зазвичай використовуються газові пальники, за допомогою яких зручно керувати температурою та атмосферою в печі (окисною чи відновлювальною).

Для нагрівання печей переривчастої дії також може використовуватися електроенергія – наприклад, у виробництві технічної кераміки. До спеціальних типів печей для технічної кераміки належать, наприклад, печі гарячого ізостатичного пресування (ГІП), високотемпературні печі та печі з захисним газовим середовищем.

Печі переривчастої дії використовуються головним чином для дрібносерійного виготовлення виробів спеціального призначення, таких як цегла спеціальної форми та фітинги для труб, фітинги для черепиці, вогнетривкі вироби тощо. Вони забезпечують гнучкість процесу у тих випадках, коли склад керамічної маси часто змінюється, і ці переваги компенсують їх дещо меншу енергоефективність. На рисунках нижче зображений переріз печі з висувним подом [4, УВА, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

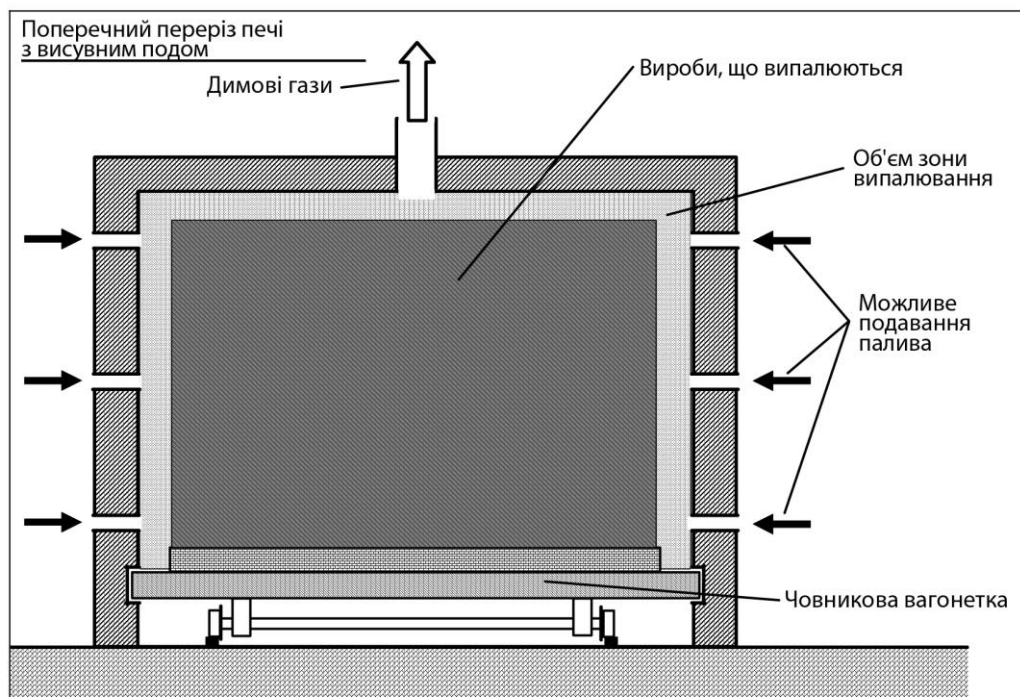


Рисунок 2.2. Переріз печі з висувним подом

### 2.2.7.4. Печі неперервної дії

#### 2.2.7.4.1. Камерні печі (печі Гофмана)

Ці печі складаються з кількох сполучених камер, які послідовно заповнюються сухою продукцією (наприклад, цеглою), герметизуються, у них здійснюється квазінеперервне випалювання, і гарячі гази відводяться з однієї камери в іншу. Ця з'єднувальна система з димоходами та отворами між камерами також дає змогу підігрівати вироби та охолоджувати

димові гази, а отже, забезпечує кращу енергоефективність та менші витрати у порівнянні з печами переривчастої дії. На сьогодні такі печі опалюються переважно газом, проте зрідка в них зверху подається нафта або вугілля. Вони використовуються головним чином для виготовлення виробів спеціального призначення – наприклад, спеціальної кольорової цегли.

#### 2.2.7.4.2. Тунельні печі

По суті, це вогнетривкі тунелі, що обслуговуються пічними вагонетками, які рухаються по рейкових коліях. На вагонетках встановлені вогнетривкі платформи, на які поміщаються висушені вироби з заданим постійним рисунком розташування. Вагонетки штовхаються через печі через задані проміжки часу назустріч потоку повітря, який створюється вентилятором (вентиляторами) і рухається до витяжного повітропроводу поблизу зони входу вагонеток. На сьогодні більшість тунельних печей опалюються газом з максимальною температурою у зоні випалювання біля центру печі. Вироби, що входять у піч, підігріваються гарячими газами, які виходять із зони випалювання, а вхідне повітря охолоджує випалені вироби і саме підігрівається для своєї участі у спалюванні палива. Певна частка цього повітря зазвичай відводиться з зони охолодження до сусідніх сушарок, даючи змогу суттєво заощадити паливо.

Камера випалювання та пічні вагонетки зазвичай герметизуються пісковим затвором, щоб у них не потрапляло вторинне повітря. У найсучасніших конструкціях печей для герметизації використовується водяний затвор або інші вдосконалені механічні рішення. Мета цих процедур – скоротити час випалювання і зменшити споживання енергії, зробивши камеру випалювання газонепроникною.

На Рисунку 2.3 та Рисунку 2.4 зображений план компонування та перерізу тунельної печі [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

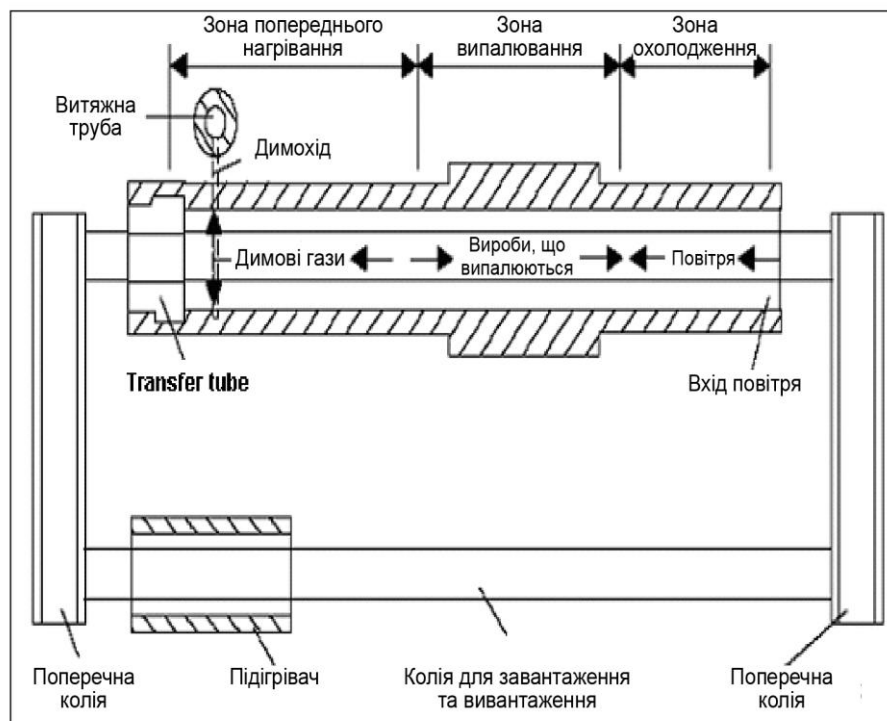


Рисунок 2.3. Схема тунельної печі

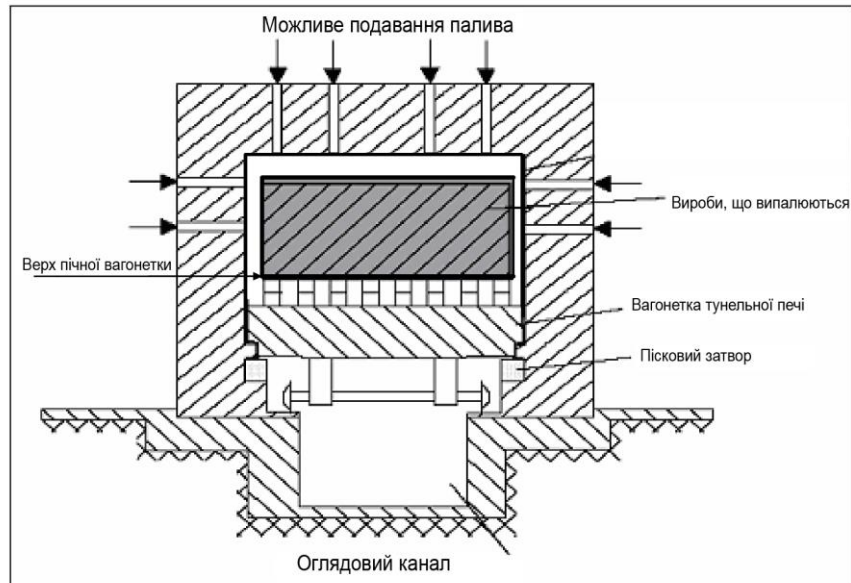


Рисунок 2.4. Поперечний переріз тунельної печі з вагонеткою тунельної печі

2.2.7.4.3. Печі з роликівим подом

Одноплатформові печі з роликівим подом на сьогодні майже повсюдно використовуються у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, а графіки випалювання в них скоротилися до менш ніж 40 хвилин. Плитка рухається через ведені ролики, а тепло, необхідне для випалювання, створюється газоповітряними пальниками, що працюють на природному газі, розташованими з боків печі. Основними механізмами теплопередачі є конвекція та випромінювання, і, оскільки ці печі не муфельні, коефіцієнти теплопередачі в них зростають, зменшуючи тривалість циклу випалювання та споживання енергії. Печі з роликівим подом також іноді використовуються для виробництва керамічної черепиці, осклованих керамічних труб, сантехніки та столового посуду. На рисунку нижче зображений переріз печі з роликівим подом [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

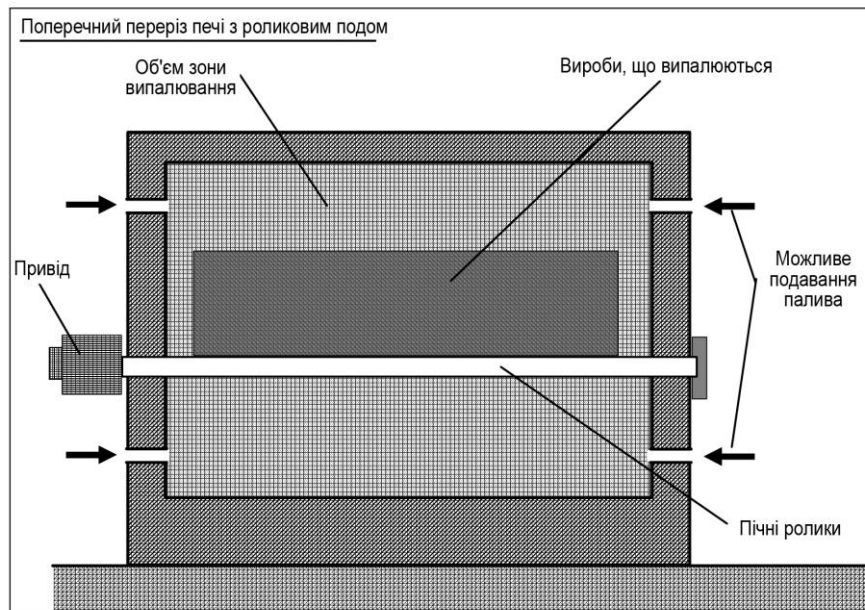


Рисунок 2.5. Переріз печі з роликівим подом



#### 2.2.7.4.4 Тунельні малогабаритні печі з викочуваним подом

Ці печі також забезпечують швидке випалювання і працюють приблизно за тим же принципом, що й печі з роликівим подом. Проте вироби у цьому випадку розміщуються на вогнетривких «візках», які рухаються на колесах по коліях за межами робочого простору печі. У тунельну малогабаритну піч з викочуваним подом можна завантажувати вироби більш нестандартних форм та розмірів, у той час як піч з роликівим подом може працювати лише з виробами правильної форми.

#### 2.2.7.5. Випалювання у наземних печах

У дрібносерійному виробництві традиційної будівельної цегли досі використовується випалювання у наземних печах. З висушеної цегла, що містить тверду паливну добавку (наприклад, дрібний кокс), будуються великі, щільні прямокутні конструкції на фундаменті з випаленої цегли під назвою «наземні печі». У шарах основи залишають димоходи з шарами коксу для підпалювання. Зрештою, наземна піч обкладається випаленою цеглою таким чином, що її зовнішні стінки нахилені всередину для стійкості.

Після підпалювання полум'я повільно розгорається за рахунок згорання палива всередині цегли. Випалювання у наземній печі займає кілька тижнів включно з часом, потрібним для охолодження. Після цього наземна піч розбирається вручну, і цегла сортується на визначені сорти.

#### 2.2.7.6. Обертові печі

Обертова піч має форму довгого циліндра, зазвичай похилого, і повільно обертається навколо осі. Піч опалюється пальником, розташованим в осьовому напрямку у її нижньому кінці. Обертові печі використовуються для виробництва спучених керамічних заповнювачів.

Обертові печі також можна використовувати для обпалювання шамотної глини та обпалювання до повного спікання доломіту чи магнезиту. У даному документі не розглядаються ці процеси обпалювання сировини на попередніх стадіях виробництва, проте корисна інформація про «обпалені до повного спікання оксиди» та «обпалений шамот, пігменти та заповнювачі» наведена у Довідковому документі з НДТМ для виробництва цементу та вапна, де описане обпалювання доломіту; у Довідковому документі з НДТМ для утилізації хвостів та відвалів у гірничодобувній діяльності, де описана обробка каоліну; у ескізному Довідковому документі з НДТМ для великосерійної неорганічно-хімічної промисловості (виробництва твердих та інших речовин), де описане виробництво оксиду магнію, та в ескізному Довідковому документі з НДТМ для неорганічних хімічних речовин спеціального призначення, де описане виробництво неорганічних пігментів спеціального призначення.

#### 2.2.7.7. Псевдозріджені шари

Псевдозріджений шар – це шар із твердих часток, який підтримується в газі у стані суспензії, а отже, поводить себе радше як рідина. Порошок, який потрібно перетворити у псевдозріджений стан, кладеться на пористу основу, наприклад, у жолоб зі спеціального керамічного матеріалу, через який знизу під тиском подається газ (зазвичай повітря). Цей принцип використовується як метод транспортування порошків уздовж злегка нахиленого пористого керамічного жолоба. Порошок може одночасно сушитися та/або обпалюватися.

#### 2.2.7.8. Регенерація тепла на етапі охолодження

Охолодження випаленої керамічної продукції прискорюється, коли це можливо, шляхом організації примусової циркуляції повітря через вироби невдовзі після проходження зони

випалювання. У результаті утворюються значні об'єми чистого гарячого повітря, велика частка якого відводиться з печі вентилятором і використовується для сушіння. Цей метод регенерації тепла особливо ефективний у тунельних печах.

### **2.2.8. Заклучна обробка (чистова обробка виробу)**

#### **2.2.8.1. Механічна обробка (шліфування, свердління, пиляння)**

Операції механічної обробки можуть бути необхідні для виготовлення керамічних виробів, кінцеву форму чи допуски на розміри яких неможливо забезпечити в принципі чи з достатньою точністю під час первинної обробки (особливо у випадку великих фасонних виробів чи блоків).

##### **2.2.8.1.1. Шліфування з охолодженням**

Шліфування з охолодженням використовується для чистової обробки виробів, розміри яких необхідно витримати з мінімальним допуском. Шліфування – це процес серійного виробництва, у якому кілька заготовок закріплені на столі, який рухається у поперечному напрямку під алмазною обробною голівкою. Поверхня постільних граней будівельної цегли чи блоків іноді згладжується шляхом шліфування з охолодженням, щоб їх можна було зв'язувати тонкими шарами «клею».

##### **2.2.8.1.2. Сухе шліфування**

Сухе шліфування постільних граней керамічних блоків за допомогою шліфувальних систем з алмазним кругом застосовується як заключна обробка, яка дає змогу зв'язувати вироби тонким шаром цементного розчину. У випадку сухого шліфування весь шліфувальний пристрій оточений оболонкою.

##### **2.2.8.1.3. Свердління**

Керамічні вироби, особливо вогнетривкі вироби, можуть потребувати свердління, якщо потрібний «отвір» неможливо сформувати з необхідною точністю у ході операцій пресування та випалювання.

##### **2.2.8.1.4. Пиляння**

Ця операція чистової обробки використовується, коли кінцеву форму керамічної цеглини, особливо вогнетривкої цеглини, неможливо ефективно утворити на етапі пресування. У цьому випадку пресуються і випалюються цеглини більшого розміру, ніж потрібно, які потім обпилюються до потрібних розмірів.

Облицовальна цегла може пилятися при виготовленні спеціальних фасонних «різаних і клеєних» виробів. Практично у всіх операціях механічної обробки використовується система водяного охолодження з замкненим контуром, яка забезпечує змащування і змиває змочені частки з робочих поверхонь – і водночас зменшує викиди пилу.

#### **2.2.8.2. Полірування**

У деяких ситуаціях, особливо у випадку роботи з порцеляновою плиткою, випалена поверхня полірується для отримання блискучої неглазурованої однорідної плитки.

### 2.2.8.3. Збагачення вуглецем (вогнетривкі вироби)

Вогнетривкі вироби повинні працювати в надзвичайно агресивних робочих середовищах, і у деяких випадках застосування випалену продукцію необхідно просочити нафтовою смолою. Наявність вуглецю у кінцевому виробі дає кілька переваг:

- вуглець діє як мастило – це корисно для робочих поверхонь пластин шибєрних засувок;
- порівняно висока теплопровідність вуглецю збільшує стійкість виробу до теплового удару;
- вуглець діє як заповнювач пор, що зменшує проникність виробу, а це, в свою чергу, збільшує стійкість виробу до проникнення в нього шлаку та металу.

Просочування смолою – це серійний процес, який зазвичай здійснюється у трьох вертикальних циліндричних посудинах з шарнірними кришками. Вироби, які потрібно обробити, завантажуються у металеві кошики, які поміщаються у посудини. У першій посудині продукція нагрівається до ~ 200 °С за рахунок циркуляції гарячого потоку повітря, потім кошик і його вміст передається у другу посудину (яка називається автоклавом), оснащену нагрівальною сорочкою для підтримання температури. Після цього автоклав герметизується, з нього відкачується повітря, і заливається рідка смола (яка береться з резервуарів для зберігання матеріалів наливом, у яких підтримується температура близько 180-200 °С). Просочування здійснюється шляхом скидання вакууму з наступним подаванням азоту під підвищеним тиском. Після зливання смоли кошик та його вміст передаються у третю посудину для охолодження до температури, нижчої за ту, за якої можуть утворюватися леткі компоненти смоли.

Нарешті, необхідно видалити велику частку летких компонентів смоли, інакше ті будуть несприятливо впливати на робоче середовище, коли вогнетривкі вироби будуть введені в експлуатацію. Зазвичай це робиться шляхом передавання просочених виробів у сушильну шафу, де вони проходять заданий цикл нагрівання. Витяжний вентилятор сушильної шафи відводить леткі сполуки в термічний окислювач (піч для допалювання), у якій підтримується температура понад 800 °С, з часом витримки принаймні 0,5 секунди. Ці умови забезпечують повне окиснення всіх летких компонентів смоли (складних вуглеводнів).

Вироби, які пройшли описану вище обробку, виявляються вкриті легкими, крихкими вуглецевими відкладами, які необхідно видалити перед пакуванням або подальшою обробкою. Це зазвичай здійснюється шляхом короткочасного обдування виробів на обдувному столі.

### 2.2.8.4. Обробка облицювальної цегли в поворотному барабані

Деякі види облицювальної цегли обробляються під давнину шляхом пропускання через похилий обертовий барабан, футерований гумою. Гострі кути стираються, і обриси цегли стають м'якшими. У деяких випадках додаються бризки карбонату кальцію (вапняної муки), сажі або пігменту для імітації вигляду реставрованої цегли, яка має визнане архітектурне значення.



### 2.2.9. Додавання допоміжних матеріалів

#### 2.2.9.1. Матеріали для ущільнення стиків (труби)

Оскільки більшість труб встановлюються під землею у якості стічних, каналізаційних труб, тощо, необхідно забезпечити їх надійне сполучення. У галузі розроблені пластикові муфти та ущільнення, які не деформуються.

#### 2.2.9.2. Силікони / водовідштовхувальні речовини

Випалені керамічні вироби можуть мати дуже різні значення пористості, і для покращення їх непроникності та для запобігання росту органіки і вицвітання на них іноді розпилюють або їх занурюють у силіконові розчини. Ця технологія особливо часто використовується у виробництві черепиці.

#### 2.2.9.3. Ізоляційні матеріали

У деякі великі порожнисті керамічні блоки або блоки з легких заповнювачів (LWA) вставляються ізоляційні матеріали – наприклад, полістирол або мінеральна вата, – для покращення їх теплоізоляційних властивостей.

#### 2.2.9.4. Прикріплення карток і пластин (вогнетривка цегла)

Для полегшення встановлення вогнетривких виробів та наварювання футеровки печі або горна до однієї або кількох поверхонь випалених цеглин можуть приклеюватися товсті картки або металеві пластини. Картка відіграє роль компенсаційного шва, вигораючи в міру того, як піч/горно нагрівається до робочої температури. Металеві пластини плавляться за подібних умов, зв'язуючи сусідні цеглини.

#### 2.2.9.5. Клейкі речовини

Стійкі клейкі речовини (зазвичай на основі епоксидної смоли) використовуються для складання «різаних і клеєних» спеціальних форм фітингів для черепиці, керамічної цегли або блоків.

#### 2.2.9.6. Остаточне складання

Виготовлення деяких виробів завершується кроком остаточного складання – наприклад, монтажу металевих фланців на високовольтних ізоляторах для їх фіксації у втулках, трансформаторах або інших місцях застосування.

### 2.2.10. Сортування, пакування та зберігання

Сортування і пакування можуть і досі виконуватися вручну, як у випадку з деякими типами керамічної цегли, черепиці та фасонних вогнетривких виробів, а також столового посуду і декоративних виробів. Проте за останні роки завдяки суворому контролю випалювання кількість розбитих виробів значно зменшилася, тому спостерігається тенденція до використання автоматичних систем. Навіть колір тепер можна вимірювати за допомогою приладів, а це важливо у випадку керамічної плитки. Вийнята з печі садка керамічної цегли та блоків, у якій спостерігається дуже мало відходів, механічним шляхом об'єднується у пакети, готові до загортання в термоусадну плівку – клієнт допускає можливість 1-2 % бракованих виробів.

Керамічні вироби правильної форми, такі як цегла, блоки, труби та вогнетривкі вироби, зазвичай обв'язуються у пакети стандартного розміру, які потім часто загортаються у поліетилен і можуть укладатися на піддони.

Керамічні вироби верхнього цінового діапазону, такі як столовий посуд та декоративні вироби, потребують ретельного контролю та сортування, а потім запаковуються у високотехнологічну

захисну упаковку. Неформовані вогнетривкі вироби, навпаки, зазвичай просто відважуються в мішки, а тоді укладаються на піддони. Для зберігання також використовуються сталеві барабани.

Окремі керамічні плитки дещо крихкі, проте коли плитка щільно упакована в картонні коробки, вона виявляється на диво міцною при вантажних операціях та транспортуванні.

Товари з важкої глини, які виготовляються великими серіями, часто зберігаються надворі, проте вироби, запаковані в мішки або коробки, як-от деякі чутливі до вологи вогнетривкі вироби, потрібно зберігати на складі.

#### **2.2.11. Обладнання для постачання та утилізації (очищення відпрацьованих газів та очищення технологічних стічних вод)**

Важливим обладнанням для постачання та утилізації на заводах, що виготовляють керамічні вироби, є пиловловлювальні пристрої та пристрої очищення пічних димових газів, установки очищення технологічних стічних вод і склади палива. Залежно від викидів пилу, пиловловлювальні установки можуть бути виконані у вигляді центральних або місцевих відцентрових пресепараторів, волокнистих тканинних фільтрів, мокрих сепараторів або електростатичних фільтрів. Залежно від типу викидів, у керамічній промисловості використовуються установки подальшого очищення димових газів: наприклад, скрубери та сухі поглинальні установки, а також термічні та каталітичні допалювачі. Ці установки розташовані головним чином біля основного джерела викидів, тобто печі.

Технологічні стічні води, що утворюються у результаті виробництва керамічної продукції, містять головним чином мінеральні компоненти. Установки очищення технологічних стічних вод часто будуються у вигляді басейнів-відстійників. Осаджування неорганічних мінеральних компонентів можна прискорити шляхом використання флокулянтів та коагулянтів.

Конструкція складу палива залежить від характеристик палива, що використовується. Вугілля у вигляді шматків зберігається у системах зберігання під відкритим небом та під складськими навісами, а вугільний пил зберігається в силосах. Зріджений вуглеводневий газ зберігається у спеціальних резервуарах під тиском. Мазут зберігається в баках, у яких важкий мазут повинен нагріватися, щоб його можна було перекачувати насосом. Природний газ подається по постачальній мережі газової компанії. Додаткова корисна інформація щодо зберігання палив наведена у Довідковому документі з НДТМ для складів (ESB).

Залежно від особливостей обробки, необхідно передбачити інші живильні установки, такі як установки з виробництва форм. Ці установки виготовляють гіпсові форми, які використовуються у великих кількостях, наприклад, у виробництві черепиці.

#### **2.2.12. Переробка у керамічній промисловості**

У більшості секторів цієї галузі уламки, обрізки, некондиційні вироби та інші подібні матеріали переробляються шляхом повернення на етап підготовки сировини. Низькоякісна випалена продукція також може перероблятися на самих фабриках – зазвичай після дроблення і просіювання для отримання зернистих «шамотних черепків». Цей матеріал непластичний і має ряд переваг: наприклад, при додаванні контрольованої частки такого матеріалу до глиняних мас їх проникність збільшується, а отже, їх легше сушити, і вони менше усідаються. Навіть якщо перероблені «випалені технологічні втрати» не підходять для процесу, у якому вони були отримані, вони можуть згодитися для іншого процесу керамічного виробництва.

Використана вогнетривка продукція, видалена при заміні футеровки печі, може бути забруднена шлаками, солями, склом або металом, які можуть погіршувати вогнетривкі властивості будь-якої маси, до якої вони додаються. Аналогічним чином, інші різноманітні забруднені матеріали (наприклад, отримані з глазурі матеріали, забруднені важкими металами) також можуть бути непридатними для переробки. Гіпсові форми, ресурс яких вичерпався, – це ще одна технологічна втрата, яку не можна повторно використати, проте у деяких випадках їх можна використати як сировину у цементній промисловості.

Однак в інших ситуаціях – особливо у випадку облицювальної цегли та керамічної черепиці – відновлення і повторне використання широко розповсюджені, і вживана цегла користується великим попитом. У кам'яних спорудах по всій Європі досі можна знайти багато римської цегли. Слід зазначити, що деякі види цегли або черепиці з зернистої або дрібно розмеленої сировини підходять для випалених виробів з подібним розміром фракції в інших секторах керамічної промисловості. Крім того, дроблені і відсортовані «технологічні втрати керамічного виробництва» застосовуються як частковий заповнювач бетону для будівництва або як заповнювач асфальту для будівництва доріг.

### **2.2.13. Загальна технологічна схема з зображенням різних маршрутів обробки**

На наступному рисунку узагальнено опис різних технологічних процесів і показані різні можливі маршрути у виробництві керамічної продукції [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

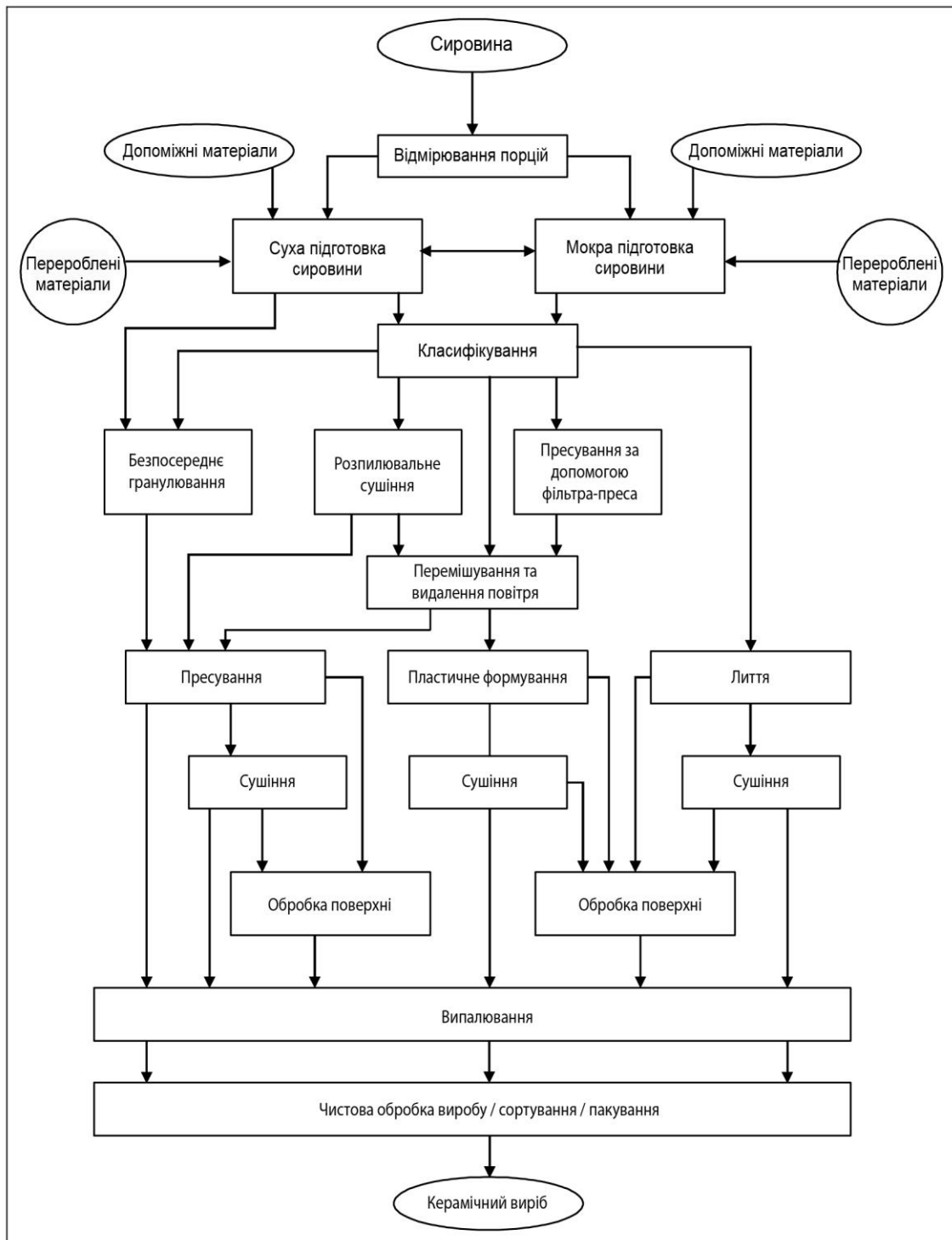


Рисунок 2.6. Загальна технологічна схема з зображенням різних маршрутів обробки

## 2.3. Опис технологій виготовлення керамічних виробів за секторами

### 2.3.1. Цегла та черепиця

Як на цегляних, так і на черепичних заводах виробництва цегли на черепиці проходить через етапи видобування сировини у шахті/кар'єрі (цей вид діяльності не розглядається у даному документі), зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, випалювання та заключна обробка. Спеціальні вимоги до поверхні та кольору виробів полягають в обробці поверхні шляхом глазурування, ангобування чи профілювання. На наступному рисунку у якості прикладу зображена схема виробництва пресованої черепиці [4, UBA, 2001].



Рисунок 2.7. Схема виробництва пресованої черепиці

На наступному рисунку у якості прикладу зображена схема виробництва кладкової цегли [20, CERAME-UNIE, 2004].



Рисунок 2.8. Схема підготовки екструдованої цегли при виробництві кладкової цегли

### 2.3.1.1. Сировини

Глини, що використовуються у європейській керамічній промисловості для виготовлення цегли та черепиці, різьче різняться за геологічною будовою, оскільки вони охоплюються широким стратиграфічним діапазоном від кембрійського періоду до нашого часу. Більшість глин, що використовуються для виготовлення цегли та черепиці, осадові за походженням і відклалися у різноманітних умовах осадонакопичення: це можуть бути морські, алювіальні, річкові та льодовиково-річкові відклади. Різноманіття умов відкладення порід впливає на мінералогічний та хімічний склад глини. Мінералогічний та хімічний склад глин, що використовуються у керамічній промисловості, дуже різняться у різних країнах Європи. Крім того, у межах однієї країни можуть зустрічатися різноманітні види глини. У наступній таблиці наведений діапазон хімічного та мінералогічного складу глиняних сировин, що використовуються в цегляній та черепичній промисловості у різних країнах Європи [20, CERAME-UNIE, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



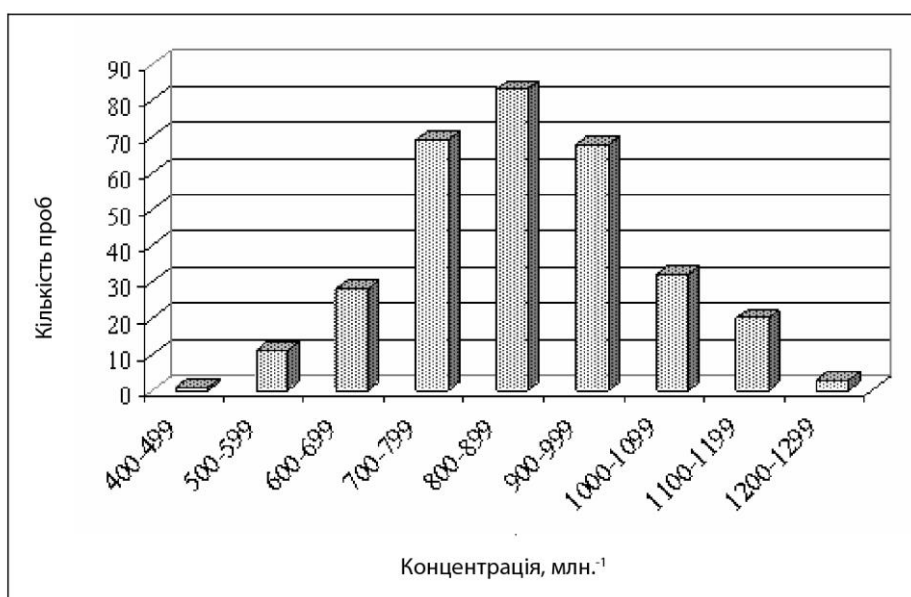
Країна	Австрія		Франція		Нідерланди		Угорщина		Італія		Греція		Данія		Бельгія		Велика Британія		Швейцарія		Німеччина		Європейський діапазон в 11 країнах		
	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Мін.	Макс.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	
Хімічний склад (ваговий %)																									
S	0,00	1,30	0,00	0,50	<0,01	1,50	0,01	0,75	0,01	0,62			0,03	0,70	0,01	2,05	0,01	2,00	<0,01	0,50	0,01	2,00	0,00	2,05	
F	0,05	0,10	0,00	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10	0,04	0,13			0,03	0,08	0,02	0,07	0,02	0,09	0,00	0,08	0,03	0,16	0,00	0,16	
CO <sub>2</sub>			0,0	14,0	<0,01	10,0							0,0	16,0	0,2	3,6									
SiO <sub>2</sub>	50,3	70,8	35,0	80,0	53,2	80,6	42,2	63,0	33,1	74,4	6,85	75,42	49,5	66,3	62,6	74,0	40,5	74,5	35,0	77,0	50,0	70,0	33,05	80,60	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	9,6	18,8					8,6	17,6																	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			8,0	30,0	7,3	18,1			8,1	21,0	5,85	20,22	11,7	17,9	5,5	14	9,0	24,5	7,0	29,0	7,0	20,0	5,47	30,0	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,2	8,2	2,0	10,0	2,0	8,4	2,9	7,6	2,7	7,6	2,19	39,03	4,8	7,2	2,8	4,3	3,9	11,5	2,4	10,0	1,0	8,0	1,00	11,50	
MgO	0,2	3,6	0,0	5,0	0,5	2,7	1,4	4,5	0,7	7,2	0,24	12,90	1,3	2,5	0,9	1,5	0,2	6,6	<1	5,2	0,5	3,0	0,00	7,21	
CaO	0,6	15,0	0,0	18,0	0,0	8,7	2,1	15,2	0,2	26,0	0,91	25,20	0,3	12,9	0,3	5,6	0,2	17,5	3,0	23,0	0,5	15,0	0,00	26,00	
Na <sub>2</sub> O	0,4	1,7	0,1	1,5	0,2	1,0	0,2	1,2	0,2	14,1	0,37	3,06	0,8	0,8	0,4	1,0	0,2	0,6	0,2	1,5	0,3	1,2	0,10	14,13	
K <sub>2</sub> O	1,7	3,0	0,1	4,5	1,3	2,3	0,6	1,3	1,4	4,3	0,11	3,19	2,9	2,9	1,5	3,0	1,6	5,9	1,0	2,7	1,0	4,0	0,10	5,90	
TiO <sub>2</sub>			0,3	2,0	0,5	1,3			0,5	1,1	0,20	1,22	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6	1,6	0,3	1,5	0,5	2,0	0,30	2,00	
CaCO <sub>3</sub>											1,63	45,00													
MgCO <sub>3</sub>											0,50	31,00													
MnO											0,01	0,15													
Мінералогічний склад (%)																									
Кварц	21	49	0	70	39,5	71	16	32	16	54			35	50	34	65	10	55	13	55	15	60	0,00	71,00	
Польовий шпат	5	15	рідко зустрічається		1	12	3	14	1	24			10	20	10	15	0	25	<1	33	1	25	0,00	33,00	
Кальцит	<2	26	0	30			0	14	1	41			<1	25	0	8	0	17	<1	37	1	25	0,00	41,00	
Кальцит + доломіт			рідко зустрічається		0	20,5	0	24																	
Пірит	<2	<2			<0,01	2,8	0	2					0		0	2	0	7	0	0,7	0	2	0,00	7,00	
Каолініт	<3	10	невелика кількість		5	21,5	2	13	1	26			5	15	1	5	0	40	5	26	3	40	0,00	40,00	
Іліт	25	60	переважає кількість (%)		7	20	4	21	5	42			10	20	3	15	0	40	2	40	10	50	0,00	60,00	
Монт-моріллоніт	2	25	невелика кількість		3	29,5	3	18	2	34			5	20	5	43	0	10			10	50	0,00	50,00	
Вермикуліт			немає		7	20	2	4									0	15	2	16	-	-	0,00	20,00	

Таблиця 2.1. Діапазони хімічного та мінералогічного складу різних видів глиняної сировини, що використовуються в цегляній та черепичній промисловості у різних країнах Європи

На властивості глини впливають гранулометричний склад, присутність інших мінералів, розміри та частка різних фракцій.

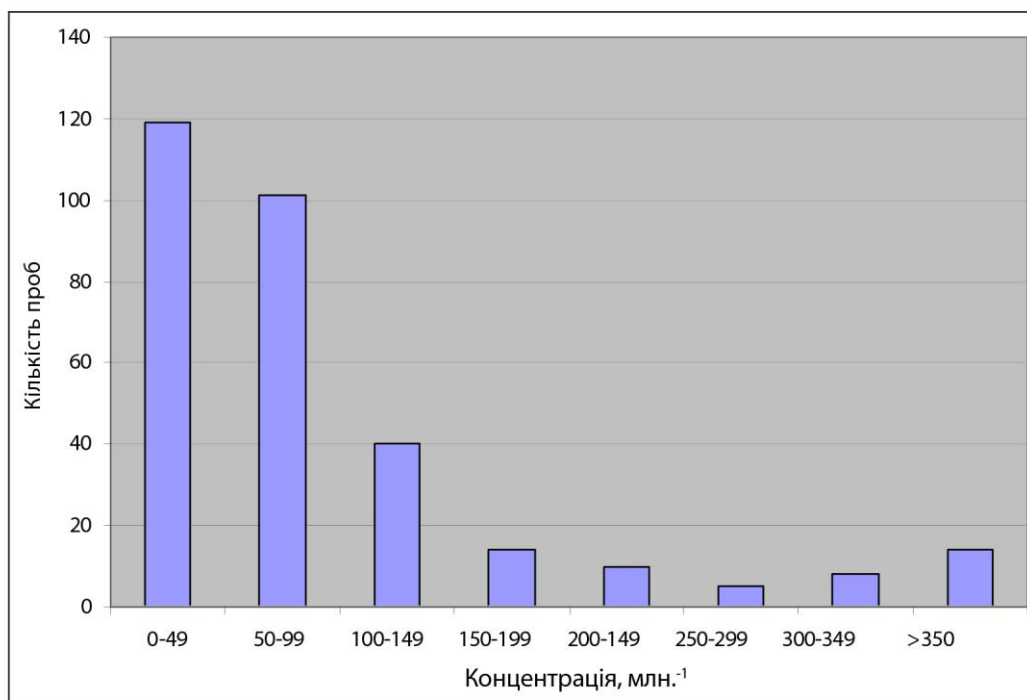
З огляду на велике розмаїття складу сировини, властивості керамічних виробів та газові викиди під час випалювання також значно різняться. Кожна з цих глин або їх суміші використовуються для виробництва черепиці, облицювальної цегли та екструдованих блоків. Більшість заводів мають власний глиняний кар'єр, який визначає технології виробництва на конкретному об'єкті, що використовуються для виготовлення різних типів виробів.

Було проведено аналіз вмісту фтору і сірки, оскільки вони впливають на викиди під час випалювання, як викладено у розділі 3.3.1.1 щодо даних про викиди. Вміст фторидів, присутніх у структурі глинистих матеріалів, сягає  $1600 \text{ млн}^{-1}$  по всій Європі і суттєво різняться у кожній країні. У якості прикладу на наступному рисунку показано нормальний частотний розподіл вмісту фторидів у 312 зразках глини, яка походить з усіх географічних областей Італії [3, CERAME-UNIE, 2003].



**Рисунок 2.9. Розподіл вмісту фторидів у італійських глинах**

Більшість глин містять сліди хлору. На наступному рисунку показаний приклад розподілу вмісту хлору в італійських глинах [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]



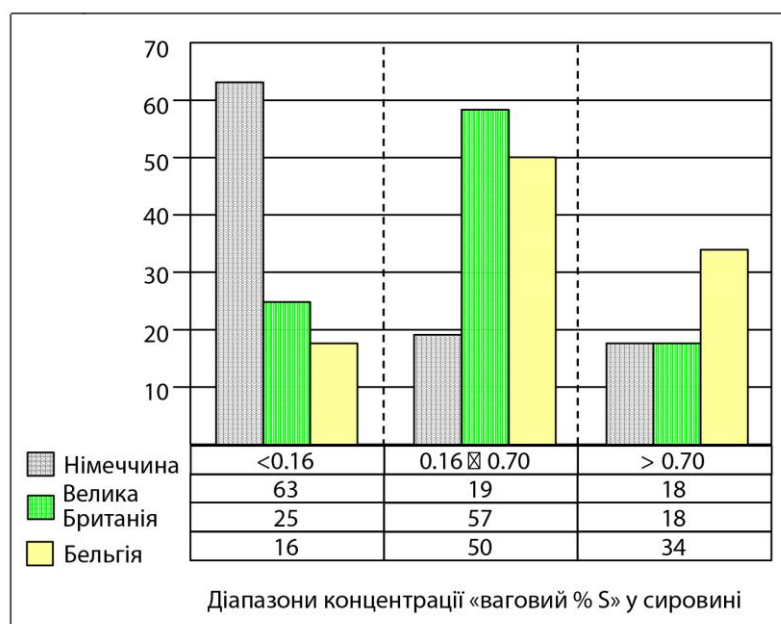
**Рисунок 2.10. Розподіл вмісту хлору в італійських глинах**

Вміст сірки у сировинах, що використовуються, суттєво різняться не лише між різними європейськими країнами, а й у межах однієї країни, а це призводить до суттєвої різниці у технологічних викидах. Сірка зустрічається в сировині переважно у вигляді сульфідів (піриту). Згідно з італійським дослідженням, вміст сірки підпорядковується логнормальному розподілу, як показано на наступному рисунку [3, CERAME-UNIE, 2003].



**Рисунок 2.11. Розподіл вмісту сірки в італійських глинах**

Значно різняться не лише абсолютні величини вмісту сірки, а й розподіл вмісту сірки. Це чітко видно на прикладі глин, що використовуються у Німеччині, Великій Британії та Бельгії, як показано на наступному рисунку. Понад 80 % німецьких глин містять сірку у кількостях, які загалом вважаються низькими та середніми, в той час як у Бельгії та Великій Британії понад 75 % глини – це глина з середнім та високим вмістом сірки [3, CERAME-UNIE, 2003].



**Рисунок 2.12. Вміст сірки у глинах**

Ще один важливий матеріал, вміст якого також суттєво різниться, – це оксид кальцію (CaO), переважно присутній у вигляді кальциту та/або у мінеральній структурі глини. Присутність CaCO<sub>3</sub> діє як «розпушувач» внаслідок декарбонізації під час випалювання. Присутність CaO також впливає на викиди HCl, SO<sub>x</sub> та фторидів внаслідок утворення CaSO<sub>4</sub> та CaF<sub>2</sub>. Проте концентрація фторидів, SO<sub>x</sub> та HCl у димових газах не обов'язково пов'язана з рівнем CaO у сировині, і також залежить від температури випалювання та присутності водяної пари у процесі випалювання [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

У якості пластифікаторів для глинистої сировини використовуються органічні сполуки, фосфати та сода. У якості пороутворювачів потрібно використовувати спінений полістирол, паперові в'язучі речовини, тирсу та неорганічні матеріали, такі як діатоміт або перліт. Ангоб, що використовується для обробки поверхні, часто виготовляється з білопаленої глини, флюсів та фарбувальних оксидів. Глазур складається з шихти (наприклад, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кварцова мука, крейда, MgCO<sub>3</sub>), флюсів, глини та фарбувальних оксидів або фрит.

Сировина зберігається під відкритим небом або під складськими навісами, у великих живильниках з дозуванням за об'ємом, розминальних силосах, витримувальних та вилежувальних установках або силосах для сухих матеріалів. У більшості випадків цегельні заводи знаходяться на невеликій відстані від кар'єрів, де видобувається сировина.

### 2.3.1.2. Підготовка сировини

У виробництві плитки та блоків застосовується суха підготовка та напівмокра підготовка. Метод підготовки вибирається залежно від наявних матеріалів, характеристик якості готового виробу, методу формування та рентабельності.

Суха підготовка застосовується головним чином у випадках, коли використовується суха сировина з низькою пластичністю, або коли передбачене виготовлення високоякісних виробів. Мета сухої підготовки – зменшити розмір часток у молоткових або підвісних валкових млинах і одночасно висушити частки до вмісту води приблизно від трьох до шести відсотків. На цьому етапі технологічного процесу також додаються необхідні дробарки – наприклад, до глини може бути додане гашене вапно (від 3,3 до 0,6 %) для регулювання та фіксації вмісту води і для підтримання хорошої пластичності, щоб глиняну стрічку було легше різати у процесі типу «видавлювання». Сухій підготовці надають перевагу у виробництві цегли підвищеної міцності чи облицювальної цегли, оскільки сировина для облицювальної цегли, така як сланцева глина, характеризується низьким вмістом вологи у шурфі, а тому особливо добре підходить для цього методу підготовки.

Другий метод підготовки у виробництві цегли та черепиці – це напівмокрый метод підготовки. Відмірювання пропорцій здійснюється великими живильниками з дозуванням за об'ємом. Живильники з дозуванням за об'ємом дають змогу завантажувати насипом і відмірювати пропорції кількох видів сировини. У багатьох випадках на кінці живильника до порції додається вода для змішування, поки вміст води не досягне приблизно 20 %. У результаті покровокого дроблення твердих матеріалів утворюється матеріал з максимальним розміром частки менше 1,8 мм. Розмір часток для тонких виробів, таких як черепиця, становить від 0,5 до 0,8 мм. Залежно від характеристик сировини, для цього використовуються дробарки для глини, ножові дробарки, двохвалкові дробарки чи мокрі бігуни. Пісок іноді може підготовлюватися і додаватися окремо; для цього використовуються цоккові дробарки, ударні дробарки, вертикальні ударні дробарки та сита. У деяких випадках пісок і глина зберігаються окремо і змішуються перед самим формуванням.

Суміщені процеси змішування та замішування забезпечують гомогенізацію маси для отримання хорошої пластичності. Для цього застосовуються глином'ялки, двовалові змішувачі, ситові місильні машини та змішувачі з фільтрами. У виробництві цегли з низькою теплопровідністю до сировини додаються органічні та неорганічні пороутворювачі для досягнення великого об'єму пор. На цьому кроці технологічного процесу маса набирає остаточний вміст води, потрібний для формування – від 20 до 22 %. Гаряча вода або гарячий пар сприяє розчиненню та розпушуванню дрібних часток у процесі перемішування.

Підготовлені маси зберігаються у великих живильниках з дозуванням за об'ємом, розминальних силосах, витримувальних та вилежувальних установках для подальшої гомогенізації.

### 2.3.1.3. Формування

Залежно від виду маси, вмісту води та бажаного виробу, застосовуються різні методи формування, такі як пресування, видавлювання та мокре лиття у форми (див. розділи 2.2.4.2, 2.2.4.3 та 2.2.4.4).

На практиці напівмокра підготовлена сировина формується переважно у пресах. Маса пресується під тиском від 0,6 до 1,5 МПа в екструдерах з вакуумною камерою або без неї. У прес-формі маса набуває форми стрічки. Стрічка ріжеться на окремі заготовки дротовим різакром. Це типовий метод обробки у виробництві будівельної цегли та екструдованої черепиці.

При виготовленні пресованої черепиці спочатку формуються так звані брикети або грудки. Після цього брикети набувають потрібної геометричної форми в іншому пресі. Для цього використовуються механічні та гідравлічні револьверні преси, преси-наковальні, вертлюжні балансирні преси та преси з поворотним столом. Найбільш поширені одно- або багатоформові револьверні преси. У револьверних пресах використовується барабан у формі п'яти-, шести- або восьмикутної призми, який обертається з перервами, і на кожному боці якого розташована нижня прес-форма. Щоразу, коли барабан зупиняється, вертикальний плунжер, на якому змонтована верхня форма, опускається у нижню форму, що знаходиться безпосередньо під ним, і пресує грудку глини, надаючи їй потрібної форми. Після цього виріб поміщається на спеціальний візок. Використовуються різні типи відкритих форм – наприклад, гіпсові форми, змащувані чавунні форми, форми з гумовими вкладками або металеві форми з вулканізованими гумовими вкладками.

Видима поверхня черепиці частково ангобується або покривається глазур'ю. Звичайна цегла та облицювальна цегла обробляється шляхом профілювання, обдирання, чищення щіткою або шліфування піском для створення текстури поверхні.

#### 2.3.1.4. Сушіння, глазурування та ангобування

Залежно від об'єму роботи, ступеня механізації та чутливості маси у процесах сушіння (див. розділ 2.2.5) використовуються різні типи сушарок. У виробництві цегли зазвичай використовуються камерні та тунельні сушарки. У виробництві черепиці також використовуються камерні сушарки та тунельні сушарки. У тунельних сушарках та сушарках швидкого сушіння тривалість сушіння цегли складає від менш ніж 8 до 72 годин за температури приблизно 75-90 °С. Сушарки швидкого сушіння працюють з набагато коротшим циклом – менш ніж 8 годин для блоків і до 72 годин для деяких видів облицювальної цегли. У камерних сушарках сушіння цегли триває до 40 годин за температури приблизно 90 °С [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Черепиця сушиться у тунельних сушарках чи камерних сушарках за температури 60-90 °С протягом 12-48 годин. Вміст води у виробі перед процесом випалювання у тунельній печі менший, ніж три відсотки. Сушарки опалюються головним чином надлишковим теплом, що надходить від печі та, у деяких випадках, пальниками на природному газі чи мазуті або шляхом комбінованого виробництва тепла та електроенергії.

Черепиця та облицювальна цегла іноді глазурується та ангобується по видимій поверхні або по всій поверхні для отримання спеціальних кольорів або для збільшення щільності виробу. Глазур та ангоб наносяться на виріб після процесу сушіння. У деяких випадках глазурування та ангобування виконуються після процесу формування. Ангоб – це суміш глини, флюсів, заповнювального матеріалу та пігментів. Великі кількості ангобу найзручніше наносити на виріб шляхом розпилювання.

До ангобу додаються органічні в'язучі речовини для кращого зв'язку між рідким ангобом і поверхнею, що обробляється. Глазур – це суміш шихти, флюсу, глини та фарбувальних оксидів, які спікаються у склоподібну масу. Глазур зазвичай наноситься шляхом розпилювання у розпилювальній камері.

#### 2.3.1.5. Випалювання

У наш час цегла та черепиця випалюються у тунельних печах, головним чином в окисній атмосфері. На етапі остаточного випалювання за потреби можна передбачити період відновлення для створення спеціальних кольорових ефектів. Протягом періоду відновлення паливо подається в бідну на кисень атмосферу. Завдяки цьому сировина, що використовується, створює потрібні кольорові ефекти на цегляних виробі.

Продукція, яку потрібно обпалити, проходить через піч на кількох пічних вагонетках. Сира цегла кладеться безпосередньо на вагонетку тунельної печі, а сира черепиця складається у касети (Н-подібні або U-подібні) для випалювання у класичній тунельній печі. Садка касет вибирається залежно від конкретного виробу, щоб гарантувати оптимальний потік гарячих пічних газів навколо виробу, і відповідно забезпечити хороший результат випалювання. Вироби, які потрібно випалити, нагріваються до температури твердіння у діапазоні від 800 до 1300 °С.

Після спливання часу, необхідного для утворення виробу, що складає від двох до п'яти годин за температури твердіння, продукція охолоджується згідно з планом до 50 °С.

Випалювання черепиці у тунельних печах триває від 10 до 40 годин, цегли для вимошування бруківки – від 45 до 60 годин, а керамічних блоків – від 17 до 25 годин. Температура димових газів залежить від точки роси (а отже, від складу) димового газу: наприклад, для глини з високим вмістом сірки точка роси буде вищою, а температура димових газів буде більшою. У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів класичних тунельних печей [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [27, VDI (Асоціація німецьких інженерів), 2004], [21, Алмейда, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



Тунельні печі	Одиниця вимірювання	Облицювальна цегла та керамічна бруківка	Керамічні блоки	Керамічні блоки з поздовжніми отворами	Черепиця
Продуктивність	т/год.	1 – 15	3 – 15	3 – 15	3 – 6
Довжина печі	м	35 – 160	60 – 120	60 – 120	80 – 140
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,3 – 6,0	4 – 12	4 – 12	4 – 10
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	650 – 1500	350 – 500	250 – 750	200 – 400
Температура випалювання	°С	1000 – 1300	900 – 1050	950 – 1050	1000 – 1150
Питома енергоємність (сушіння + випалювання)	кДж/кг	1600 – 3000	1000 – 2500 <sup>*)</sup>	1000 – 2500	1600 – 3500
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	5000 – 20000	10000 – 50000	10000 – 50000	10000 – 40000
Температура димових газів	°С	100 – 230	100 – 300	100 – 150	170 – 200

<sup>\*)</sup> Включно з тепловмістом пороутворювача

Таблиця 2.2. Експлуатаційні параметри тунельних печей

Альтернативою класичній технології випалювання в тунельних печах є метод швидкого випалювання у печах з роликівим подом. Впровадження випалювання на плоскому одноплатформовому черені для виробництва черепиці призвело до скорочення часу випалювання і зменшення масової частки пічної арматури відносно маси виробу, який випалюється. У деяких випадках цей метод дає змогу частково зменшити споживання енергії у процесі випалювання.

У методі швидкого випалювання використовуються невеликі пічні установки – на противагу великим класичним тунельним печам. Невеликі установки дають змогу гнучкіше адаптувати параметри випалювання до конкретного виробу. Щільність садки у печах швидкого випалювання може бути меншою, ніж 100 кг/м<sup>3</sup>. У наступній таблиці наведені деякі параметри класичних тунельних печей і методів швидкого випалювання у випадку випалювання черепиці [4, UBA, 2001].

Тип печі	Масова частка: пічна арматура / виріб, що випалюється	Час випалювання (год.)
Класична тунельна піч	6:1	~50
Прецизійна піч	3:1	~10
Одноплатформова піч	1:1	~2
Піч з роликівим подом	від 0:1 до 2:1	від 3 до 8

Таблиця 2.3. Порівняння класичних тунельних печей та методів прискореного випалювання (для черепиці)

Застосовність методу швидкого випалювання для виробництва цегли та черепиці суттєво залежить від питомої поверхні виробу і можливості перфузії гарячими димовими газами. За допомогою методу швидкого випалювання можна виготовляти не лише черепицю, а й керамічні блоки, як-от стільникову цеглу. У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів тунельних печей швидкого випалювання [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Тунельні печі швидкого випалювання	Одиниця вимірюв	Керамічні блоки	Облицювальна цегла	Пресована черепиця
Продуктивність	т/год.	16,60 –	2,1 – 5,4	1,9 – 5,4
Довжина печі	м	130	90 – 120	80 – 125
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	до 17,6	до 3,5	до 3,3
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	н/д	н/д	н/д
Температура випалювання	°С	1000	1000 – 1080	1020 – 1150
Час випалювання	год.	2,5 – 3,5	4 – 5	3 – 4
Питома енергоємність (сушіння + випалювання)	кДж/кг	1250 – 3500	1590 – 4500	2930 – 4605

**Таблиця 2.4. Експлуатаційні параметри тунельних печей прискореного випалювання**

Для виробництва продукції спеціального призначення, як-от сформована вручну і пофарбована у спеціальні кольори облицювальна цегла, також використовуються печі Гофмана. Вони складаються з кількох сполучених камер, які послідовно заповнюються висушеною цеглою, герметизуються, у них здійснюється квазінеперервне випалювання, і гарячі гази відводяться з однієї камери в іншу. Ця з'єднувальна система з димоходами та отворами між камерами також дає змогу підігрівати вироби та охолоджувати димові гази. Один цикл випалювання зазвичай займає від трьох днів до двох тижнів, а щільність садки у сполучених камерах перевищує 300 кг/м<sup>3</sup>. На сьогодні ці печі зазвичай опалюються газом, проте зрідка в них зверху подається нафта або вугілля – це дає змогу виготовляти цеглу з ефектом старіння [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Для виготовлення спеціалізованої черепиці, цегли або фітінгів (зазвичай невеликими партіями) можуть використовуватися печі переривчастої дії. Такі печі працюють з перервами, випалювання в них триває від 20 до 45 годин, температури випалювання становлять від 1000 до 1100 °С, а питома енергоємність – від 500 до 900 кДж/кг [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Класичні тунельні печі опалюються переважно природним газом або мазутом, а печі швидкого випалювання опалюються природним газом. У деяких випадках також використовується вугілля, як було згадано вище, нафтовий кокс і торф.

### 2.3.1.6. Заключна обробка

Залежно від результату процесу випалювання, вироби автоматично або вручну сортуються під час розвантаження печі або вагонетки тунельної печі. Такі вироби, як калібрована цегла, обробляються на шліфувальних станках.

Керамічна облицювальна глина, керамічна черепиця та фітінги іноді обробляються гідрофільними чи гідрофобними речовинами (наприклад, виконується силіконізація або ланолізація) для зміни поведінки їх поверхні при змочуванні водою.

Черепиця пакується і укладається на піддони для транспортування у транспортний контейнер. Між кожним шаром плитки кладеться шар паперу, картону чи фанери, а заповнені піддони запресовуються або загортаються у щільну термоусадну плівку. Вироби вантажаться за допомогою вилових навантажувачів, пересувних та порталних кранів.

### 2.3.1.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві цегли та черепиці

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесі виготовлення цегли та черепиці показані на наступному рисунку [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

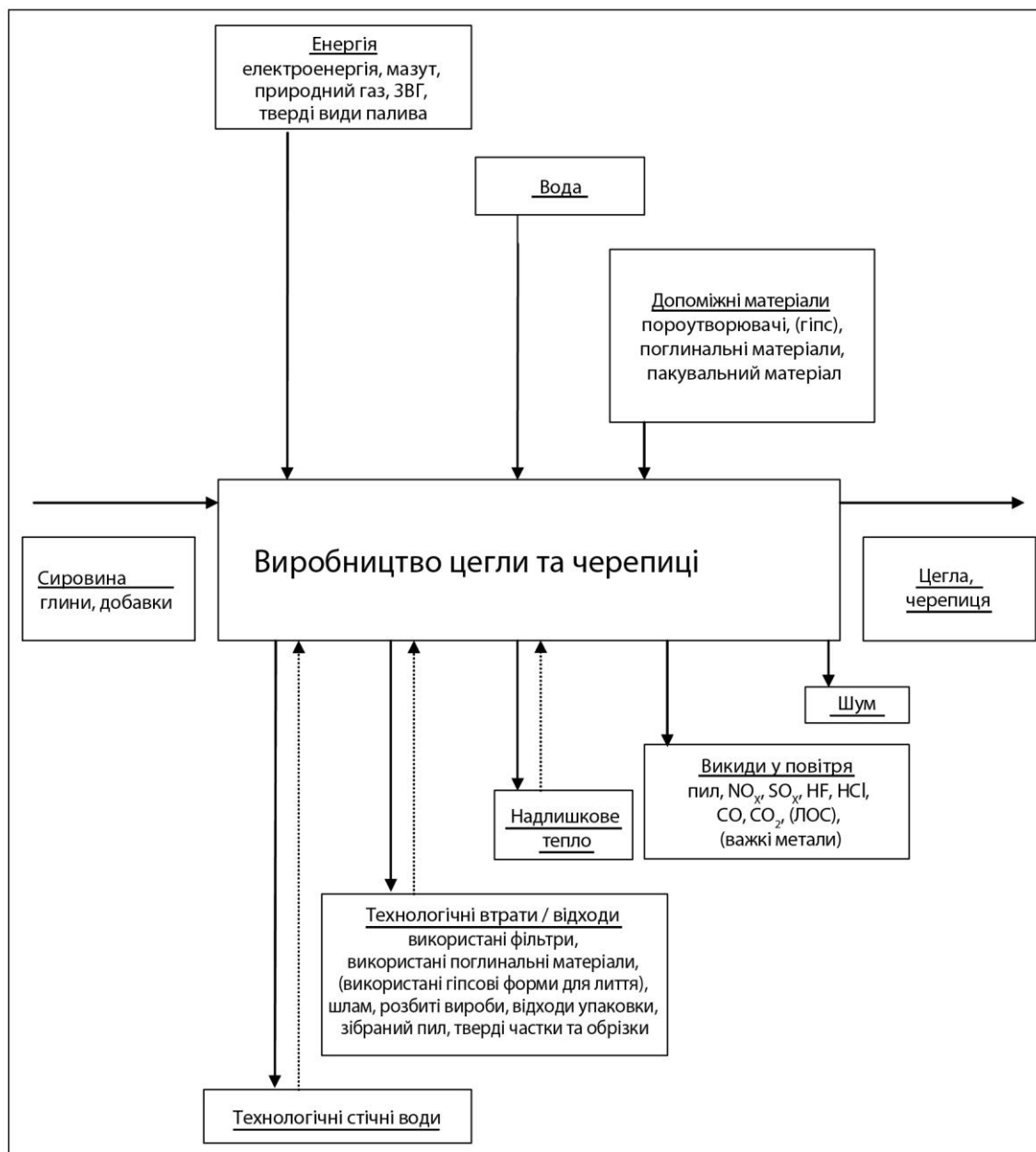


Рисунок 2.13. Вхідні та вихідні потоки при виробництві цегли та черепиці

### 2.3.2. Оскловані керамічні труби

Процес виготовлення осклованих керамічних труб складається з таких кроків: зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, глазурування, випалювання та заключна обробка. На наступному рисунку зображена схема виробництва осклованих керамічних труб [4, UBA, 2001].

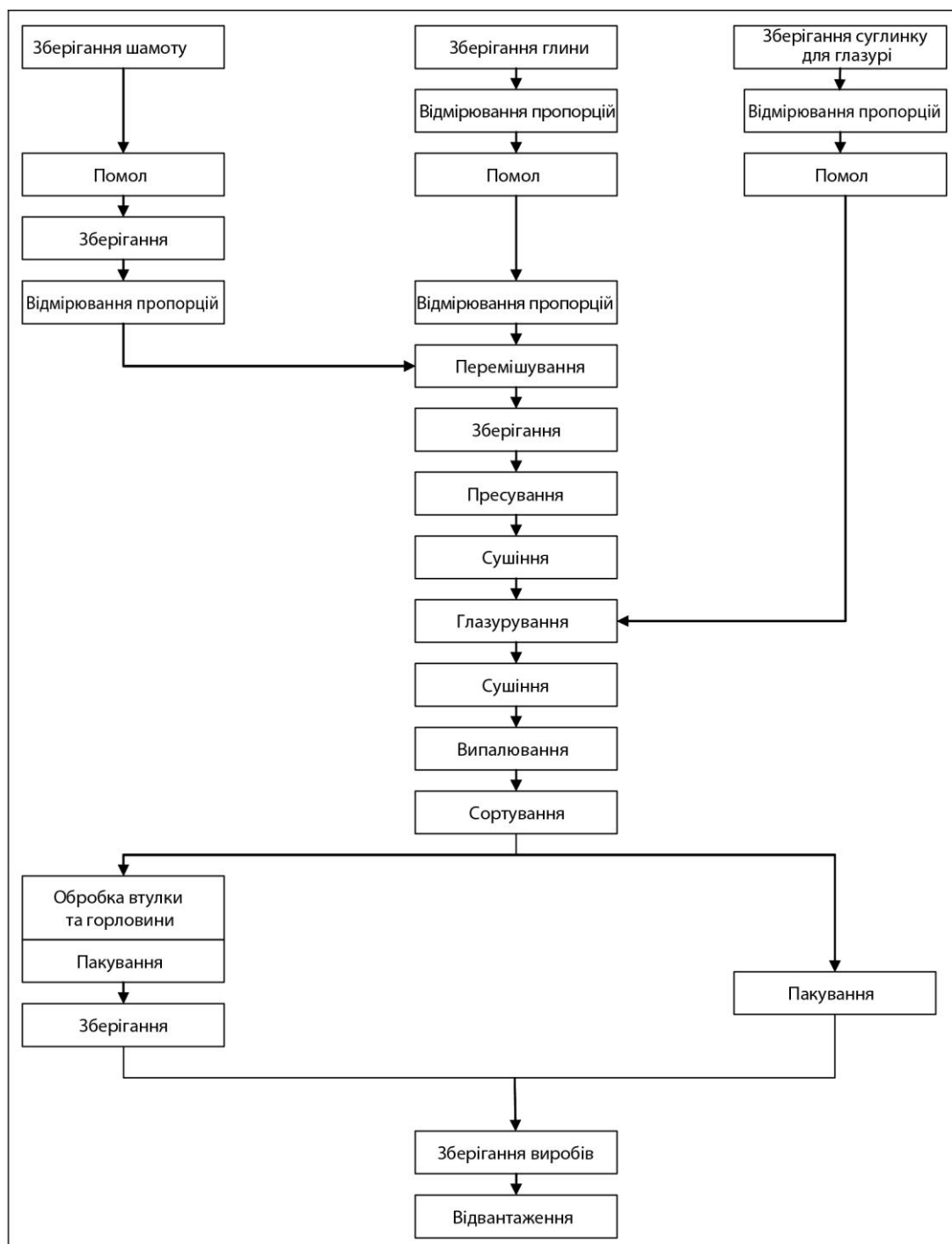


Рисунок 2.14. Схема виробництва осклованих керамічних труб

### 2.3.2.1. Сировини

У якості сировини для виготовлення осклованих керамічних труб використовуються глина, шамот та глазур. Глазур складається з суміші суглинку, глини, крейди, доломіту, кварцу та оксидів металів. Шамотна сировина, яка складається переважно з повторно використаного матеріалу, що залишився від іншого процесу виробництва кераміки, та суглинку для глазурі, зберігається під дахом. Залежно від процесу підготовки, глиняні компоненти зберігаються під відкритим небом або у боксах.

У Таблиці 2.5 та Таблиці 2.6 наведені діапазони мінералогічного та хімічного складу глини, що використовується у виробництві осклованих глиняних труб [3, CERAME-UNIE, 2003].

Параметр (масовий %)	Бель- гія	Німеч- чина	Італія	Нідер- ланди	Велика Британія
Кварц мін. макс.	24 45	8 25	35 50	40 50	21 33
Польовий шпат мін. макс.	11 18	1 4	1 24	0 0	0 0
Каолініт мін. макс.	24 32	30 60	5 20	20 25	8 20
Іліт мін. макс.	16 37	10 40	12 30	20 25	40 56
Монтморилоніт мін. макс.	0 8	2 10	0,5 1	0 0	0 0

Таблиця 2.5. Мінералогічний склад глини, що використовується у виробництві осклованих керамічних труб

Параметр (масовий %)	Бель- гія	Німеч- чина	Італія	Нідер- ланди	Велика Британія
S мін. макс.	0,02 0,05	0,0 0,2	0,01 0,62	0,01 0,05	0,01 0,10
F мін. макс.	0,03 0,05	0,02 0,06	0,04 0,13	0,02 0,04	0,02 0,05
CO <sub>2</sub> мін. макс.	0,1 0,3			0,05 0,25	0,50 1,50
SiO <sub>2</sub> мін. макс.	60 81	55 70	60 75	65 72	55 63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> мін. макс.	15 27	20 35	15 23	18 23	17 22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> мін. макс.	1,0 7,4	1,0 10	5,0 7,0	1,5 4,5	6,0 8,0
MgO мін. макс.	0,2 1,0	0,0 1,5	0,7 1,5	0,5 1,4	1,7 2,2
CaO мін. макс.		0,0 0,8		0,2 0,5	0,3 0,6
Na <sub>2</sub> O мін. макс.	0,1 0,3	0,0 0,4	3,0 7,0	0,1 0,6	0,3 1,1
K <sub>2</sub> O мін. макс.	1,0 2,6	1,0 4,0	1,0 3,0	1,8 2,6	2,8 3,9
TiO <sub>2</sub> мін. макс.	1,3 1,8	1,0 2,5	0,5 1,0	0,7 1,3	0,9 1,0

Таблиця 2.6. Хімічний склад глини, що використовується у виробництві осклованих керамічних труб

### 2.3.2.2. Підготовка сировини

Для підготовки глини використовуються різні процеси – наприклад, шлікерний процес. Глина у потрібних кількостях подається у процес підготовки коробчастими живильниками. Дрібне розмелювання здійснюється за допомогою різних типів дробарок – наприклад, барабанних млинів вологого помолу та валкових млинів. Барабанні млини вологого помолу також використовуються для дрібного розмелювання суглинкових компонентів глазурі. Компоненти розмелюються до дрібності помолу 0,06 мм. Після цього грубіші частки видаляються шляхом просіювання. Дрібні компоненти зважуються у воді і зберігаються у змішувальних баках.

Сирий шамот дробиться і розмелюється у щоккових дробарках, конічних дробарках, ударних дробарках або кульових млинах. Фракція з максимальним розміром часток 2,5 мм відсіюється і зберігається. Шамот використовується у якості розпушувача і надає масі необхідну міцність та стійкість під час випалювання. Глиняні і шамотні фракції подаються у змішувальну установку з дозуванням за вагою на конвеєрній стрічці з вагами для шамоту, або з дозуванням за об'ємом коробчастими живильниками, стрічковими живильниками чи обертовими живильниками.

У змішувальній установці компоненти змішуються і змочуються водою до приблизної вологості пресування з вмістом води від 15 до 20 %. До маси, призначеної для пресування, за потреби додаються органічні та неорганічні речовини для полегшення пресування та пластифікатори. Підготовлена волога маса зберігається і гомогенізується у великих живильниках з дозуванням за об'ємом, силосах для глини, під складськими навісами або у витримувальних та вилежувальних установках з належною механізацією.

### 2.3.2.3. Формування

Сирі керамічні труби формуються у горизонтальних та вертикальних вакуум-пресах. Маса, яку потрібно запресувати, стискається у деаераційній камері екструдера, де з неї видаляється повітря; після цього формується труба та її втулка і горловина. Далі втулка і горловина труби очищаються.

З сирими трубними масами працюють спеціальні прилади, такі як роботи з вакуумним зчепленням. Роботи кладуть сирий виріб на сушильні вагонетки. Особливостями процесу формування керамічних труб є жорсткість маси, яка пресується, різні діаметри труб та екструдер періодичної дії.

### 2.3.2.4. Сушіння та глазурування

Безрозривне сушіння сирої продукції здійснюється у камерних або тунельних сушарках за температур до 100 °С до залишкової вологості близько двох відсотків. Сушіння фітінгів триває від 70 до 100 годин, а сушіння труб – від 30 годин (для невеликих труб) до дев'яти днів (для великих труб). Щоб труби не деформувалися внаслідок нерівномірної усадки, необхідно забезпечити контроль клімату (температури, вологості).

Відповідні захоплювальні та утримувальні роботи занурюють сирий виріб у бак з глазур'ю, щоб покрити масу суглинковою глазур'ю; глазурування також може здійснюватися шляхом розпилення. У процесі випалювання глазур зливається з поверхнею виробу, огортає його і вкриває його гладкою поверхнею. Якщо на певні ділянки поверхні не потрібно наносити глазур, перед глазуруванням їх слід вкрити парафіном.

Глазуровані сирі вироби ставляться на вагонетки тунельної печі. Після цього вони остаточно висушуються до залишкової вологості менше одного відсотка у тунельних сушарках, які розташовані перед тунельними печами.



### 2.3.2.5. Випалювання

Випалювання здійснюється у тунельних печах, що опалюються газом, переважно в окисній атмосфері. Сирі вироби випалюються у вертикальному положенні: для цього вони фіксуються на пічній арматурі. Типові температури випалювання варіюються від 1150 до 1250 °С; випалювання триває від 30 до 80 годин. У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів тунельних печей, що використовуються для виготовлення осклованих керамічних труб [4, УВА, 2001].

Тунельні печі	Одини	Оскловані
Продуктивність	т/год.	1 – 6
Довжина печі	м	80 – 180
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	6 – 10
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	150 – 300
Температура випалювання	°С	1100 – 1200
Питома енергоємність (сушіння + випалювання)	кДж/кг	3000 – 4000
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	4000 – 18000
Температура димових газів	°С	160 – 200

Таблиця 2.7. Діапазони експлуатаційних параметрів тунельних печей

Альтернативою звичайному процесу випалювання є метод швидкого випалювання осклованих керамічних труб. Оскловані керамічні труби сушаться протягом десяти годин і глазуються шляхом розпилення глазури. Після цього вони проходять через піч протягом восьми годин. Під час випалювання труби рухаються через піч, котячись у горизонтальній площині. Фітинги, як-от патрубки та коліна, також виготовляються методом швидкого випалювання. Подібно до швидкого випалювання труб, вони проходять через піч з роликівим подом протягом часу від восьми до одинадцяти годин. Фітинги транспортуються на спеціальній пічній арматурі, яка циклічно повертається назад під піччю.

### 2.3.2.6. Заклучна обробка

Після випалювання всі вироби оглядаються. За потреби на горловину і втулку кріпляться полімерні ущільнювальні елементи або готові ущільнення. Після цього труби та фітинги пакуються.

Після прикріплення ущільнювальних елементів труби певного сортаменту (від Ду 250 до Ду 600) обробляються шляхом шліфування для забезпечення високої точності розмірів горловини і втулки.

### 2.3.2.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві осклованих керамічних труб

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесі виготовлення осклованих керамічних труб показані на наступному рисунку [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

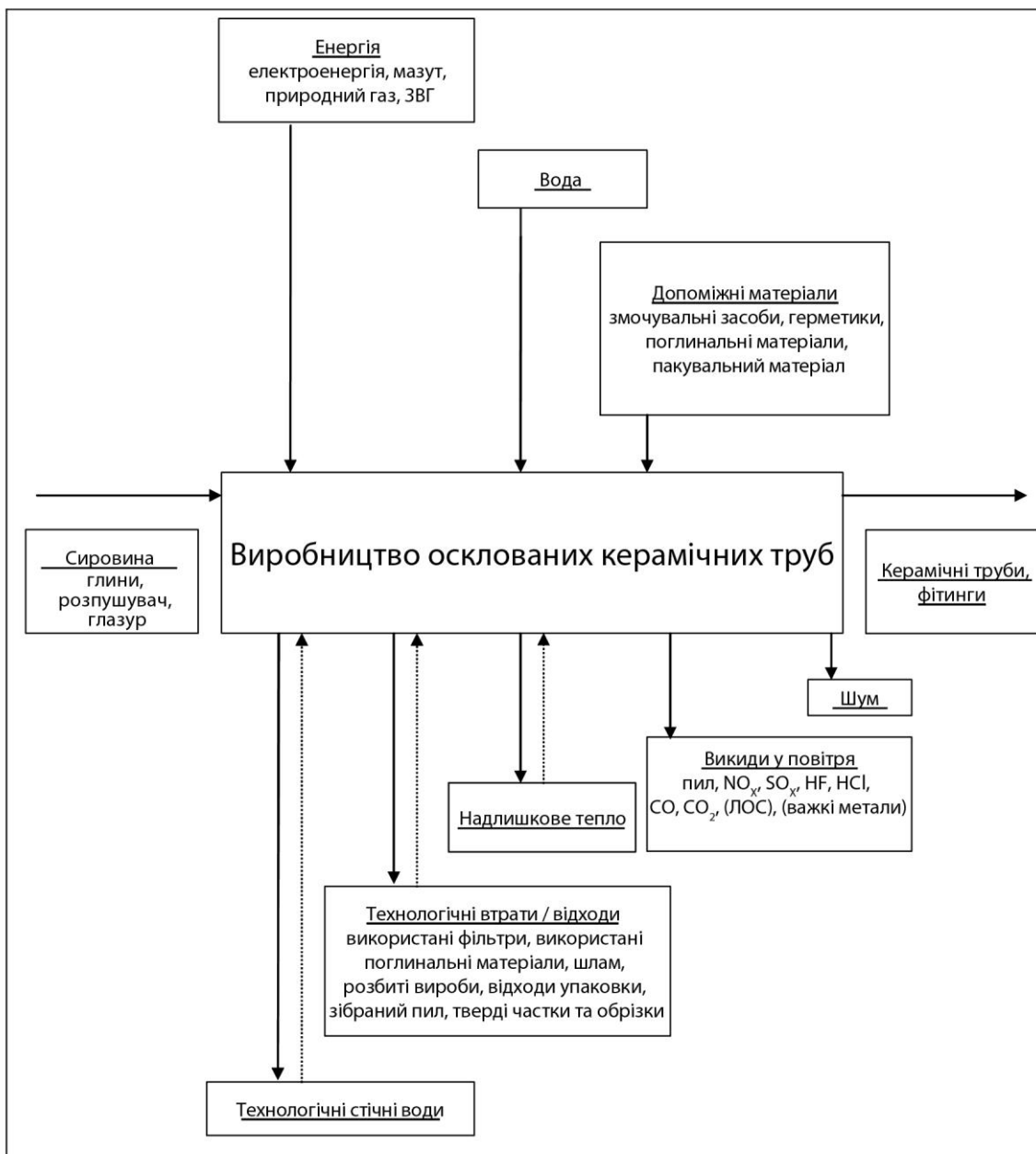


Рисунок 2.15. Вхідні та вихідні потоки при виробництві осклованих керамічних труб

### 2.3.3. Вогнетривкі вироби

Вогнетривкі вироби класифікуються за їх основною складовою. Основні їх групи такі:

- високоглиноземисті вироби, група 1 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 56\%$ );
- високоглиноземисті вироби, група 2 ( $45\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 56\%$ );
- вироби з шамотної глини ( $30\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 45\%$ );
- низькоглиноземисті вироби ( $10\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$ ,  $\text{SiO}_2 < 85\%$ );
- кремнійвмісні вироби або напівсилікатні вироби ( $85\% < \text{SiO}_2 < 93\%$ );
- силікатні вироби ( $\text{SiO}_2 > 93\%$ );
- основні вироби на основі магнезиту, магнезито-хроміту, хромо-магнезиту, хроміту, форстериту, доломіту;
- спеціальні вироби на основі вуглецю, графіту, циркону, оксиду цирконію, карбіду кремнію, карбідів (відмінних від карбіду кремнію), нітридів, боридів, шпінелів (відмінних від хроміту), плавленого вапна.

У вогнетривкій промисловості використовуються різні методи виробництва цегли. Найпростіша процедура полягає у випилюванні потрібних форм з природної чи штучно виготовленої сировини. Плавлені литі вироби виготовляються шляхом заливання розплаву у форми, щоб розплав затвердів у вигляді блоків або цеглин. Високовогнетривкі матеріали зараз усе частіше виготовляються шляхом дрібного дроблення та мокрого змішування, після якого вогнетривкі матеріали формуються шляхом видавлювання, лиття зі шлікеру чи ізостатичного пресування. Проте на сьогодні у виробництві вогнетривкої цегли надають перевагу так званому грубокерамічному методу. Процес виробництва складається з таких етапів, як зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, випалювання та заключна обробка. На наступному рисунку зображена схема виробництва основної цегли, що містить хромову руду [4, УВА, 2001].

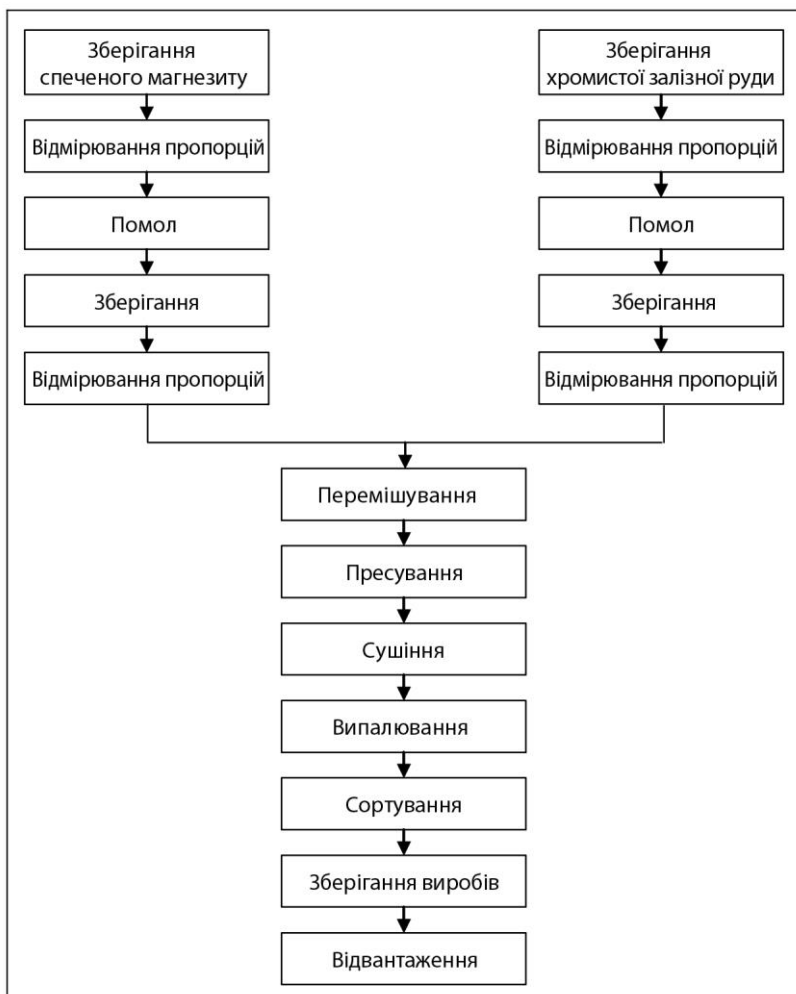


Рисунок 2.16. Схема виробництва основної цегли, що містить хромову руду

### 2.3.3.1. Сировини

У якості сировини для вогнетривких виробів використовується глина, шамот та гірські породи, такі як кварцит, доломіт, магнезит та боксит, які можуть бути обпалені (див. розділ 2.2.2.8), а також синтетичні основні матеріали, як-от, наприклад, спечений корунд, карбід кремнію, плавлений муліт або шпінель. Для виготовлення матеріалів, які піддаються стисканню, до подрібненої сировини додаються в'язучі речовини та заповнювачі. Використовуються різноманітні типи в'язучих речовин та заповнювачів, таких як шлікер, сірчаноокислий луг, кам'яновугільний пек, нафталін, синтетична смола, вапняне молоко, віск, фосфорна кислота, сажа, графіт і сірка. Сировина зберігається у боксах під дахом. Попередньо роздроблена сировина зберігається у силосах, щоб сировина не реагувала з водою.

У наступній таблиці наведені оксиди, які найчастіше використовуються для плавлення/лиття вогнетривких виробів та їх відповідні температури плавлення [3, CERAME-UNIE, 2003].

Назва	Формула	Температура плавлення
Глинозем	$Al_2O_3$	2050
Хром III	$Cr_2O_3$	2275
Магnezія	$MgO$	2830
Доломіт	$CaO + MgO$	2700
Кремнезем	$SiO_2$	1725
Оксид	$ZrO_2$	2700
Циркон	$ZrSiO_4$	1770

**Таблиця 2.8. Найпоширеніші оксиди, що використовуються у плавильних/ливарних операціях**

### 2.3.3.2. Підготовка сировини

Сировина переважно дробиться – спочатку грубо, а потім дрібно. Грубе дроблення здійснюється щокими дробарками, ударними дробарками, валковими дробарками та конічними дробарками. Дрібне перемелювання виконується у кільцевих валкових млинах, кульових млинах та вібромлинах. Роздроблена і розмелена сировина сортується на різні фракції вібраційними ситами. Верхній продукт просіювання подається назад у млини. Фракції тимчасово зберігаються у силосах, які слугують сховищами між етапом підготовки та виробництвом цегли. Пропорції відмірюються за допомогою вагів. За необхідності додаються в'язучі речовини, пороутворювачі, засоби проти прилипання та мастила, які сприяють розкриттю форм. Компоненти подаються у змішувачі (головним чином у змішувачі періодичної дії), гомогенізуються і попередньо ущільнюються. Цю функцію добре виконують бігункові змішувачі, протитокові змішувачі та двовалові шнекові глином'ялки.

Шлікер для лиття виготовляється шляхом змішування сировини з диспергувальною речовиною, такою як вода. «Порошок для пресування з пилу» виготовляється за допомогою сухого процесу або мокрого чи напівмокрого процесу з наступним розпилювальним сушінням.

### 2.3.3.3. Формування

У процесі формування використовуються шлікер для лиття і «порошок для пресування з пилу». Шлікер для лиття заливається у форми в процесі лиття. Після спливання належного часу формування маси сирий виріб виймається з форми.

Раніше «порошок для пресування з пилу» запресовувався у потрібну форму за допомогою коліноважільних пресів. Нині на зміну коліноважільним пресам прийшли преси з гідравлічним приводом, обладнані сучасними електронними блоками керування. Прес постійно перевіряє цеглу і за потреби вносить коригування. Типове питоме зусилля пресування на сьогодні складає від 80 до 200 МПа. За допомогою різних програм пресування виготовляється вогнетривка цегла, що відповідає вимогам клієнтів.

У виробництві високоякісних вогнетривких виробів спеціального призначення прийнято використовувати метод ізостатичного пресування. У цьому методі дрібно розмелена порошокподібна керамічна суміш засипається у гнучкі пластикові форми. Після закриття форми до суміші прикладається тиск – зазвичай у гідравлічному автоклаві. Тиск прикладається до пресованої форми рівномірно у всіх напрямках за допомогою стискальної рідини – завдяки цьому досягається рівномірне ущільнення. Для виготовлення блоків великого розміру і спеціальних фасонних виробів за допомогою цього процесу використовуються тиски до 300 МПа.

Керамічні суміші з різним розміром фракції можна ущільнювати до потрібної форми за допомогою порівняно низького тиску у поєднанні з механічними коливаннями, що створюються вібраторами. Нещодавно з'явився новий технологічний процес, який доповнює традиційний процес формування. Суміші, які потрібно сформувати, змішуються з в'язучою речовиною, чутливою до холоду. Далі суміші заливаються у форми і твердіють за температур нижче -30 °С.

#### 2.3.3.4. Сушіння

Процес сушіння здійснюється у камерних або тунельних сушарках і триває, залежно від розміру цегли, від одного дня до кількох тижнів. Великі фасонні вироби сушаться в умовах контрольованої вологості сушильного повітря. Перед початком процесу випалювання залишкова волога повинна складати менш ніж один відсоток. У наступній таблиці наведені приклади експлуатаційних параметрів сушарок періодичної дії, які стають усе більш важливими у вогнетривкій промисловості [4, УВА, 2001].

Камерні сушарки	Оди	Вироби з	Силікатні
Продуктивність	т/цик	18	10
Об'єм сушильної камери	м <sup>3</sup>	171	56
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	105	180
Температура сушіння	°С	80	100
Час сушіння	год.	44	24
Питома енергоємність	кДж/	350	300
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /го	1600	15000
Температура димових	°С	60	60

Таблиця 2.9. Експлуатаційні параметри сушарок періодичної дії (камерних сушарок)

У наступній таблиці наведені експлуатаційні параметри двох тунельних сушарок та сушарки з контрольованим кліматом [4, УВА, 2001].

Виріб	Одини	Тунельна		Сушарка з контролем
		Шамотний	Магнезійний	Високоглиноземистий
Продуктивність	т/год.	2,1	4	3,5
Довжина сушарки	м	80	51	36
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,65	2,5	2,7
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	1000	1800	1000
Температура сушіння	°С	100	150 – 180	30 – 200
Час сушіння	год.	48	17	32 – 48
Питома енергоємність	кДж/кг	500	1500	н/д
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	800	11000	5410
Температура димових газів	°С	40	120	105

Таблиця 2.10. Експлуатаційні параметри двох тунельних сушарок та сушарки з контрольованим кліматом

#### 2.3.3.5. Випалювання

Вогнетривкі вироби випалюються за температур від 1250 до 1850 °С. Температури твердіння залежать від складу сировини і доходять до початку стадії деформації. Температури випалювання для найважливіших груп матеріалів лежать у таких діапазонах:

- шамотна цегла – 1250-1500 °С;
- силікатна цегла – 1450-1500 °С;
- високоглиноземиста цегла – 1500-1800 °С;
- магнезіальна цегла – 1400-1800 °С.

Вироби випалюються у тунельних печах, печах з висувним подом та ковпакових печах. У наступній таблиці наведені приклади експлуатаційних параметрів тунельних печей, що використовуються у вогнетривкій промисловості [4, УВА, 2001].

Тунельні печі	Одиниця вимірювання	Магнезіальна цегла	Шамотна цегла	Бокситова цегла	Силікатна цегла
Продуктивність	т/год.	2 – 8	4	4	2,1
Довжина печі	м	150	113	116	180
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,3 – 3	2,4	2,2	2,8
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	1000 – 2500	600 – 1500	600 – 1300	700 – 1000
Температура	°С	1760 – 1850	1260	1400	1450
Питома енергоємність (сушіння +)	кДж/кг	6000 – 9700	3200	4500	9050
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	15000 – 25000	10000 – 15000	10000 – 15000	1200
Температура	°С	250 – 400	150 – 200	150 – 220	120

**Таблиця 2.11. Експлуатаційні параметри тунельних печей, що використовуються у вогнетривкій промисловості**

У наступній таблиці наведені приклади експлуатаційних параметрів печей з висувним подом, що використовуються для випалювання силікатних, високоглиноземистих та шамотних виробів [4, УВА, 2001].

Печі з висувним подом	Одиниця вимірювання	Силікатна цегла	Високоглиноземиста цегла	Шамотна цегла
Продуктивність	т/цикл	153	40 – 50	18
Об'єм камери для	м <sup>3</sup>	180	20	25
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	850 – 1100	2000 – 2500	650 – 1000
Температура випалювання	°С	1540	1340 - 1650	1430
Питома енергоємність	кДж/кг	4500 – 7000	4500 - 8000	7600
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /год.	до 50000	до 20000	3600 - 7000
Температура димових	°С	180 – 300	180 – 290	160 – 250

**Таблиця 2.12. Експлуатаційні параметри печей з висувним подом**

Саджання цегли, особливо в тунельні печі, все частіше виконується автоматичними саджальними машинами. Цегла, що надходить від пресів, автоматично транспортується і укладається на пічні вагонетки згідно з запрограмованими схемами саджання. Схема саджання забезпечує потрапляння полум'я та гарячих газів на виріб з усіх боків у поєднанні з низькою енергоємністю. Сучасні печі працюють на мазуті та природному газі. У деяких випадках для дрібносерійного виробництва спеціальної продукції типовим є електричне нагрівання.



#### **2.3.3.6. Заключна обробка**

У деяких особливих випадках випалені вогнетривкі вироби потрібно далі обробити шляхом шліфування, полірування та обточування за допомогою сухого або мокрого процесу. Після цієї обробки вироби укладаються на піддони або упаковуються і вкриваються полімерною плівкою для запобігання намоканню у воді, оскільки захист виробів необхідно гарантувати протягом усього процесу транспортування.

#### **2.3.3.7. Спеціальні процедури**

Для виробництва вогнетривких виробів зі спеціальними характеристиками застосовуються спеціальні процедури. Процедурами, у яких використовуються спеціальні допоміжні речовини, є формування вуглецевого зв'язку та просочування смолою. Цегла з вуглецевим зв'язком використовується переважно у виробництві сталі. Сировина часто зазнає гарячої обробки і пресується з використанням кам'яновугільного дьогтю, рідких або твердих смол. Зв'язок між пресованими деталями значно зміцнюється шляхом загартовування та запікання. В'язуча речовина коксується під час загартовування в умовах відсутності повітря за температур від 320 до 550 °С. У процесі твердіння вироби нагріваються приблизно до 150-220 °С в електричних печах. У деяких випадках вогнетривка цегла просочується кам'яновугільним дьогтем або бітумом, щоб у ній не залишалось «відкритих пор».

#### **2.3.3.8. Вхідні та вихідні потоки при виробництві вогнетривких виробів**

Важливі вхідні та вихідні потоки у виробництві вогнетривких виробів показані на наступному рисунку [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

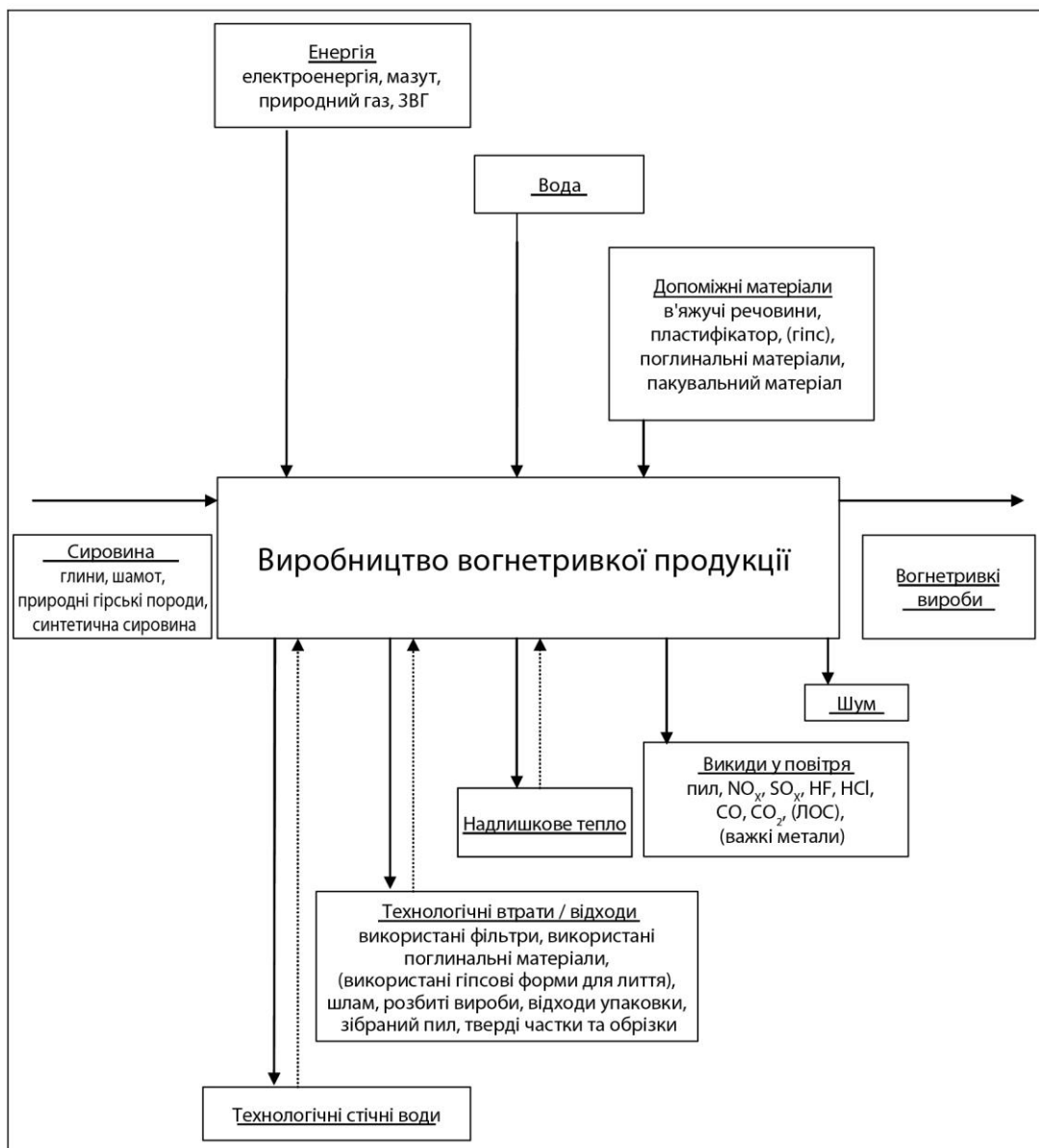


Рисунок 2.17. Вхідні та вихідні потоки при виробництві вогнетривких виробів

#### 2.3.4. Спучені керамічні заповнювачі

Спучена глина – це пористий керамічний продукт з однорідною пористою структурою у вигляді дрібних замкнених чарунок та зі щільно спеченою, твердою зовнішньою оболонкою. Він виготовляється з сировини, що містить глинисті мінерали та добавки. Сировину підготовлюють, відливають у форми, а тоді випалюють за температур від 1100 до 1300 °С – у ході цього процесу об'єм матеріалу значно збільшується внаслідок розширення.

У промисловому виробництві спученої глини діють певні вимоги до матеріалів. Ще одним важливим фактором є конструкція печі, яка повинна відповідати характеристикам сировини та кількостям матеріалу, що обробляється. На процес спучення можуть впливати такі параметри:

- склад сировини;
- добавки;
- температурна крива;
- атмосфера у печі;
- в'язкість як функція від вищезгаданих факторів впливу.

Практика виготовлення спучених керамічних заповнювачів показала, що здатність глини до спучення залежить від видів сировини та добавок та від технології термічного процесу. Основними технологічними факторами, які впливають на здатність сировини до спучення, є швидкість нагрівання та атмосфера в печі.

Виготовлення спученої глини складається з таких кроків: видобування у кар'єрі (цей вид діяльності не розглядається у даному документі), підготовка сировини, формування, термічна обробка (сушіння, випалювання), заключна обробка виробу, відновлення виробу і підготовка до транспортування (пакування в мішки, вантаження). На наступному рисунку зображена схема виробництва спучених керамічних заповнювачів [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Крок формування застосовується не на всіх заводах.

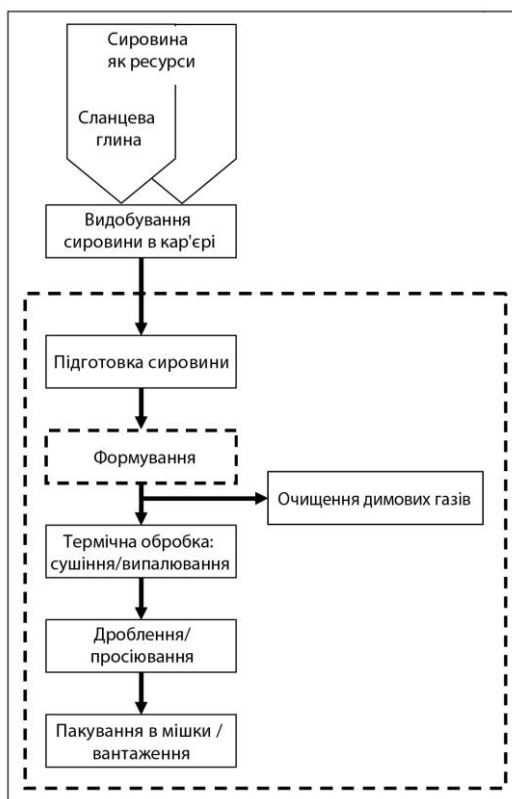


Рисунок 2.18. Схема виробництва спучених керамічних заповнювачів

### 2.3.4.1. Сировина, добавки та допоміжні речовини

Сировиною для виготовлення спучених глин слугують глини з низькою температурою спікання. При нагріванні з керованою швидкістю у діапазоні температур від 1100 до 1300 °С вони значно збільшуються в об'ємі. Для цього підходять лише ті сировини, які при нагріванні до цих температур спочатку утворюють щільне піропластичне покриття, що спікається або плавиться, і при цьому у масі яких (у фрагменті гранули) утворюються гази, які здатні спучувати в'язкі маси. Для цього необхідна присутність відповідних флюсувальних середовищ, таких як оксиди заліза, луги, лужноземельні метали, а також газоутворювальні речовини, які можуть бути присутні у самій сировині або додаватися під час обробки.

Попередні дослідження показали, що характеристики розширення глини як сировини загалом не можна визначити шляхом аналізу. Ось деякі загальні уявлення про хімічний/мінералогічний склад та інші характеристики матеріалів, які демонструють здатність до спучення:

- порівняно висока пластичність з великим вмістом дрібних часток;
- порівняно високий вміст шаруватих силікатів, особливо з ілітової або слюдяної груп, бажано понад 40 %; вміст каолініту зазвичай низький;
- вміст кальциту або доломіту зменшується під час спучення; присутність грудкуватого вапна шкідлива, оскільки вона може зрештою призвести до викришування;
- хімічний склад:
  - $Al_2O_3$ : 12 – 25 %
  - $SiO_2$ : 47 – 78 %
  - флюс ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ): 8 – 29 %
  - $S_{органічний}$ : 0 – 2,5 %
  - $FeS_2$ : повинен бути дрібнозернистим (залишок у готовому виробі  $\leq 1,0$  або 1,5 %  $SO_3$ )
- мінералогічний склад:
  - кварц: 7 – 45 %
  - карбонати: 0,1 – 17 %
  - глинисті мінерали: 40 – 80 %
  - польовий шпат: 5 – 25 %
  - інше: 3 – 17 %
- піропластичне розм'якшення маси або гранул повинно відбуватися на найбільш сприятливому етапі газоутворення; це забезпечує найбільш сприятливий діапазон спучення – принаймні від 50 до 100 К.

Глини, які у природних умовах не придатні для спучення, можна зробити придатними для спучення шляхом додавання належних добавок та допоміжних речовин, які полегшують і часто також роблять безпечнішим виробництво спучених виробів зі спеціальними характеристиками (наприклад, якщо потрібно максимально підвищити теплоізоляційні характеристики, до спученої глини часто додаються допоміжні засоби для розбухання). Особливо надійними виявилися приклади добавок (флюси та речовини для полегшення виймання виробів із форм) і допоміжні речовини (засоби для розбухання), наведені у наступній таблиці:

Флюс	Допоміжний засіб для розбухання	Речовини для полегшення виймання виробів із форм
Оксиди заліза	Важка нафта	Сполуки вапна
Гідроксиди	Лігносульфонати	Доломіт
Ілітові глини	Надрібний кокс/вугілля	
	Бітумінозні глини	

Таблиця 2.13. Приклади розширювальних добавок та допоміжних реагентів

Типи добавок та допоміжних речовин залежать від складу сировини, технології процесу виробництва (обробка вологих або сухих глин, див. розділ 2.3.4.2), економічної доцільності та характеристик викидів. Дозування зазвичай варіюється від 0 до 10 % за масою.

### 2.3.4.2. Загальні відомості про системи та технологію процесу

#### 2.3.4.2.1. Формування

Залежно від вмісту води у глині, для підготовки сировини і формування виробів використовуються дві базові технології.

Для глин з порівняно високим вмістом води найчастіше використовується мокрий процес: під час механічної обробки та гомогенізації на складах глини, у бігунах, дезінтеграторах, двовалових змішувачах та місильних машинах пластичні глини (з добавками) подаються в сушильний барабан. За допомогою належної послідовності арматури сушильної печі, такої як ланцюги, поперечні бруси та пластини, фрагменти глини додатково подрібнюються.

Для доволі сухих глин найчастіше використовується напівсухий процес: для дроблення великих шматків сировини з розміром зерен менше 100 мм використовується дробарка первинного дроблення. Матеріал може бути гомогенізований протягом автоматичного зберігання, і виймається з установки ковшовим елеватором. У млині сухого помолу сира глина дробиться між молочною доріжкою, яка обертається, та молотковими валками. Перетворена у порошок глина подається у похилий тарілчастий гранулятор з додаванням води. Завдяки обертовому руху тарілки в ній утворюються сферичні гранули, які викидаються через нижній край тарілки; кочення також певною мірою сприяє утворенню гранул. Для зменшення поверхневого натягу доданої води додаються належні реагенти. Швидкість і нахил тарілки та висота краю тарілки змінюються залежно від виду сировини: це визначає розмір гранул і дає змогу адаптувати їх характеристики до відповідної сировини. Гранули проходять через «порошковий барабан», де на поверхню гранул наноситься вапняковий порошок. Цей порошок запобігає злипанню невипалених гранул, і пізніше захищає їх у розширювальній печі.

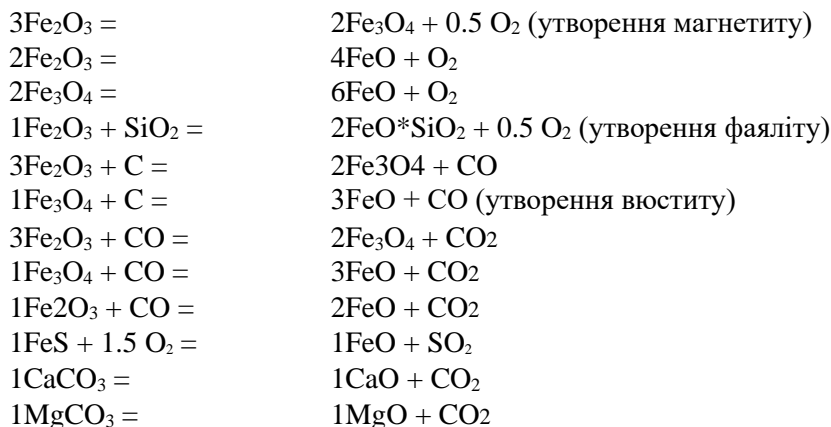
#### 2.3.4.2.2. Технологія термічного процесу

У проектуванні печей спостерігається тенденція до конструювання систем з можливістю простого та гнучкого пристосування як до різних видів сировини, так і до потрібних характеристик виробу. Одним із способів досягнення такої пристосованості є змінне регулювання випалювання та подавання повітря у поєднанні з різним часом проходження через піч для окремих термічних ступенів. Оптимальна температурна крива для досягнення потрібної густини залежить від суміші сировин та добавок. Для оптимізації процедури перед власне розширювальною піччю розташовані підігрівачі. Найпоширенішим типом підігрівача є барабанний підігрівач (сушильна піч). Для охолодження зазвичай використовуються такі пристрої, як шахтні холодильники, обертові холодильники, рекуператорні холодильники, колосникові або бункерні холодильники.

Обертові печі, що використовуються у виробництві спученої глини, зазвичай працюють у протитоковому режимі, тобто матеріал і теплоносії рухаються у протилежних напрямках. Сировина додається з холодного боку печі. Внаслідок нахилу барабана та обертання печі матеріал зсувається до гарячого кінця печі, тобто до зони високої температури. Час проходження через піч залежить від нахилу печі, її швидкості та арматури всередині печі. Час значно впливає на характеристики виробу. Щоб гранули не злипалися, у печах іноді встановлюють відповідну арматуру, таку як підвішені ланцюги. Розміри печей різняться залежно від того, яка технологія використовується. Довжина труби може варіюватися від 4 до 80 м, діаметр – від 1,0 до 4,5 м. Поширеними видами палива є нафта, вугілля, газ, а альтернативні/допоміжні палива можуть мати органічне походження (наприклад, біопаливо, біомаса) або неорганічне походження (наприклад, відпрацьована олива, розчинники). Система конструюється так, щоб оптимізувати тепловий баланс, використовуючи широкий діапазон температур та варіантів часу нагрівання.

### 2.3.4.2.3. Хімічні реакції під час спучення

Під час нагрівання гранул з залишків води утворюється водяна пара, у процесах хімічного зв'язування утворюється кисень та водяний пар, з органічних речовин утворюються гази розкладу, а з карбонатів – діоксид сірки та вуглекислота. Водночас пори на поверхні починають закриватися. Спучений виріб (з більш-менш дрібною чарунковою структурою) формується за рахунок розширення газів з підвищенням температури. Під час спучення протікають такі основні реакції:



Відповідно, основними газоподібними елементами та сполуками, які при цьому виділяються, є кисень, чадний газ, вуглекислий газ та/або діоксид сірки, з яких один або кілька газів повинні бути присутні для протікання процесу спучення. Це відбувається головним чином у діапазоні підвищених температур – приблизно від 750 до 1300 °С.

### 2.3.4.2.4. Заключне просіювання та дроблення

У виробництві спучених керамічних заповнювачів після процесу термічної обробки заповнювачі просіюються і дробляться для досягнення потрібного гранулометричного складу та якості. Зазвичай використовується сухе просіювання та дробарки для піску.

### 2.3.4.3. Вхідні та вихідні потоки при виробництві спучених керамічних заповнювачів

Важливі вхідні та вихідні потоки у виробництві спучених керамічних заповнювачів показані на наступному рисунку [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [28, Шорхт, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

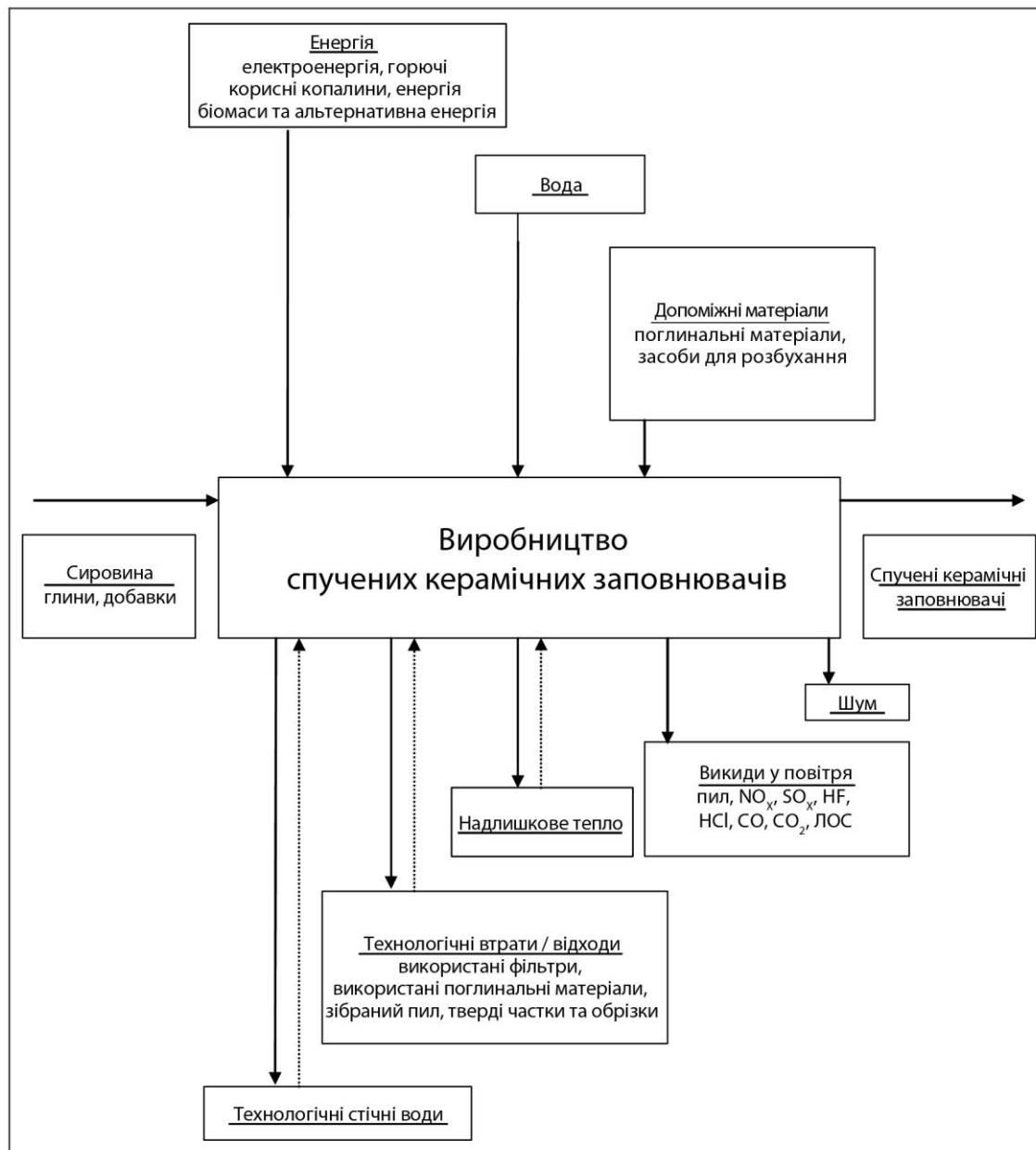


Рисунок 2.19. Вхідні та вихідні потоки при виробництві спучених керамічних заповнювачів

### 2.3.5. Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги

Процес виготовлення стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги складається з кількох послідовних етапів, які можна узагальнити наступним чином:

- зберігання сировини;
- підготовка маси (порошок для пресування з пилу (сухий або мокрий процес) або паста для видавлювання);
- формування;
- сушіння сирової маси;
- підготовка глазури та глазурування;
- випалювання (з глазуруванням або без нього);
- полірування;
- сортування та пакування.



Залежно від того, чи глазурюється виріб, який виготовляється, і від способу випалювання (одинарне, подвійне чи потрійне випалювання), плитка у конкретному процесі може вкриватися або не вкриватися глазур'ю, або ж порядок етапів глазурювання та випалювання може бути належним чином змінено. На наступному рисунку зображена схема різних можливих процесів виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

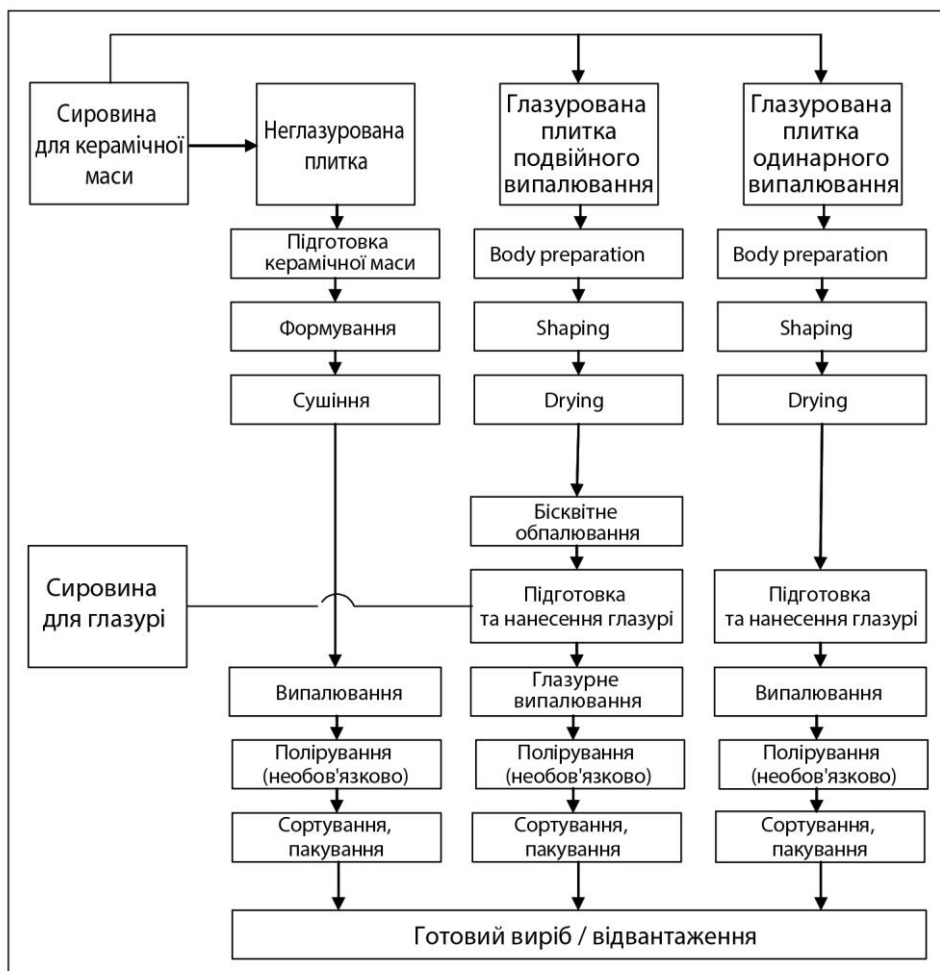


Рисунок 2.20. Схема виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги

### 2.3.5.1. Сировини

Типовою пластичною сировиною, що використовується у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, є глини та каоліни. У якості непластичної сировини, яка виконує різні функції у складі маси, використовується шамот, кварц, польові шпати, карбонат кальцію (кальцит), доломіт і тальк (наприклад, польові шпати діють як флюс, а кальцит робить можливим утворення кристалічної фази). Ті ж самі види сировини у поєднанні з фритами для глазурі, оксидами металів та барвниками використовуються для виготовлення глазурі. Для зменшення споживання енергії у процесі сушіння за рахунок зменшення вмісту води до маси додаються електроліти, такі як силікат або дифосфат натрію.

Компоненти маси доставляються у зону зберігання сировини переважно у вигляді насипного матеріалу. Матеріали зберігаються під відкритим небом, під складськими навісами, у боксах або силосах. Невеликі маси доставляються і зберігаються у мішках і контейнерах, а рідини – у закритих баках.

### 2.3.5.2. Підготовка сировини

Підготовка сировини налічує різні операції та технології, залежно від типу або форми виробу, який потрібно виготовити.

Пропорції сировини відмірюються за вагою з урахуванням вмісту вологи у сировині. Для фарбування компонентів виробу додаються невеликі маси пігментів, оксидів металів або барвників. Великі шматки попередньо дробляться у валкових млинах або шнекових машинах. Після зважування попередньо роздроблені матеріали розмелюються (разом з водою та електролітами) у барабанних млинах вологого помолу порційної чи неперервної дії. Додатковим різновидом обробки є процес вимучування та гомогенізації порцій сировини у великих баках. Суспензія закачується з баків у барабанні млини вологого помолу. Вміст води у суспензії – близько 35 %.

Після дрібного розмелювання (до розміру часток  $<0,1$  мм) суспензія поетапно просіюється і зберігається у змішувальних баках для зберігання. Суспензія обробляється з перетворенням у пластичну масу («паста для видавлювання») або у «порошок для пресування з пилу». Виготовлення і обробка шлікеру для лиття нетипове для виробництва стінної облицювальної плитки і плитки для підлоги.

«Паста для видавлювання» зазвичай готуються у бігунах або установках для виготовлення шаруватих матеріалів. Для виготовлення «паста для видавлювання» суспензія зневоднюється у фільтрувальних пресах або обертових фільтрах до вмісту води від 20 до 25 %. До пластикової суміші додаються органічні або неорганічні речовини для максимального збільшення пластичності. Це може бути, наприклад, альгінат, декстрин, лігнін, метилцелюлоза, етилцелюлоза та парафін.

Спеціальний процес підготовки сировини (процес Бухталя) для пластичного формування передбачає дрібне розмелювання у млинах сухого помолу, змішування, а потім – додавання близько 20 % води [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Плитка виготовляється переважно з «порошку для пресування з пилу». Порошок для пресування з пилу може виготовлятися за допомогою мокрого або сухого процесу.

У мокрому процесі суспензія перекачується насосами зі змішувальних баків для зберігання у розпилювальні або аерофонтанні сушарки. Сушіння здійснюється за температур від 350 до 450 °C і триває, поки вміст води не знизиться до п'яти-дев'яти відсотків. Необхідне тепло у розпилювальній сушарці отримується шляхом спалювання природного газу чи мазуту. Для покращення ковзних характеристик порошку додаються органічні добавки для покращення ковзання. Добавки для покращення ковзання можуть бути органічними або неорганічними; у підготовці складу керамічної маси найчастіше використовуються такі добавки, як силікат натрію, триполіфосфат натрію та акрилати. У підготовці складу керамічної маси зазвичай не потрібно використовувати в'язучі речовини, такі як карбоксиметилцелюлоза, метилцелюлоза, полівініловий спирт, тощо, оскільки у глинах спостерігається значний вміст цих речовин, – за винятком особливих випадків (наприклад, великого розміру виробів) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Сухий процес складається з таких операцій сухий помол у конічних, молоткових та кільцевих млинах і наступне належне змочування розмеленого порошку для отримання середнього вмісту вологи близько 5-7 %.

### 2.3.5.3. Формування

«Паста для видавлювання» формується в екструдері, де вона набуває належної геометричної форми, і ріжеться на шматки. Типовими виробами, що виготовляються з цих пластичних сумішей, є колота плитка. Фаянсова плитка і плитка з кам'яної маси виготовляються головним чином з «порошку для пресування з пилу». Порошок спресовується у пресовані вироби в ударних коліноважільних пресах, гвинтових пресах або гідравлічних пресах під тиском близько 35 МПа. Зазвичай використовуються багатофункціональні преси, які здатні формувати чотири плитки за цикл. Пресовані сирі вироби поліруються і поміщаються на вагонетку тунельної печі або у валкову сушарку – автоматично або вручну.

### 2.3.5.4. Сушіння

Пресовані вироби сушаться переважно у тунельних сушарках, валкових сушарках або вертикальних сушарках. Сушарка опалюється теплом відпрацьованих газів, що виходять з печі, або випалювальними пальниками на природному газі та мазуті. Температури, за яких здійснюється сушіння, різняться залежно від типу технології – наприклад, 200-220 °С у вертикальних сушарках та 300-350 °С у тунельних сушарках. Сушіння триває від однієї до чотирьох годин, залежно від вмісту води у сирих виробках. Вміст залишкової вологи повинен бути меншим, ніж один відсоток, щоб у процесі випалювання не утворювалися тріщини та дефекти глазурування.

### 2.3.5.5. Випалювання та глазурування

Плитка виготовляється у вигляді глазуrowаних чи неглазуrowаних виробів, випалених один раз, або у вигляді глазуrowаних виробів, випалених двічі чи навіть тричі. У процесі подвійного випалювання плитка спочатку зазнає бісквітного обпалювання. Бісквітне обпалювання виконується за температур від 1050 до 1150 °С у класичних тунельних печах (від 20 до 50 годин) або у сучасних печах з роликівим подом за одну-дві години. Печі періодичної дії рідко використовуються у процесі бісквітного обпалювання кераміки. Після цього плитка автоматично сортується і транспортується до процесу глазурування. Глазур наноситься на плитку шляхом розпилення або поливання. Глазурувальні машини обладнані тампувальними пристроями для фарбування плитки під мрамур. Крім того, для оздоблення можна використовувати машини для шовкотрафаретного друку, а також оздоблювати вироби за допомогою глибокого друку чи флексографії. Сировина для глазурування часто надходить у вигляді фрити. Усі компоненти фрити вже відміряні у потрібному дозуванні, випалені і розмелені. У фритах такі речовини, як свинець, зв'язані в молекулярну форму, а тому не вимиваються водою на цьому кроці технологічного процесу.

Остаточне випалювання може виконуватися у печах з роликівим подом, тунельних печах або печах періодичної дії. Глазуrowана плитка кладеться на пічну арматуру і випалюється за температур від 1050 до 1300 °С у тунельних печах або у печах з роликівим подом без пічної арматури. Плитка спеціальної форми випалюється у печах з висувним подом за температур до 1100 °С. У наступній таблиці наведені приклади експлуатаційних параметрів тунельних печей та печей з роликівим подом.

	Одиниця вимірювання	Бісквітне обпалювання у тунельній печі	Піч з роликівим подом	
			остаточне випалювання	одинарне випалювання
Виріб		Плитка з високим водопоглинанням		
Продуктивність	т/год.	2,8	1,2	1,6
Довжина печі	м	120	60	80
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,5 – 2,0	0,8 – 1,2	0,5 – 1,0
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	500 – 700	10 – 30	10 – 30
Температура випалювання	°С	1100	1250	1300
Питома енергоємність	кДж/кг	3500	2900	2200
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	15000	10000	13000
Температура димових газів	°С	180	160	200

	Одиниця вимірювання	Тунельна піч	Піч з роликівим подом	
Виріб		Плитка з низьким неглазурована неглазуро-ва на		
Продуктивність	т/год.	1,2	2,1	2,1
Довжина печі	м	130	80	60
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,5 – 2,0	1,2	0,8 – 1,0
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	700 – 1000	20 –	20 – 30
Температура	°С	1200	1220	1230
Питома енергоємність	кДж/кг	3900	2900	2500
Об'ємний потік димових газів	м <sup>3</sup> /год.	15000	1000 0	13000
Температура димових	°С	220	160	160

**Таблиця 2.14. Експлуатаційні параметри тунельних печей та печей с роликівим подом**

### 2.3.5.6. Заклучна обробка

Після остаточного випалювання деякі типи плитки (головним чином – неглазурована плитка з керамограніту) можуть шліфуватися або поліруватися. Нарешті, плитка вручну або автоматично сортується, пакується і укладається на піддони. Піддони вкриваються плівкою у машині для щільного пакування.

### 2.3.5.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесі виготовлення стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги показані на наступному рисунку [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

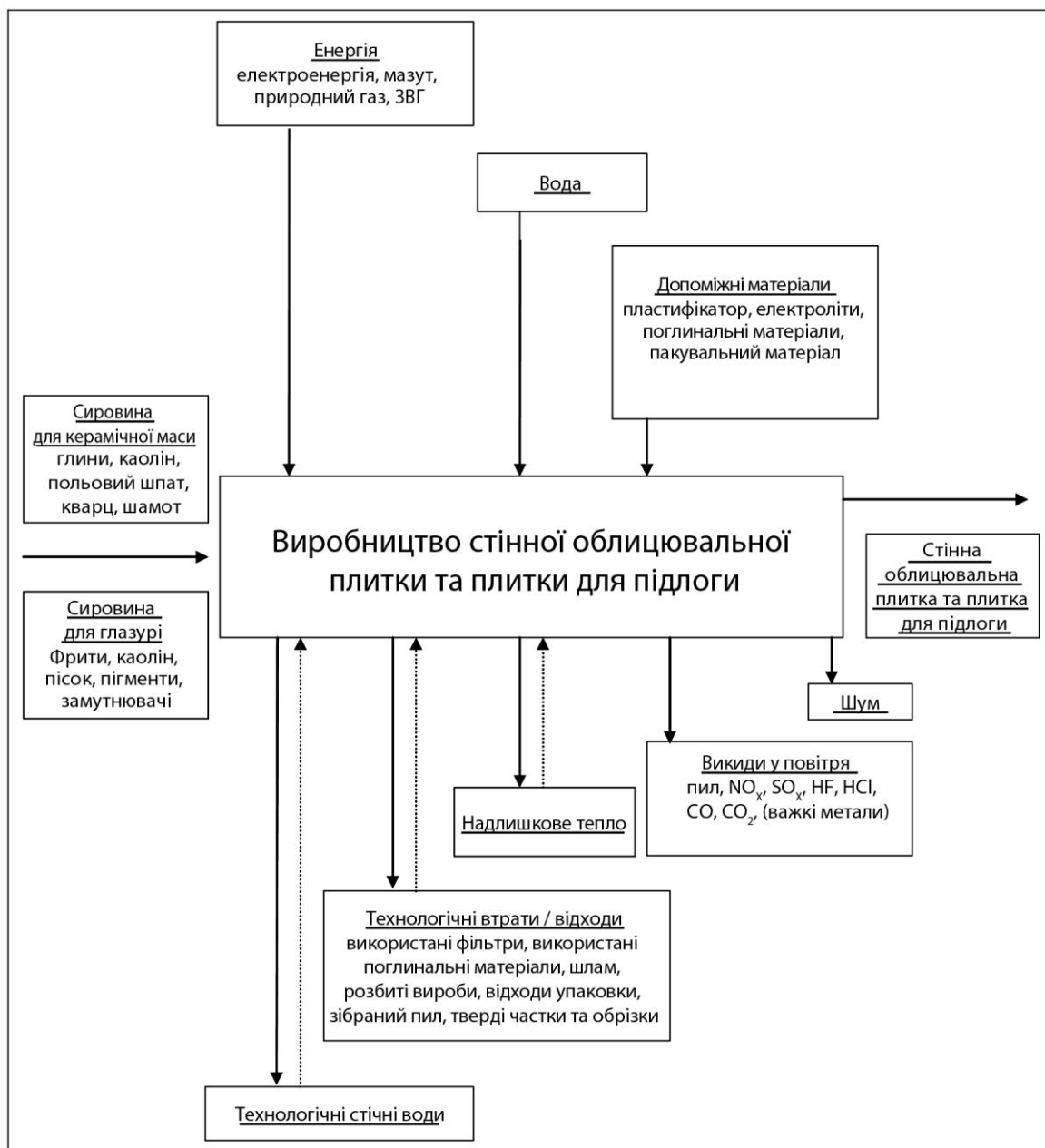


Рисунок 2.21. Вхідні та вихідні потоки при виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги

**2.3.6. Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка)**

Процес виготовлення побутової кераміки складається з таких основних кроків: зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, випалювання, глазурування, оздоблення та заключна обробка. У якості типового прикладу виготовлення побутової кераміки на наступному рисунку показані етапи виготовлення столової порцеляни [4, УВА, 2001].

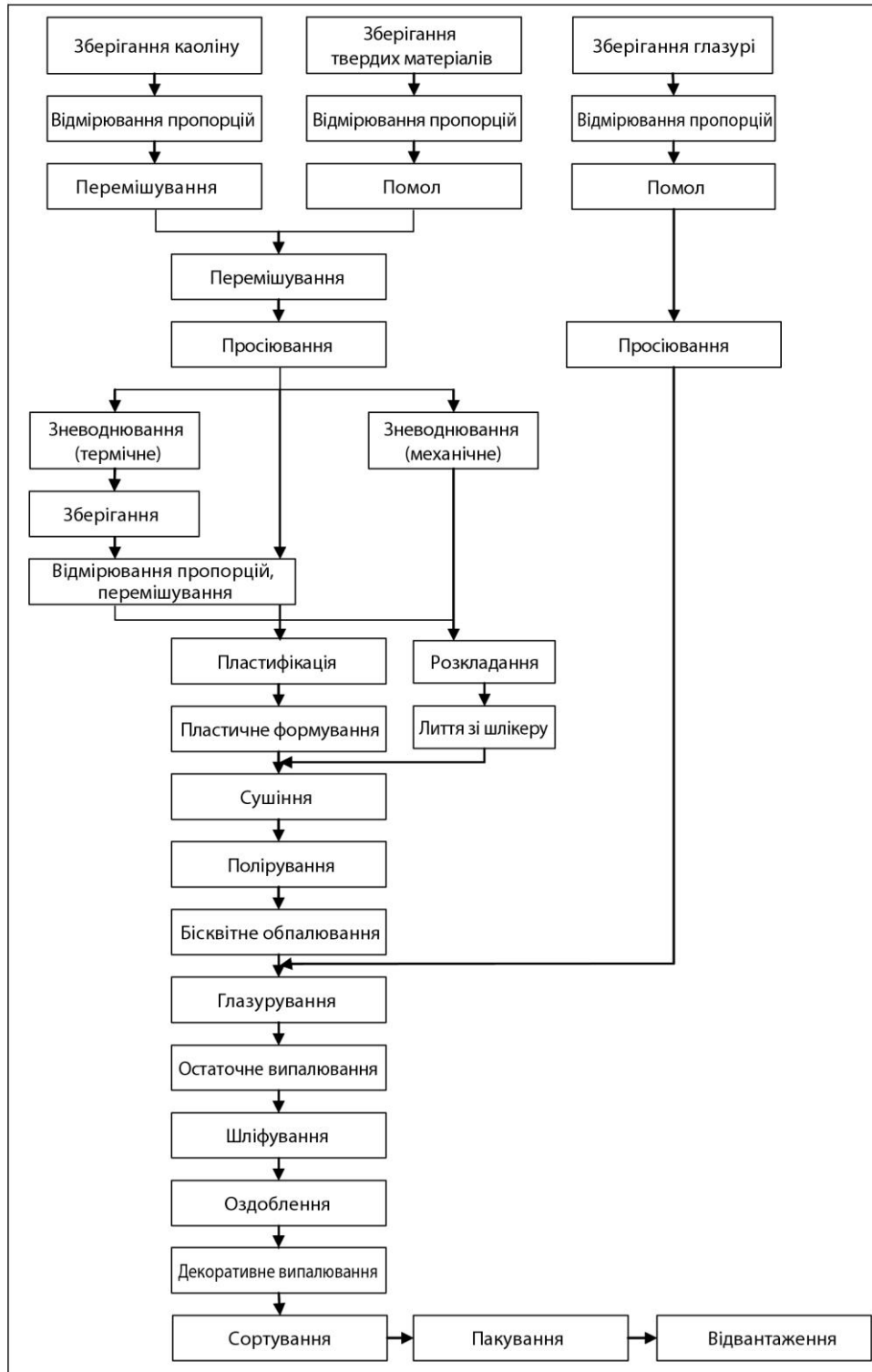


Рисунок 2.22. Схема виробництва столової порцеляни

### 2.3.6.1. Сировини

У якості основної сировини для виготовлення побутової кераміки використовуються пластичні глини, польовий шпат і кварц. Різні сполуки для замішування порції керамічної маси і порції глазури доставляються на фабрику і зберігаються у силосах, мішках та контейнерах залежно від вмісту вологи у сировині, методу зберігання та розміру часток. Для досягнення хороших характеристик керамічної маси використовується кілька видів сировини з різними параметрами.

У Таблиці 2.15 та Таблиці 2.16 наведені типові діапазони мінералогічного та хімічного складу сировини, що використовується у виробництві побутової кераміки [3, CERAME-UNIE, 2003].

Мінерал (%)	Фаянс	Оскловані вироби	Порцеляна	Кістяна порцеляна	Кам'яна маса
Порцеляно	25	25	55	25	0
Пластична	15 – 25	25	0	0	0
Польовий	0 – 15	20	15	25	30
Тальк	0 – 35	0	0	0	0
Кремнезем	20 – 35	0	30	0	70
Кремій	0	30	0	0	0
Кістяна	0	0	0	50	0

\*Нефеліновий сієніт: зазвичай використовується як альтернатива польовому шпату та

**Таблиця 2.15. Типові діапазони мінералогічного складу сировин для виробництва побутової кераміки**

Мінерал (%)	Si	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Інше
Порцелянова	55	35	10
Пластична глина	75	20	5
Польовий шпат	70	20	10
Нефеліновий	60	25	15
Тальк	60	0	40 (MgO)
Кремнезем	95	0	5
Кремій	90	0	10
Кістяна зола	0	0	100 (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH)

**Таблиця 2.16. Типові діапазони хімічного складу сировин для виробництва побутової кераміки**

### 2.3.6.2. Підготовка сировини

Підготовка сировини для виробництва побутової кераміки здійснюється за допомогою мокрої чи сухої процесу. Виготовляються головним чином «паста для видавлювання» та «порошок для пресування з пилу». Компоненти керамічної маси відмірюються головним чином за вагою. Якщо сполуки каоліну розчиняються у воді, використовується також об'ємне дозування. Сировина для глазури загалом дозується за вагою. Пластичні сполуки керамічної маси зважуються в воді у змішувальних баках для підготовки складових для процесу змішування. Подальший мокрий помол виконується у барабанних млинах або у змішувальних млинах. Тверді сполуки керамічної маси часто постачаються вже з правильними параметрами часток, тож їх не потрібно додатково розмелювати. Пластичні та тверді сполуки керамічної маси змішуються у мішалках або змішувачах. Сполуки просіюються для видалення сторонніх домішок, а потім ущільнюються для видалення сторонніх сполук заліза. Ущільнення здійснюється в електромагнітних полях. Шлікер керамічної маси зневоднюється керамічним способом у фільтрувальних пресах або термічним способом у розпилювальних сушарках.



Для виробництва «пасти для видавлювання» вміст води у шлікері зменшується з 65 % до 20-25 % у фільтрувальних пресах або в обертових фільтрах. Фільтраційний кек гомогенізується і сформовується у грудки в екструдерах. Для виробництва «порошку для пресування з пилу» шлікер для лиття зневоднюється до вмісту води від 5 до 8 % у розпилювальних сушарках. Виливок для шлікеру закачується у розпилювальну сушарку спеціальним насосом для лиття зі шлікеру. Вміст води зменшується під дією гарячого газового струменя. Димові гази сушарки, що опалюється газом, і перетворена в пар вода виходять із сушарки зверху.

До «порошку для пресування з пилу» додаються органічні добавки для покращення ковзання та в'язучі речовини для досягнення м'якості та характеристик ковзання порошку. Для цього використовується карбоксиметилцелюлоза, метилцелюлоза, простий ефір целюлози, полівініловий спирт, полівінілацетат і полісахарид. Додаються олеїн, мінеральна олива, стеаринова кислота та віск. Частка добавок для покращення ковзання і в'язучих речовин у «порошку для пресування з пилу» – від 0,2 до 0,4 % за вагою. «Порошок для пресування з пилу», що виготовляється за технологією псевдозрідженого шару, може використовуватися зі зменшеною часткою добавок для покращення ковзання та в'язучих речовин, а отже, забезпечувати кращі деформаційні характеристики.

Гранулювання методом псевдозрідженого шару, з одного боку, та нетермічні процеси гранулювання, з іншого боку – це альтернативи майбутнього у виробництві «порошку для пресування з пилу». Питоме споживання енергії при гранулюванні методом псевдозрідженого шару вище, ніж у звичайному процесі розпилювального сушіння, проте питоме споживання теплової енергії нижче.

Якщо «паста для видавлювання» для формування з м'якої пластичної маси виготовляється шляхом використання «порошку для пресування з пилу», порошок та отриманий на виході шлікер для лиття змішуються, поки вміст води не становитиме приблизно 20-25 %. Екструдовані циліндричні секції певний час зберігаються, щоб забезпечити рівномірну вологість і натяг. Для збільшення міцності пластичних сполук при формуванні з м'якої пластичної маси використовуються органічні добавки і реагенти та неорганічні в'язучі речовини, такі як хлорид магнію, сульфат чи фосфат магнію або тетраборат натрію.

Для виготовлення ливарних сумішей (шлікеру для лиття) фільтраційний кек, відходи пластичних сумішей, що використовувалися для формування з жорсткої пластичної маси, або «порошок для пресування з пилу» розчиняються у воді. Вміст води у шлікері для лиття – від 25 до 35 %. Для забезпечення хороших ковзних характеристик навіть за низького вмісту води використовуються добавки, такі як сода, силікат натрію або калію, їдкий натр або гумінова кислота.

### 2.3.6.3. Формування

У виробництві побутової кераміки використовуються різні три типи процесів формування. Плоскі керамічні вироби, такі як тарілки та блюда, виготовляються переважно шляхом сухого пресування. Порожнисті керамічні вироби, як-от вази, виготовляються шляхом лиття, а чашки та глечики виготовляються шляхом пластичного пресування.

У процесі сухого пресування «порошок для пресування з пилу» (вміст води близько 5 %) ізостатично пресується з використанням допоміжних речовин. «Порошок для пресування з пилу» засипається у прес. Прес складається з верхньої та нижньої частин. У нижній частині основною деталлю стискання слугує ізостатична мембрана. Залежно від виробу, конструкція верхньої частини пресу може мати різну форму. Горизонтальні преси, у яких використовуються багатоформові головки, здатні виготовляти різні вироби з високою продуктивністю. Двоголовкові преси виготовляють до 1200 одиниць продукції за годину. Порошок запресовується у форму під тиском 30 МПа. Перевагою цього процесу є низький вміст води у сирих виробах.

У процесі пластичного формування «паста для видавлювання» (з вмістом води від 20 до 25 %) формується на машинах типу «гончарний круг» за допомогою інструментів для контурної обробки. Динамічно збалансовані вироби виготовляються у гіпсових формах, які виробляються на спеціальних підприємствах. Циліндрична пластична маса ріжеться на приблизно однакові пластини. На наступному кроці пластини механічно дозуються у гіпсові форми на машинах типу «гончарний круг». Термін служби гіпсових форм дуже короткий. У гіпсовій формі часто виготовляється лише 100-150 одиниць продукції. Нещодавно почали використовуватися пористі форми, виготовлені з полімерних матеріалів, які мають довший термін служби.

Вироби без динамічного балансування виготовляються шляхом лиття зі шлікеру. Керамічна маса формується шляхом зневоднення вилівка зі шлікеру у гіпсових формах. Процес лиття суцільного вилівка використовується головним чином для виробництва плоскої керамічної продукції. Вази та глечики виготовляються за допомогою процесу шлікерного лиття порожнистих виробів. Для виробництва у промисловому масштабі використовуються ливарні машини. Виробництво у менших масштабах здійснюється шляхом лиття вручну. Час формування керамічної маси можна зменшити шляхом прикладання тиску. Лиття під тиском здійснюється у пористі полімерні форми зі створенням тиску до 4 МПа. Лиття під тиском набагато швидше, ніж звичайний процес лиття – такі цикли лиття тривають лише дві-три хвилини.

Пресування під тиском – це додатковий процес, що використовується для виробництва побутової кераміки. Вироби виготовляються у гіпсових або полімерних формах з двох деталей. У порівнянні з процесом лиття зі шлікеру з використанням пластичної керамічної маси, цей процес значно зменшує час формування керамічної маси.

#### **2.3.6.4. Сушіння**

Вироби, виготовлені за допомогою процесу лиття зі шлікеру або пластичного формування, потрібно висушити у спеціальних сушарках до вмісту вологи менше двох відсотків. Для такого зневоднення використовуються камерні та тунельні сушарки, що опалюються теплом відпрацьованих газів печі, природним газом або мазутом сорту ЕЛ («надлегкий»). Альтернативою звичайному процесу сушіння є інфрачервоні сушарки та мікрохвильові сушарки. Ці сушарки застосовуються для підсушування ливарних сумішей, а також для сушіння використаних і нових гіпсових форм. Мікрохвильові сушарки конструюються у вигляді камерних, тунельних та камерних прохідних сушарок.

Нерівності поверхні та відбитки форми, що залишилися від процесу формування, видаляються шляхом правлення. Правлення здійснюється за допомогою ножів та наступної обробки мокрою гумовою губкою. Пресовані та сформовані на гончарному крузі вироби чистяться переважно машинами, а інші вироби обробляються вручну. При виробництві у промисловому масштабі процеси формування, сушіння та правлення об'єднуються в один процес виробництва.

#### **2.3.6.5. Випалювання, глазурування та оздоблення**

Побутова кераміка випалюється від одного до чотирьох разів, залежно від матеріалу та технології виробництва. На першому кроці у ході бісквітного обпалювання заготовка набуває міцності та поглинальної здатності, необхідної для глазурування. Температури бісквітного обпалювання варіюються від 900 до 1050 °С, а тривалість випалювання у класичних тунельних печах становить від 18 до 30 годин. Печі швидкого випалювання забезпечують коротший час випалювання від трьох до семи годин.

Глазурування виконується після бісквітного обпалювання. Глазур складається зі склоподібних сполук з великим вмістом флюсувальних речовин, розчинених у воді. Порожністі вироби (за винятком чашок) глазуруються шляхом занурення вручну. Плоскі керамічні вироби та чашки глазуруються механічним способом шляхом поливання глазур'ю, а у дрібносерійному

виробництві вироби глазуруються вручну шляхом занурення. Плоскі керамічні вироби також глазуруються шляхом розпилення. Адгезійні засоби (наприклад, поліамін або декстрин) використовуються як органічні в'язучі речовини та клеї. Для прискорення сушіння з глазур'ю змішуються електроліти.

Далі застосовується глазурне випалювання: воно виконується в окисній або відновлювальній атмосфері за температур від 1320 до 1430 °С. Печі для глазурного випалювання – це тунельні печі з вагонетками для тунельних печей, багатоплатформові печі з висувним подом, тунельні печі швидкого випалювання з рухомими столами для випалювання, печі для випалювання плит або стрічково-конвеєрні печі. Печі періодичної дії, такі як камерні печі, печі з висувним подом та ковпакові печі, працюють з низькими швидкостями подачі. Вироби, які потрібно випалювати, встановлюються на вогнетривку пічну арматуру (так звані «пічні припаси»). Глазурне випалювання триває від 25 до 36 годин у тунельній печі або від трьох з половиною до п'яти годин у печах швидкого випалювання без пічної арматури.

Таблиця 2.17. and Таблиця 3.48. show examples of operating data of periodically and continuously operated kilns [4, UBA, 2001].

Піч з висувним подом	Одиниця вимірювання	Порцеляна
Продуктивність	т/цикл	0,91
Об'єм камери для	м <sup>3</sup>	7,0
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	12,8
Температура випалювання	°С	1400
Питома енергоємність	кДж/кг	20000
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /год.	12500
Температура димових	°С	800

Таблиця 2.17. Експлуатаційні параметри печі з висувним подом

Тунельні печі	Оди	Порцеляна		Порцеляна	Порцеля
		Бісквітне	Глазурне	Швидке	Швидке
Випалювання					
Продуктивність	т/го	0,3 – 0,7	0,2 – 0,4	0,58	0,47
Довжина печі	м	60 – 100	80	70	56
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	0,7	0,94
Щільність садки	кг/м	60 – 70	60 – 70	<100	<100
Температура випалювання	°С	850 – 1260	1200 – 1400	1420	1420
Питома енергоємність (сушіння + випалювання)	кДж /кг	25000	20000	12500 без сушіння	19700
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /Г	3500 – 5000	3500 – 5000	н/д	н/д
Температура димових газів	°С	120 – 170	120 – 170	н/д	н/д

Таблиця 2.18. Експлуатаційні параметри тунельних печей

У процесі випалювання глазур плавиться і ущільнює пористу керамічну масу. Поверхня стає водонепроникною і гладкою. Після глазурного випалювання товари сортуються за відповідними класами якості. Ділянки без глазури шліфуються і поліруються для максимального збільшення цінності виробів.

Кісткова порцеляна – це спеціальний матеріал для традиційного столового посуду та чайних сервізів. Важливими сировинами для виготовлення кісткової порцеляни є корнуольська глина, корнуольський камінь та до 50 % випалених кісток великої рогатої худоби. Температура глазурного випалювання – від 1250 до 1350 °С, а температура бісквітного обпалювання – від 1100 до 1150 °С. Атмосфера печі з глазурною парою забезпечує дуже гладку поверхню.

Подальше оздоблення максимально збільшує цінність виробу і дає змогу адаптувати його до індивідуальних вимог. Для оздоблення використовуються надглазурні, внутрішньоглазурні та підглазурні барвники і металеві сполуки. У процесі надглазурного оздоблення оздоблюються глазуровані і вже випалені вироби. Надглазурне оздоблення випалюється у глазур за допомогою додаткового процесу випалювання. У процесі внутрішньоглазурного оздоблення барвні пігменти утоплюються в глазур. У процесі підглазурного оздоблення вироби оздоблюються до початку процесу глазурювання. Типовими процесами оздоблення є декалькоманія, передрук, безпосередній шовкотрафаретний друк, емальювання внутрішньої поверхні, нанесення смужки на край, штампування, присипання порошком, фарбування, розпилення, нанесення рисунка по трафарету та витравлювання. Окрім оздоблення вручну, застосовуються машини для шовкотрафаретного друку та кольорового друку. У якості флюсувальних речовин, замутнювачів, а також для безпосереднього фарбування у процесі глазурювання та оздоблення застосовуються численні оксиди. Глазур і оздоблювальні барвники складаються зі складних систем численних пігментів. У наступному списку перелічені елементи і їх хімічні валентності (у дужках), з якими вони зустрічаються у якості оксидних сполук у пігментах: Cu (1, 2), Ca (2), Zn (2), Al (3), In (3), Si (4), Sn (4), Pb (2), Ti (3, 4), Zr (4), Ce (4), Pr (4), V (4, 5), Sb (3, 4, 5), Cr (3, 6), Mo (4, 6), Mn (2, 4), Fe (2, 3), Co (2), Ni (2) та Cd (2).

На додачу до процесу оздоблення, у Таблиці 2.19 та Таблиці 2.20 наведені приклади експлуатаційних параметрів різних печей [4, УВА, 2001], [21, Алмейда, 2004].

Тип печі	Процес	Температура випалювання (°C)	Час випалювання
Електрична плавильна піч з транспортуванням у кошику	Оздоблення шляхом плавлення	760 – 840	2 – 4 год.
Тунельна піч швидкого випалювання (салазковий механізм або стіл для випалювання)	Надглазурне оздоблення	850 – 950	40 – 70 хв.
Піч з роликівим подом і пічною арматурою	Надглазурне оздоблення	850 – 950	40 – 70 хв.
Піч з роликівим подом і кварцовими виробами	Надглазурне оздоблення	1080	40 – 70 хв.
Двоколійна стрічково-конвеєрна піч	Надглазурне оздоблення	850 – 950	40 – 70 хв.
Двоколійна стрічково-конвеєрна піч	Надглазурне оздоблення	1050	40 – 70 хв.
Тунельна піч з транспортуванням на опорній плиті	Оздоблення шляхом високотемпературного випалювання	1300 – 1400	7 – 16 год
Піч з висувним подом	Надглазурне	850 – 950	8 – 10 год.

**Таблиця 2.19. Експлуатаційні параметри надглазурного декорування**

Тип печі	Процес	Температура випалювання (°C)	Час випалювання
Піч з висувним подом	Оздоблення шляхом	1300 – 1400	14 – 24 год.
Тунельна піч швидкого випалювання (салазковий)	Оздоблення шляхом високотемпературного	1350 – 1420	2 – 4 год.
Тунельна піч швидкого випалювання (салазковий)	Внутрішньоглазурне оздоблення	1200 – 1280	60 – 90 хв.
Піч з роликівим подом і спеціальними роликами	Внутрішньоглазурне оздоблення	1200	60 – 90 хв.
Піч з висувним подом	Підглазурне	1370 – 1420	18 – 30 год.
Тунельна піч з пічною	Підглазурне	1370 – 1420	18 – 30 год.
Тунельна піч зі столом для	Підглазурне	1370 – 1420	12 – 16 год

Тунельна піч швидкого випалювання (салазковий)	Підглазурне оздоблення	1370 – 1420	3 – 4 год.
Піч з роликівим подом і спеціальними роликами	Підглазурне оздоблення	1350	2 – 4 год.

**Таблиця 2.20. Експлуатаційні параметри внутрішньоглазурного та підглазурного декорування**

Ще один процес виробництва побутової кераміки, який використовується у кількох випадках, передбачає використання лише одного процесу випалювання без попереднього випалювання. Цього одинарного процесу випалювання достатньо для неоздоблених виробів та для виробів з оздобленням, нанесеним перед глазуруванням. Випалювання займає 20 годин у печах з висувним подом за температури 1260 °С. Золото, платину та інші металеві барвники потрібно випалювати за нижчої температури – 890 °С [17, Буркарт, 2004], [22, SYKE, 2004].

У процесі виробництва побутової кераміки як паливо для різних типів печей використовується переважно природний газ і зріджений вуглеводневий газ. Такі палива, як мазут сорту ЕЛ, рідко використовуються у цьому секторі.

#### **2.3.6.6. Заключна обробка**

Після оздоблення та контролю якості вироби сортуються. Наступна мокра обробка здійснюється шліфувальними та полірувальними машинами для згладжування поверхні виробів. Деякі вироби попередньо упаковуються механічним способом. Після цього комплекти для продажу та відвантаження складаються разом і упаковуються вручну. Під час виробництва сучасного столового посуду транспортування заготовок між етапами формування, сушіння, випалювання та заключної обробки автоматично здійснюється роботами.

#### **2.3.6.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві побутової кераміки**

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесі виготовлення побутової кераміки показані на наступному рисунку [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

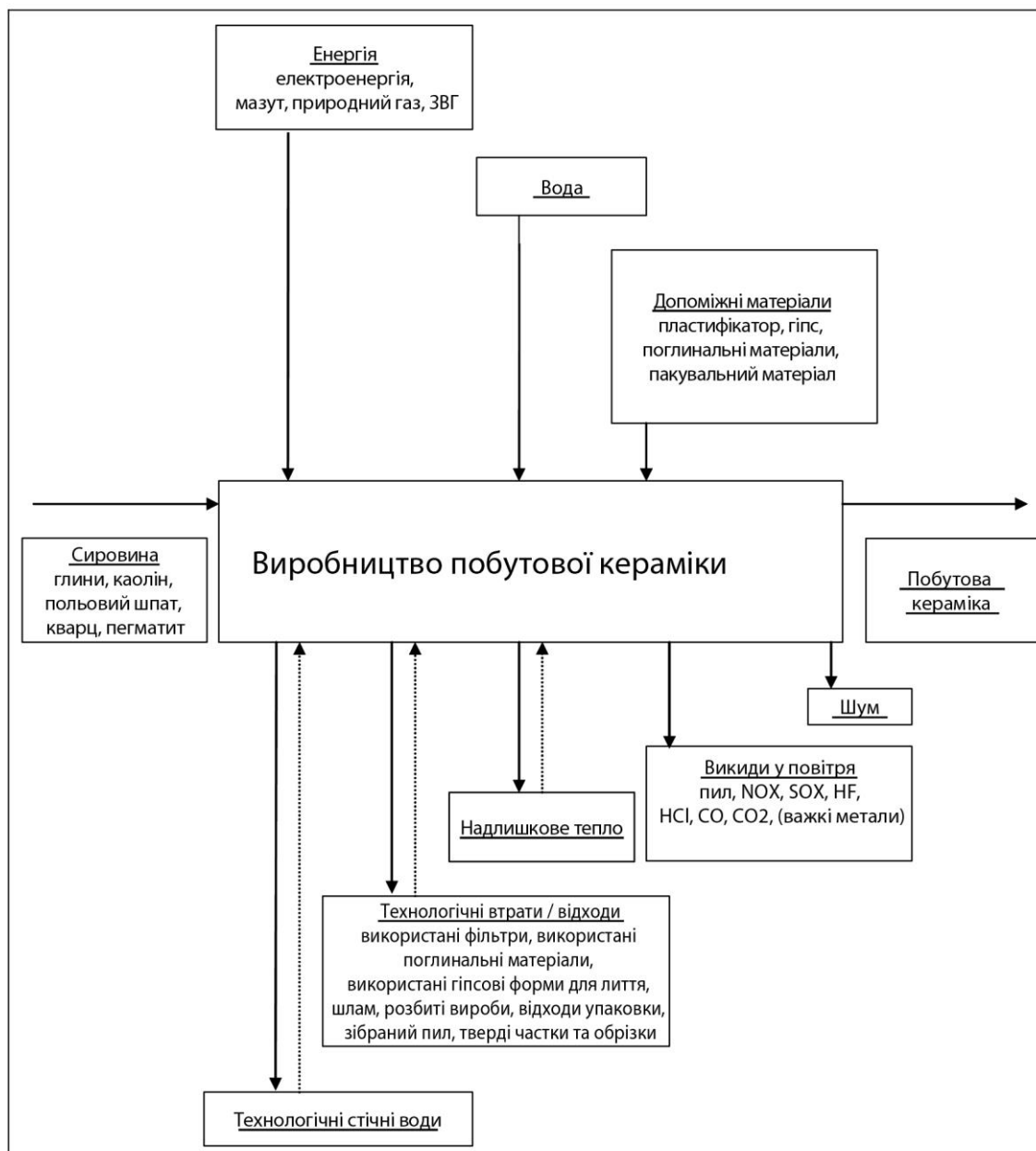


Рисунок 2.23. Вхідні та вихідні потоки при виробництві побутової кераміки

### 2.3.7. Сантехніка

Основні кроки технологічного процесу у виробництві сантехніки – це зберігання сировини, підготовка сировини, формування, сушіння, глазурування, випалювання та заключна обробка. На наступному рисунку зображена схема процесу виробництва сантехніки [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

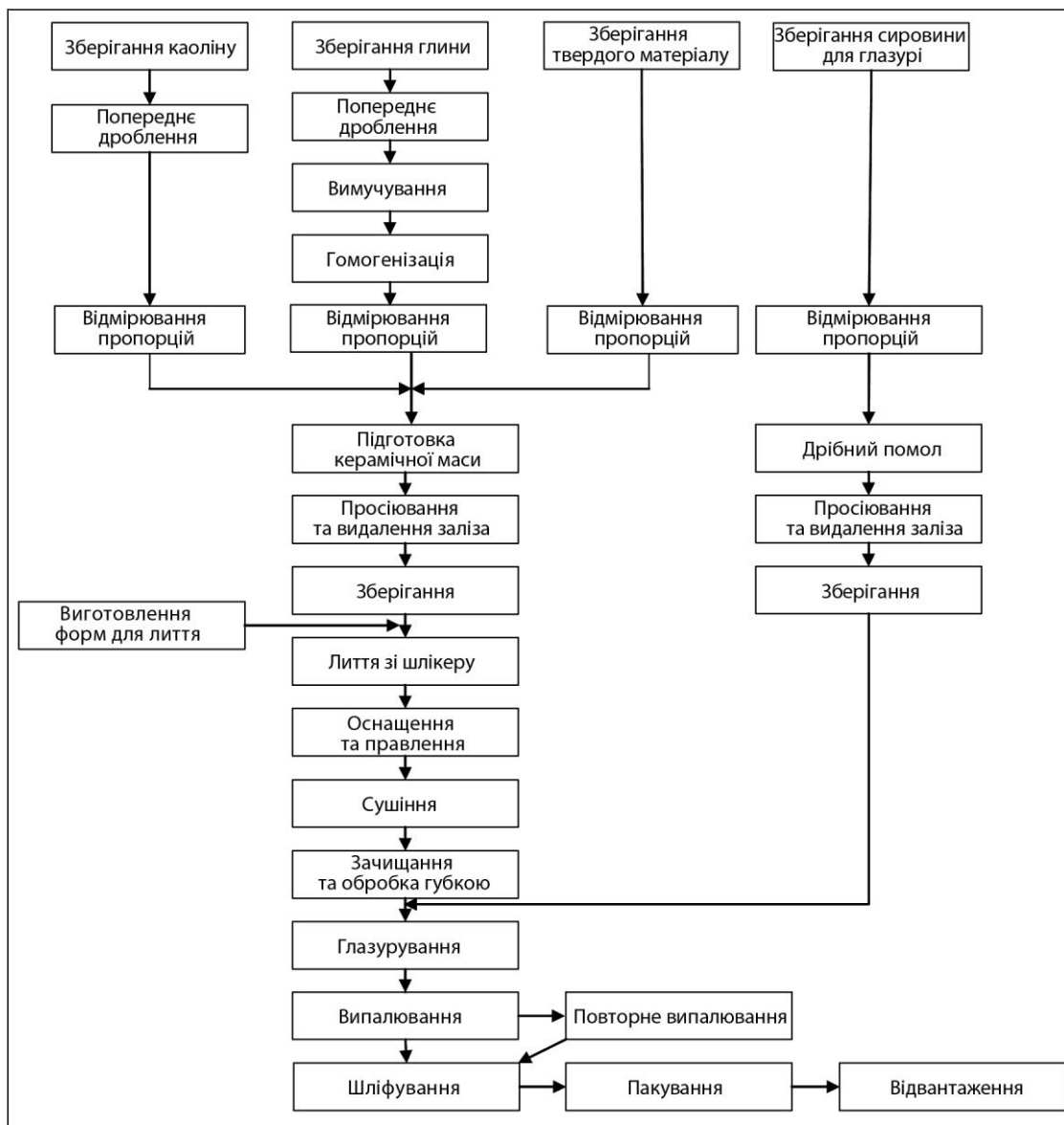


Рисунок 2.24. Схема виробництва сантехніки

#### 2.3.7.1. Сировини

У цьому процесі застосовуються такі сировини, як каолін, глина, кварц, польовий шпат та карбонат кальцію. Типова порція містить 40-50 % каоліну та глини, 20-30 % кварцу, 20-30 % польового шпату та від 0 до 3 % карбонату кальцію. Каолін бажано зберігати в купах з максимальним вмістом води 15 відсотків. Тверді матеріали, такі як кварц і польовий шпат, розмелюються на дрібні частки і використовуються у виробництві з вмістом води менше одного відсотка. Сировина зберігається в силосах або боксах для уникнення будь-яких атмосферних впливів.



### 2.3.7.2. Підготовка сировини

Підготовка сировини для сантехніки здійснюється переважно у процесі мокрої підготовки. Каолін і глина прочісуються у зубчатих валкових дробарках або подібних установках. Після цього матеріали подрібнюються до часток діаметром менше п'яти міліметрів у процесі дрібного помолу. Матеріал вимучується у воді, а сторонні домішки видаляються з глинистого розчину шляхом просіювання. Після цього відсіяна глиняна суспензія гомогенізується у баках за допомогою повільних мішалок. Пропорції твердих матеріалів відмірюються за вагою, і до них додаються електроліти.

Така підготовка сировини нечасто здійснюється виробниками кераміки. Часто виробник відмірює пропорції лише доставленої йому сировини, а потім шлікер фактично виготовляється у блунжерах [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Подальше зберігання у змішувальних баках протягом кількох днів покращує формувальні характеристики шлікеру для лиття. Щоб забезпечити придатність матеріалу до лиття у поєднанні з низьким вмістом води, використовуються розріджувачі та речовини, які покращують стійкість, як-от сода, розчинне скло, сполуки їдкого натру, їдкого калі та гумінової кислоти. Матеріали глазури відмірюються, а тоді перемішуються і розмелюються у кульових млинах (порціями) або у горизонтальних млинах чи млинах з кільцевим просвітом (неперервно). Для максимального збільшення адгезії та міцності зчеплення після розмелювання до глазури додаються в'язучі речовини, такі як карбоксиметилцелюлоза або поліамін. Щоб уникнути забарвлення заліза магнітними домішками, з керамічної маси та глазури постійними магнітами видаляють залізо.

### 2.3.7.3. Формування

У наш час більшість керамічних виробів досі формують у гіпсових формах. Спостерігається тенденція до розвитку процесу безгіпсового формування, що здійснюється у пористих полімерних формах. Процеси лиття зазвичай здійснюються у гіпсових формах. Вода відходить з відлитого шлікеру через пористі ділянки гіпсових форм, утворюючи керамічну масу. Час формування керамічної маси зменшують шляхом прикладання тиску. Складні сантехнічні вироби виготовляються шляхом шлікерного лиття порожнистих виробів. Додаткові суцільні литі деталі виготовляються у паралельному процесі і додаються та приєднуються до основної маси. У цьому процесі оснащення створюється остаточна форма виробу. Після відділення керамічної маси від ливарної форми відбитки форми зачищаються і додатково обробляються. Переміщення і правлення керамічної маси здійснюється переважно автоматично.

Керамічні форми сантехніки все частіше виготовляються машинами за допомогою полімерних форм, що складаються з кількох частин, у поєднанні з литтям під тиском. Залежно від виробу, використовуються полімерні форми з чотирьох або п'яти деталей. Прикладання тиску до 3 МПа мінімізує час формування керамічної маси. Цикл формування унітазів зменшується до п'яти-восьми хвилин. Зачищення та оснащення зазвичай здійснюють, поки керамічна маса зафіксована у формі. Переваги полімерних форм у порівнянні з гіпсовими формами полягають у тому, що їх легше чистити, і вони мають довший термін служби.

### 2.3.7.4. Сушіння та глазурування

Сирі вироби сушаться у два етапи. Після сушіння до твердості шкіри сирі вироби обробляються до ідеального стану. У результаті наступного сушіння до спікання вміст води зменшується до менш ніж одного відсотка. Процес сушіння здійснюється у тунельних або камерних сушарках. Мікрохвильові сушарки будуються у вигляді тунельних сушарок і також використовуються для сушіння до твердості шкіри та сушіння до спікання. У наступній таблиці наведені приклади експлуатаційних параметрів для сушарок періодичної дії [4, UBA, 2001], [21, Алмейда, 2004].

Камерні сушарки	Одиниця вимірювання	Унітази та умивальники
Продуктивність	т/цикл	4 – 45
Об'єм сушильної камери	м <sup>3</sup>	30 – 375
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	30 – 200
Температура сушіння	°С	60 – 90
Час сушіння	год.	8 – 20
Питома енергоємність	кДж/кг	300 – 1400
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /год.	2000 – 20000
Температура димових	°С	60 – 150

**Таблиця 2.21. Експлуатаційні параметри сушарок періодичної дії (камерних сушарок)**

Після сушіння до спікання сирі вироби оглядаються, і їх поверхня очищається від пилу та сторонніх часток. Глазур наноситься на поверхню виробу шляхом розпилювання роботами або вручну. Товщина глазури – від 0,3 до 0,5 мм, залежно від кольору керамічної маси та частки замутнювачів у глазури. Розпилювання в електричному полі забезпечує максимальну якість глазури.

### 2.3.7.5. Випалювання

Сантехніка випалюється у тунельних печах і печах з роликівим подом за температур від 1250 до 1290 °С в окисній атмосфері. У дрібносерійному виробництві використовуються гнучкі в роботі печі періодичної дії, такі як печі з висувним подом. Печі з висувним подом застосовуються для зміни кривої випалювання конкретного виробу у дуже коротких циклах. Діапазони експлуатаційних параметрів печей, що використовуються для виробництва сантехніки, наведені у Таблиці 2.22 та Таблиці 2.23 [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [21, Алмейда, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Тунельна піч	Одиниця вимірювання	Сантехніка
Продуктивність	т/год.	1,5 – 2,0
Довжина печі	м	70 – 110
Площа перерізу	м <sup>2</sup>	1,5 – 2,5
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	100 – 150
Температура випалювання	°С	1250 – 1290
Питома енергоємність	кДж/кг	8300
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /год.	12000
Температура димових газів	°С	150 – 550

**Таблиця 2.22. Експлуатаційні параметри тунельних печей**

Піч з висувним подом	Один	Сантехніка
Продуктивність	т/цикл	5 – 15
Об'єм камери для	м <sup>3</sup>	50 – 150
Щільність садки	кг/м <sup>3</sup>	100
Температура випалювання	°С	1210 – 1250
Питома енергоємність	кДж/	8300 – 11300
Об'ємний потік димових	м <sup>3</sup> /го	до 50000
Температура димових газів	°С	150 – 550

**Таблиця 2.23. Експлуатаційні параметри печей з висувним подом**

У процесі виробництва сантехніки як паливо для різних типів печей використовується

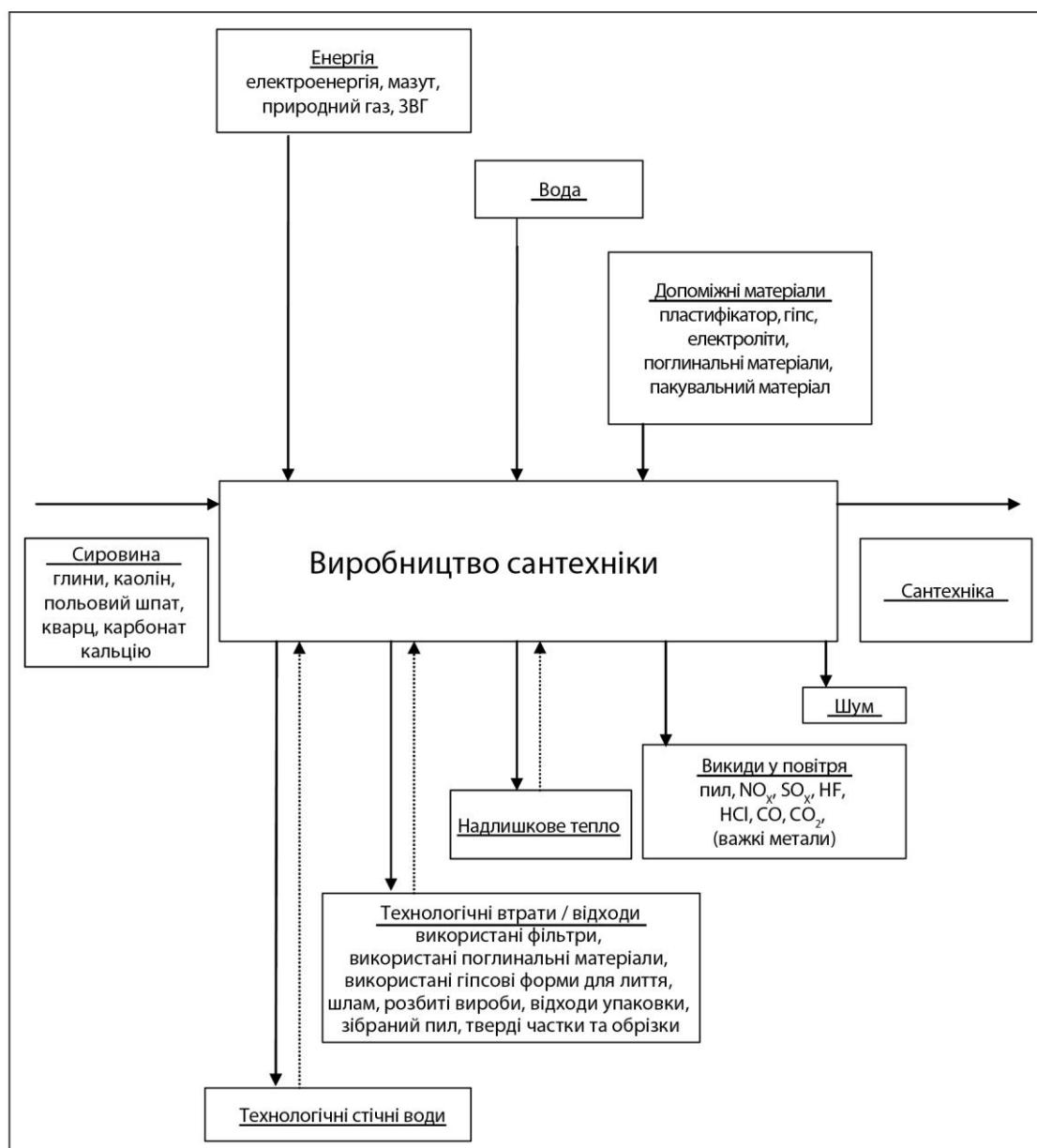
природний газ і зріджений вуглеводневий газ. Такі палива, як мазут сорту ЕІ та важкий мазут, рідко використовуються у цьому секторі. У процесі випалювання утворюються черепки розбитих випалених виробів та вогнетривкі відходи. Черепки розбитих випалених виробів складаються з бракованих виробів, що залишилися після процесу випалювання. Вогнетривкі відходи утворюються з розбитих деталей печі або зламаної пічної арматури чи деталей пічних вагонеток.

### 2.3.7.6. Заключна обробка

Після остаточного сортування обробляються абразивним матеріалом шляхом шліфування та полірування з охолодженням. У особливих випадках унітази та туалетні бачки комплектуються фітингами, а потім остаточно пакуються.

### 2.3.7.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві сантехніки

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесі виготовлення сантехніки показані на наступному рисунку [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 2.25. Вхідні та вихідні потоки при виробництві сантехніки**

**2.3.8. Технічна кераміка**

Технічна кераміка виготовляється не лише на основі глини, а й на основі синтетичної сировини. Як і в інших секторах керамічного виробництва, сировина випалюється у печах: у процесі її випалювання використовується переважно природний газ, проте також і електроенергія.

З огляду на велике різноманіття видів технічної кераміки та варіантів виробничого процесу, загальну схему виробничого процесу складно визначити, проте можна навести приклади схем різних виробничих процесів.

На наступному рисунку зображена схема процесу виробництва електроізоляторів [1, BMLFUW, 2003].

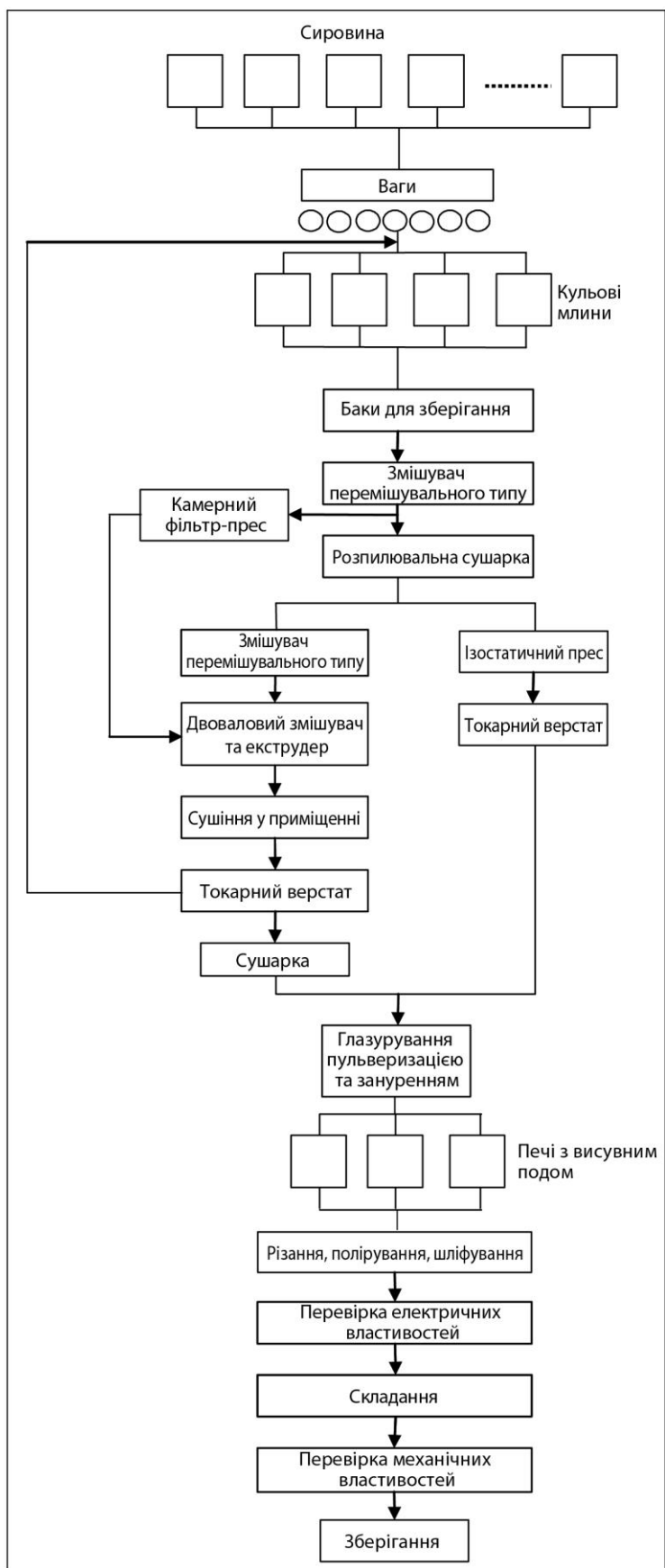


Рисунок 2.26. Схема технологічного процесу виробництва електроізоляторів

На наступному рисунку зображена схема процесу виробництва керамічних каталізаторів [1, BMLFUW, 2003].

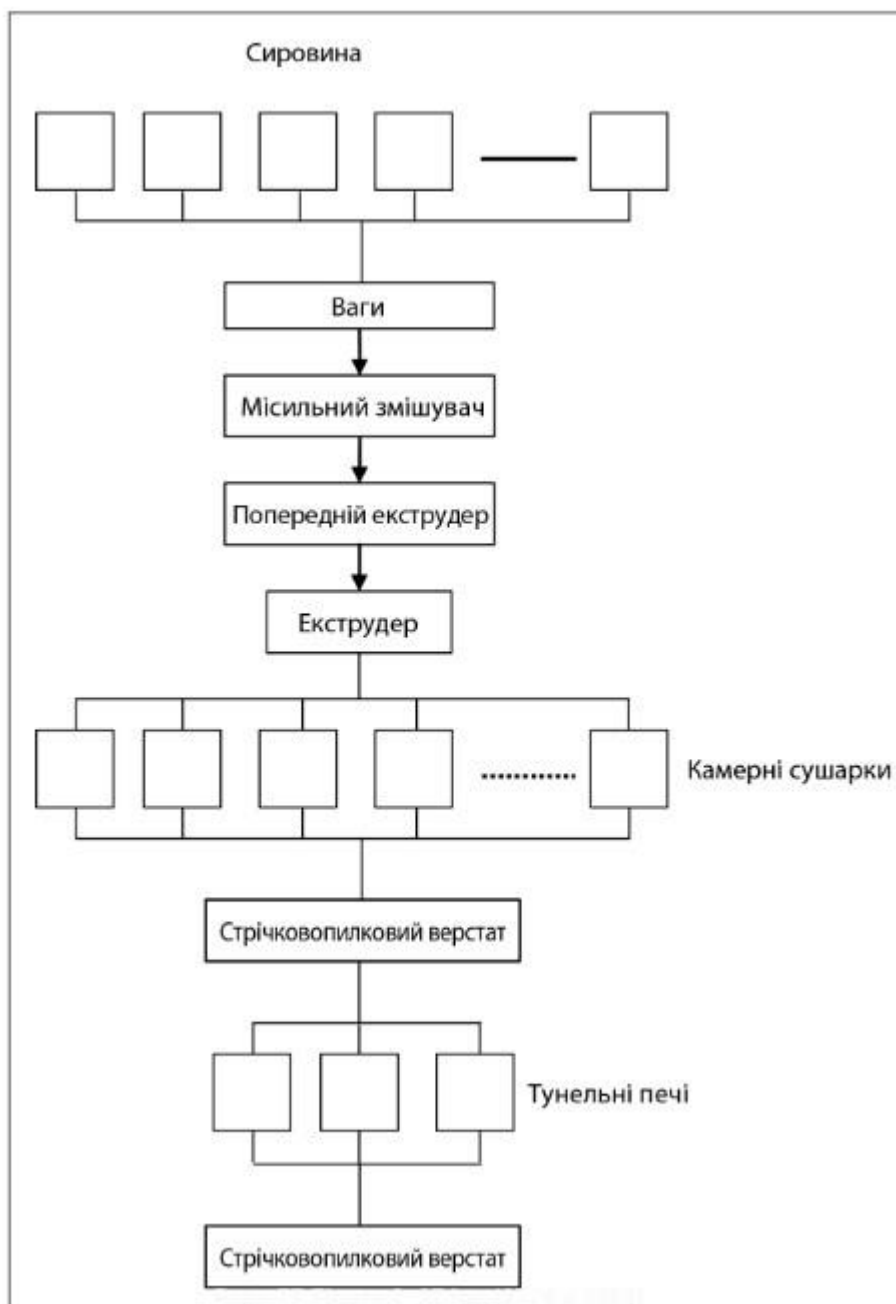


Рисунок 2.27. Схема технологічного процесу виробництва керамічних каталізаторів

### 2.3.8.1. Сировини

Технічна кераміка, яка містить лише невелику частку глини або взагалі її не містить, складається з таких матеріалів: оксиди, карбіди, нітриди та бориди Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr та інших іонів металів. Типовими прикладами таких матеріалів є  $Al_2O_3$  (глинозем), MgO (периклаз, або палена магnezія), SiC (карбід кремнію), TiN (нітрид титану) та  $WB_2$  (борид вольфраму) [8, Енциклопедія Ульмана, 2001].

Проте у якості сировини для технічної кераміки – наприклад, для виробництва електроізоляторів – також використовуються пластичні глини (наприклад, каолін), польовий шпат і кварц [1, BMLFUW, 2003].

Крім того, застосовуються добавки (допоміжні засоби), такі як (неорганічні) інтенсифікатори спікання та (зазвичай органічні) засоби для полегшення формування, як-от розріджувальні засоби, пластифікатори або в'язучі речовини, які є не менш важливими, ніж сама сировина [24, Інститут фон Кармана (VKI) – Німеччина, 2004].

### 2.3.8.2. Підготовка сировини

Існує два способи підготовки сировини:

- a) Виробник технічної кераміки отримує необхідну сировину і виконує всі необхідні операції обробки. Для різних процесів формування невипалений матеріал потрібно відповідним чином підготувати:
  - гранульовані матеріали – для пресування;
  - пластичний матеріал – для видавлювання;
  - шлікери – для лиття.
- b) Виробник технічної кераміки отримує вже підготовлений невипалений матеріал і починає виробництво кераміки з етапу відмірювання пропорцій або формування [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

Виробництво технічної кераміки часто потребує хімічного перетворення сировини у проміжні сполуки. Ці проміжні речовини піддаються очищенню і зрештою зазнають хімічного перетворення в остаточну форму. Для деяких видів технічної кераміки потрібно синтезувати спеціалізовані порошки – для синтезу таких порошоків можна використовувати різноманітні хімічні способи. Деякі хімічні способи, такі як обробка за допомогою золь-гель технології, дають змогу оминати порошкову стадію.

Оскільки вироби, а особливо невеликі деталі, повинні мати високу міцність і гладку поверхню, у цьому процесі необхідно використовувати дрібнозернисті порошки. Таким чином, одним із напрямків досліджень у галузі технічної кераміки є виробництво дуже дрібних порошоків, що обов'язково повинні складатися зі сферичних часток однорідного розміру. Такі порошки зазвичай виготовляються методами колоїдної хімії для оксидів. Згадані вище нітриди та карбіди забезпечують регульоване зародкоутворення та ріст часток у газофазних реакціях. Проте найбільш високотехнологічна кераміка досі виготовляється з порошоків, які демонструють широкий розподіл розмірів часток у субмікронному діапазоні [8, Енциклопедія Ульмана, 2001].

Деякі види сировини обпалюють («обпалюють до повного спікання» за високих температур), щоб зробити їх придатними для виробництва технічної кераміки. Детальніше на цю тему – у розділі 2.2.2.8.

У виробництві технічної кераміки також використовується процес розпилювального сушіння. Водна суспензія сировини, отримана у результаті мокрого розмелювання у кульовому млині (вміст твердих часток ~ 60-70 %) розпилюється під тиском для утворення дрібних крапель, які контактують зі струменем гарячого повітря. У результаті висушування крапель утворюються великою мірою однорідні порожнисті гранули більш-менш сферичної форми (вміст вологи – зазвичай 5,5-7 %). Ця форма «порошку для пресування з пилу» має високу рухливість, що дає змогу точно заповнювати прес-форми, а потім пресувати технічні керамічні вироби [3, CERAME-UNIE, 2003].

Слід зазначити, що матеріали – особливо синтетичні, такі як карбід кремнію, обпалена сировина, а також «порошок для пресування з пилу», висушений шляхом розпилювального сушіння, – часто виготовляються спеціалізованими постачальниками, проте все рівно іноді повинні проходити процедуру роздрібнення.



Втім, у цьому виробництві виготовляється не лише «порошок для пресування з пилу», а й «паста для видавлювання», особливо якщо у якості сировини для технічної кераміки використовуються пластичні глини (наприклад, для виробництва електропорцеляни або керамічних каталізаторів [1, BMLFUW, 2003]. Для виготовлення «пасти для видавлювання» розмелена суспензія зневоднюється у фільтрувальних пресах або обертових фільтрах до вмісту води приблизно від 20 до 25 %.

Ще один спосіб підготовки сировини – це виробництво шлікеру для лиття за допомогою процесу мокрої підготовки. Часто виробник відмірює пропорції лише доставленої йому сировини, а після цього виготовляє шлікер у блунжерах [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### 2.3.8.3. Формування

Методи формування технічних керамічних деталей можна поділити на такі основні типи [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004]:

- пресування (0-15 % вологи; сухе, ізостатичне, вологе та мокре пресування);
- пластичне формування (15-25 % вологи; видавлювання);
- лиття (>25 % вологи; лиття у форму методом вприскування, лиття зі шлікеру, плівкове лиття).

#### Сухе пресування

Сухе пресування використовується для серійного виробництва прецизійних виробів. Гранульовані матеріали, які не злипаються у грудки, стискаються у сталевих формах, сконструйованих спеціально для деталі, яка виготовляється. Висока вартість форм (іноді виготовлених із карбиду) зазвичай виправдана лише для великих партій.

Сухе пресування – це найбільш економічний процес для виробництва великих партій, що підходить як для простих, так і для складних геометричних форм. Заглиблення та отвори зазвичай проєктуються лише у напрямку пресування. Залежно від конструкції машини для сухого пресування, можна виготовляти компоненти різного розміру – від плитки до сірникової головки. Невеликі диски та пластини можна пресувати з товщиною близько 0,8 або 1,0 мм. При цьому на компоненті все рівно можна сформувати дрібні гребені або подібні структури, якщо гранульований матеріал при стисканні може ефективно заповнити отвори у пресувальному інструменті, і за умови, що необхідний інструмент можна створити.

#### Ізостатичне пресування

Ізостатичне пресування підходить для виготовлення рівномірно стиснених заготовок та великих деталей, які можна механічно обробити у сирому стані. Високоякісні вироби, що виготовляються у різних секторах технічної кераміки, потребують рівномірного ущільнення «порошку для пресування з пилу», якого можна досягти шляхом прикладання однакового тиску до всіх поверхонь. У ізостатичному пресі гумові або поліуретанові форми заповнюються керамічним порошком і поміщаються у посудину, заповнену рідиною. Далі у посудині створюється високий гідростатичний тиск, і після цього вироби виймаються з форм.

Цей тип формування добре підходить для виготовлення перспективних прототипів та невеликих серій, проте для деяких виробів ізостатичне пресування також можна повністю автоматизувати (для свічок запалювання, молольних куль, невеликих поршнів, сопел зварювальних пальників).

#### Мокре пресування / вологе пресування

Мокре пресування / вологе пресування дає змогу виготовляти деталі складної геометричної форми, такі як гвинтова різьба, бокові отвори, пази та виточки. З цією метою використовується невивпалений матеріал, зазвичай з вмістом вологи від 10 до 15 %. Завдяки стисканню по одній осі ці матеріали можуть вільно розтікатися – таким чином можна досягти порівняно рівномірного

стискання. Проте недоліком цього методу є те, що матеріали, які використовуються у мокрому пресуванні, витримують лише низькі напруження стискання. Це також означає, що ступінь їх стискання обмежений. Він суттєво залежить від вмісту вологи у невипаленому матеріалі і нижчий, ніж у деталях, які виготовляються шляхом сухого пресування.

Крім того, у деяких випадках відпресовані деталі необхідно просушити перед випалюванням. Від цього залежать середні допуски згідно зі стандартом DIN 40680-1.

### Видавлювання

Видавлювання здійснюється за допомогою поршневих екструдерів або вакуумних шнекових пресів. У процесі пластичного формування – наприклад, при виготовленні електроізоляторів – «паста для видавлювання» (з вмістом вологи від 20 до 25 % або від 19 до 23 % при видавлювання високовольтних ізоляторів) формується в екструдері, де вона набуває потрібної геометричної форми, ріжеться на шматки, а потім зазнає додаткового формування за допомогою токарних верстатів [1, BMLFUW, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Видавлювання також підходить для виробництва інших симетричних деталей, таких як осі або труби. Складні профілі можна виготовляти за допомогою додаткових насадок належної конструкції. Довжини заготовок, які виготовляються, великою мірою залежать від схильності матеріалу, що обробляється, до жолоблення.

### Лиття у форму методом вприскування

Лиття у форму методом вприскування підходить головним чином для масового виробництва складних виробів. Його використання обмежене порівняно високою вартістю та складним вигоранням органічних добавок. Типова пропускна здатність («маса завантажувальної порції») великих машин для лиття у форму методом вприскування складає до 70 г. Деталь загалом повинна бути спроектована так, щоб її товщина була якомога більш сталою з верхнім граничним значенням приблизно 12 мм.

### Лиття зі шлікеру

Лиття зі шлікеру – це простий метод виготовлення прототипів, деталей зі складною геометричною формою та порівняно великих виробів. Його можна використовувати для виготовлення як тонкостінних, так і суцільних предметів. Лиття кераміки зі шлікеру полягає в тому, що стійка суспензія під назвою «шлікер» заливається у пористу гіпсову форму, яка поглинає вологу. Внаслідок витягування рідини, яка містить зважені частки, на стінці форми утворюється шар часток. Цей шар росте і, у випадку лиття суцільного виробу, утворює повністю відлиту керамічну масу. У випадку лиття порожнистого виробу зайвий шлікер виливається, як тільки досягається потрібна товщина стінки.

### Плівкове лиття

Плівкове лиття означає, що керамічний шлікер, який містить різні органічні добавки, ллється на безкінечну сталеву смугу, яка приводиться в рух роликками. Шлікер безперервно витікає з резервуару через регульовану щілину на смугу. Смуга обдувається гарячим повітрям, яке рухається їй назустріч, таким чином, що на кінці стрічки завдяки наявності органічних добавок утворюється гнучка стрічка сирової кераміки. Цю стрічку можна змотати і помістити на склад, щоб обробити її пізніше, або відразу обробити шляхом різання, пробивання отворів, штампування або інших подібних методів. Плівкове лиття зазвичай використовується для виготовлення керамічних деталей товщиною від 0,25 до 1,0 мм. Отримані вироби підходять для виробництва основ плат, корпусів, конденсаторів та багатошарових вимірювальних перетворювачів.

2.3.8.4. Механічна обробка

Як показано на наступному рисунку, розрізняють механічну обробку до спікання (після сушіння), після попереднього спікання (після вигорання та попереднього випалювання) та після остаточного спікання (після випалювання/спікання) [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

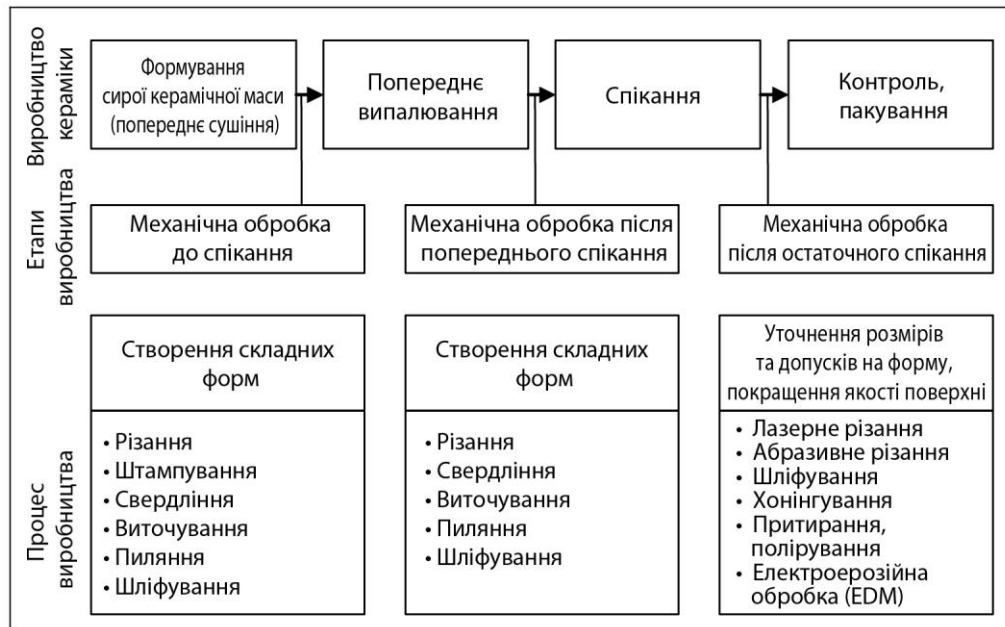


Рисунок 2.28. Механічна обробка до спікання, після попереднього спікання та після остаточного спікання при виробництві технічної кераміки

Механічна обробка до спікання виконується на сухих деталях, поки ті ще містять органічні добавки. Вона добре підходить для виробництва окремих деталей та невеликих партій. Крім того, вона використовується у виробництві великих партій для виготовлення форм, які не можна отримати безпосередньо за допомогою початкових процедур формування, – наприклад, отворів, розташованих уперек напрямку сухого пресування.

Механічна обробка після початкового спікання виконується на попередньо випалених деталях, з яких вже видалені органічні добавки. Міцність виробів залежить від попереднього випалювання. Таким чином можна досягти надзвичайно високої інтенсивності зняття матеріалу з порівняно низьким зношуванням інструмента, використовуючи при цьому звичайні інструменти з керамічним або алмазним покриттям. Виробники використовують цей процес як для виготовлення прототипів, так і для масового виробництва.

Механічна обробка після остаточного спікання виконується на повністю випалених / спечених виробах, приведених якомога ближче до їх кінцевих розмірів шляхом формування або механічної обробки до спікання чи після попереднього спікання. За допомогою процедури остаточної механічної обробки зі зняттям матеріалу можна досягти мінімальних можливих допусків. З огляду на суворі вимоги до розмірної точності та велике різноманіття геометричних форм і ступенів якості поверхні, для обробки керамічних компонентів необхідно використовувати сучасні обробні станки. Оскільки керамічні матеріали дуже тверді, для цього використовуються майже виключно алмазні інструменти (зі зв'язкою або у вигляді паст).

### 2.3.8.5. Глазурування, ангобування та металізація

#### Глазурування та ангобування

Нанесення глазури робить поверхні гладкими і візуально більш привабливими, проте глазур передусім може помітно покращити багато важливих з технічної точки зору характеристик керамічного виробу (наприклад, електричні властивості, механічну міцність, стійкість до впливу хімічних речовин, тощо). Шляхом змішування барвників (оксидів металів) можна отримати велике різноманіття кольорів глазури. Щоб забезпечити можливе збільшення міцності, коефіцієнти теплового розширення глазури та керамічної маси повинні з великою точністю збігатися. Невелике напруження стискання у глазури збільшує міцність готового виробу, проте напруження розтягу зменшує цей ефект, а тому його слід уникати.

На відміну від глазури, ангоб пористий і в основному не містить матеріалу у склофазі. Він зазвичай складається з вогнетривких оксидів ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $ZrO_2$ ), їх сумішей або вогнетривких мінералів, таких як муліт, шпінель, силікат цирконію або навіть каолін чи глина. Ангоби використовуються у будівництві печей для захисту керамічних поверхонь від несприятливих механічних чи корозійних впливів. Нанесений на вогнетривкі пічні припаси, такі як плити, балки чи ящики, ангоб дає змогу уникнути як хімічного реагування при контакті з опорними матеріалами для випалювання, так і прилипання глазури, що стікає з випалюваних виробів, які стоять на покритих ним пічних припасах [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004]

Тонкий шар мінеральної глазури чи ангобу наноситься на керамічні поверхні шляхом занурення, розпилення, фарбування валиком або щіткою.

#### Металізація

Деякі виробники технічної кераміки пропонують металізовану кераміку. У якості матеріалу підкладки можуть використовуватися оксид алюмінію та нітрид алюмінію. Запропоноване металеве покриття підходить для паяння тугоплавким, а також м'яким припоєм. Основу металевого покриття складає вольфрам з товщиною шару не менше 6 мкм, нанесений шляхом трафаретного друку. Для сприяння розтіканню припою зверху без використання електроліту наноситься шар нікелю, мінімальна товщина якого складає 2 мкм. Для захисту від корозії може наноситися шар золота товщиною близько 1 мкм. Як варіант, шар нікелю, нанесений без використання електроліту, може бути зміцнений здатним до прилипання шаром золота. Якщо передбачене паяння м'яким припоєм, також може бути нанесений додатковий шар олова [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

### 2.3.8.6. Сушіння, вигорання та попереднє випалювання

#### Сушіння

З огляду на велике різноманіття видів сировини та варіантів технологічного процесу, які індивідуально підбираються для забезпечення властивостей конкретного виробу, використовуються різні типи сушарок, але часто застосовуються камерні сушарки, особливо у випадку дрібносерійного виробництва.

#### Вигорання

Сирі керамічні вироби, сформовані з пластичного матеріалу, у цьому стані зазвичай стійкі до розламування, але цю стійкість можна додатково підвищити за допомогою органічних добавок. Проте якщо невипалений матеріал непластичний, такі добавки обов'язково потрібно використовувати. Для забезпечення вигорання залишків пластифікаторів та в'язучих речовин разом з іншими органічними добавками необхідно підтримувати ретельно адаптований профіль «температура-тиск-атмосфера-час»: це потрібно, щоб видалити ці добавки з дрібнопористої сиріої керамічної маси без руйнування виробу та з можливістю відтворення. Одним із різновидів

вигорання є так звана «карбонізація», або «коксування» – наприклад, з використанням SiC. У цьому процесі органічні компоненти перетворюються у вуглець, який залишається у структурі матеріалу і під час реакції спікання перетворюється у керамічну матрицю за допомогою доданих реагентів. Після сушіння та вигорання (або карбонізації/коксування) структура сирової керамічної маси (пресованого порошку у формі компонента) зв'язується до купи лише слабкими силами когезії, а тому на наступних етапах обробки з таким виробом слід поводитися особливо обережно. Тому процеси сушіння і вигорання завжди, коли це можливо, об'єднуються з випалюванням/спіканням [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

#### Попереднє випалювання

Щоб зменшити рівень ризику під час роботи з виробом, і щоб мати змогу застосовувати варіант механічної обробки після попереднього спікання, сформовану сиру керамічну масу можна зміцнити шляхом випалювання з порівняно малою усадкою за допомогою процесу попереднього випалювання. Для цього необхідно, щоб міцність та ступінь усадки можна було відтворювати шляхом контролю параметрів технологічного процесу [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

#### **2.3.8.7. Випалювання/спікання**

З огляду на велике різноманіття видів сировини та варіантів технологічного процесу, для випалювання використовуються різні типи печей. Для дрібносерійного виробництва використовуються гнучкі у роботі печі періодичної дії, такі як печі з висувним подом, які застосовуються для зміни кривої випалювання конкретного виробу у дуже коротких циклах.

Типові температури спікання для технічних керамічних матеріалів наведені у наступній таблиці [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

Технічний керамічний матеріал	Температура спікання (°C)
Глиноземиста порцеляна	Приблизно 1250
Кварцова порцеляна	Приблизно 1300
Жировик	Приблизно 1300
Кордієрит	1250 – 1350
Оксид алюмінію	1600 – 1800
Перекристалізований карбід	2300 – 2500
Спечений карбід кремнію	Приблизно 1900
Нітрид кремнію	Приблизно 1700

**Таблиця 2.24. Температури спікання технічних керамічних матеріалів**

Енергія, потрібна для процесу випалювання, збільшується непропорційно зростанню температури випалювання. Окрім підведення енергії, для складання сирих керамічних виробів у печі використовується пічна арматура («пічні припаси»), виготовлена з вогнетривких матеріалів, яка може витримувати дуже високі температури. За допомогою певних типів процесу випалювання з деяких керамічних матеріалів можна створювати спеціальні різновиди матеріалів [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

#### Гаряче пресування (ГП)

Гаряче пресування використовується для виготовлення компонентів з густиною, близькою до теоретичного максимуму. Це процес спікання, для сприяння якому застосовується одновісне пресування.

### Гаряче ізостатичне пресування (ГІП)

Гаряче ізостатичне пресування дає змогу досягти максимальної густини виробів (особливо дрібних деталей) шляхом прикладання ізостатичного тиску газу до 3000 бар за температур приблизно до 2000 °С (зазвичай в оболонці з силікатного скла, яка здатна обвалюватися).

Одним із прикладів випалювання технічної кераміки у великих печах з висувним подом є виробництво електроізоляторів шляхом застосування модульованої температурної програми (потужність печі – 100 м<sup>3</sup>, щільність садки – 260 кг/м<sup>3</sup>, температура випалювання – до 1300 °С, час випалювання включно з фазою охолодження – 80-105 годин) з природним газом у якості палива [1, BMLFUW, 2003].

Ще одним прикладом використання печей з висувним подом є виробництво пічної арматури («пічних припасів») [17, Буркарт, 2004]:

- Н-касети, сформовані зі спеціальних вогнетривких глин, випалюються у печах з висувним подом (щільність садки менше 300 кг/м<sup>3</sup>, об'єм печі – 12 м<sup>3</sup>) за температури 1360-1390 °С з природним газом у якості джерела енергії. Вони використовуються у якості пічної арматури у виробництві черепиці.
- Пічна арматура на основі SiC, сформована з порошку SiC та органічних в'язучих речовин, випалюється в електричних індукційних печах з висувним подом (щільність садки менше 300 кг/м<sup>3</sup>) за температури 2000-2500 °С у водневій/азотній атмосфері. Вона використовується в інших процесах виробництва – зокрема, у швидкому глазурному випалюванні порцеляни.

Проте для виробництва технічної кераміки також використовуються тунельні печі. Прикладом такого процесу є випалювання керамічних каталізаторів у тунельній печі довжиною 63 м за максимальної температури 650 °С та з продуктивністю 0,76 м<sup>3</sup>/год. [1, BMLFUW, 2003].

#### 2.3.8.8. Заклучна обробка

З огляду на велике різноманіття технічної кераміки, вироби часто потребують заключної обробки, такої як різання, пиляння, шліфування, полірування та складання у єдину конструкцію з іншими деталями. Інформація на цю тему, особливо щодо механічної обробки у повністю спеченому стані, наведена у розділі 2.3.8.4. Після остаточного контролю якості вироби сортуються і пакуються.

#### 2.3.8.9. Вхідні та вихідні потоки при виробництві технічної кераміки

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесах виготовлення технічної кераміки показані на наступному рисунку [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].



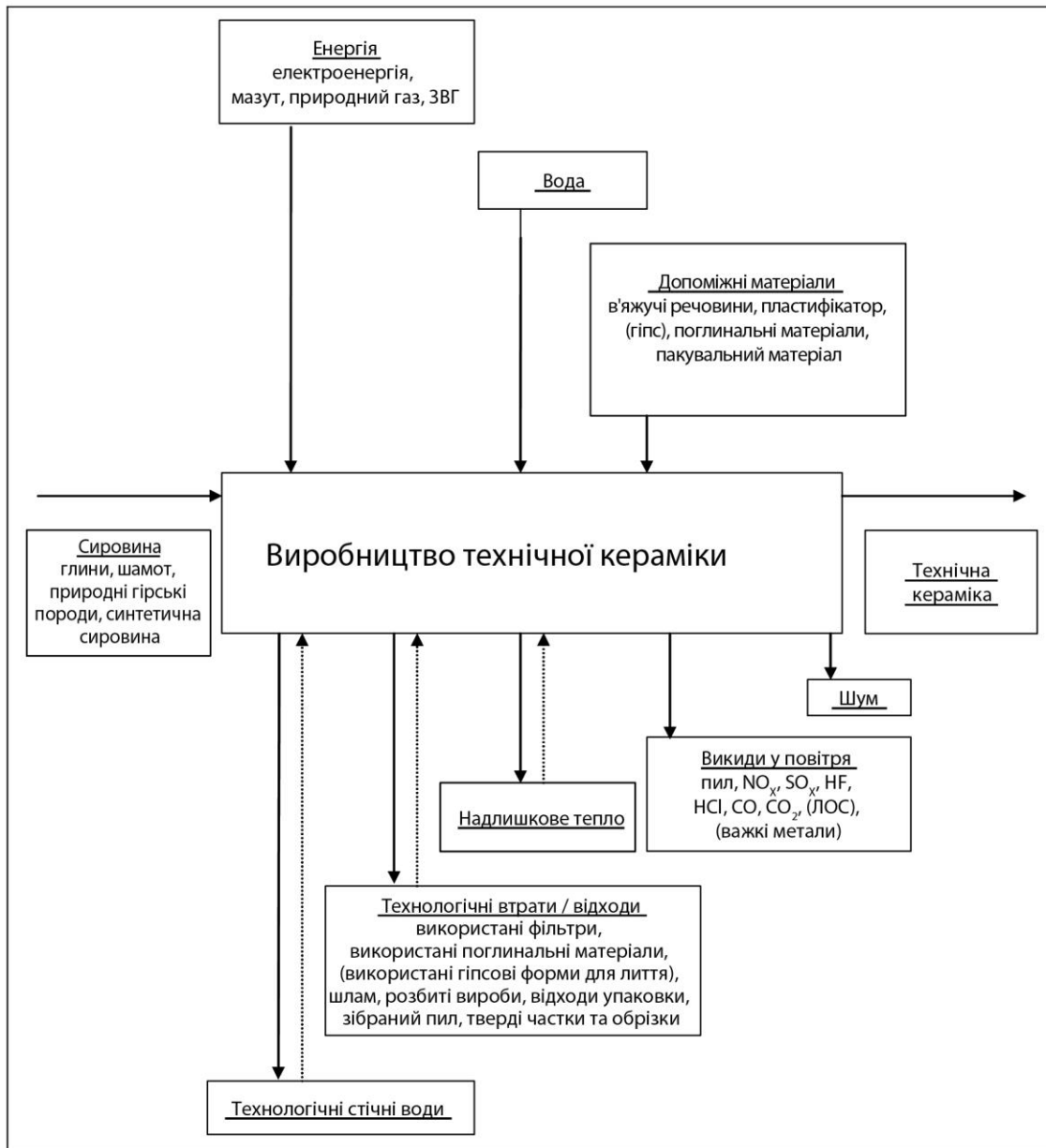


Рисунок 2.29. Вхідні та вихідні потоки при виробництві технічної кераміки



### 2.3.9. Неорганічні абразиви зі зв'язкою

#### 2.3.9.1. Сировини

Неорганічні абразиви зі зв'язкою складаються з абразивних зерен, в'язучих речовин та кількох добавок, які змішуються, формуються, сушаться та випалюються [14, УВА, 2004].

У виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою найчастіше використовуються такі абразивні зерна, як спеціальний плавлений глинозем, корунд, чорний та зелений карбід кремнію. Також використовується кубічний нітрид бору (КБН) та алмаз.

В'язуча речовина зазвичай складається з таких компонентів:

- польовий шпат;
- силікати;
- кварц;
- фрити (скло заданого складу);
- каолін (порцелянова глина);
- глина;
- нефелін;
- пігменти.

Склад може різнитися залежно від профілю застосування абразивних матеріалів. Відповідно, також можуть застосовуватися чисті в'язучі речовини для фрит або спеціальні в'язучі речовини з заданим коефіцієнтом теплового розширення та/або точкою плавлення. У деяких випадках фрити можуть містити високі частки лугів та бору. Для отримання конкретного кольору можуть додаватися барвні оксиди металів, барвне скло або барвні пігменти.

Допоміжні речовини використовуються під час процесу виробництва неорганічних абразивів зі зв'язкою для отримання потрібних характеристик і форми. Проте ці допоміжні речовини не входять до складу готового виробу.

Тимчасові в'язучі речовини необхідні у виготовленні неорганічних абразивів, щоб суміш зерен та в'язучої речовини зберігала потрібну форму до процесу випалювання. У якості тимчасових в'язучих речовин можуть на вибір використовуватися водорозчинні клеї, воскові емульсії, модифікований крохмаль (як-от декстрин), поліоксиетиленові препарати, лігносульфонати, модифіковані продукти конденсації карбамідоформальдегідних смол, синтетичні смоли, тощо.

Пороутворювачі призначені для створення в абразивах заданого профілю пор. Пороутворювачі додаються до сировини і випаровуються, сублімуються, деполімеризуються або спалюються (залежно від того, яка речовина використовується) у процесі сушіння або випалювання. Залежно від того, яким повинен бути готовий виріб, використовуються різні пороутворювачі. Наприклад, застосовується нафталін або інші речовини для термічного обпалювання.

#### 2.3.9.2. Підготовка сировини

Перший крок у процесі виробництва неорганічних абразивів зі зв'язкою – це зважування і перемішування компонентів (наприклад, у горизонтальному змішувачі для змішування у шарі) згідно з формулою абразиву.

### **2.3.9.3. Формування**

Для виготовлення неорганічних абразивів зі зв'язкою сировинні заготовки механічно стискаються до заданої густини з урахуванням вимог до форми та ваги за замовчуванням. З цією метою використовуються гідравлічні та ексцентрикові преси з діапазонами тиску до 2500 МПа [14, УВА, 2004].

### **2.3.9.4. Сушіння**

Оскільки стиснений матеріал змочується водою, яка містить клей, сировинну заготовку потрібно просушити. Для цього застосовуються камерні сушарки та вакуумні сушарки, у яких вироби сушаться за температур від 50 до 150 °С. Щоб під час сушіння вироби не тріскалися, потрібна довга тривалість сушіння – до 45 годин. Крім того, для сушіння без тріскання у сушарках може бути організоване кондиціонування повітря (зокрема, вакуумні сушарки обладнують регуляторами вологості) [14, УВА, 2004] [28, Шорхт, 2005].

### **2.3.9.5. Випалювання**

Випалювання неорганічних абразивів зі зв'язкою здійснюється у печах періодичної чи неперервної дії, що опалюються природним газом чи електроенергією. На заводах, взятих у якості прикладу, працюють печі місткістю понад 4 м<sup>3</sup> (до 11 м<sup>3</sup>), з температурою випалювання від 850 до 1300 °С і щільністю садки від 360 до 1400 кг/м<sup>3</sup> [14, УВА, 2004]. Частка керамічної зв'язки у продукції, яку потрібно випалити, досягає близько 10 % загальної маси неорганічних абразивів зі зв'язкою у печі. Залежно від розміру абразивних кругів, що виготовляються, цикл випалювання може тривати від 40 до 120 годин [28, Шорхт, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### **2.3.9.6. Заключна обробка**

Після визначення якості (сорт, густини) абразиву, чистова обробка абразивів здійснюється відповідно до вимог конкретного клієнта – наприклад, за допомогою автоматизованих токарних або шліфувальних станків. Після цього проводиться заключний контроль згідно зі стандартами, який зазвичай охоплює перевірку дисбалансу, контроль розмірів, перевірку кільцевого зразка «на звук» та візуальний контроль, випробування на безпечну швидкість та розривну швидкість. Після заключного контролю неорганічні абразиви зі зв'язкою маркуються згідно зі стандартами і пакуються для відправлення [14, УВА, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### **2.3.9.7. Вхідні та вихідні потоки при виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою**

Важливі вхідні та вихідні потоки у процесах виготовлення неорганічних абразивів зі зв'язкою показані на наступному рисунку [14, УВА, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

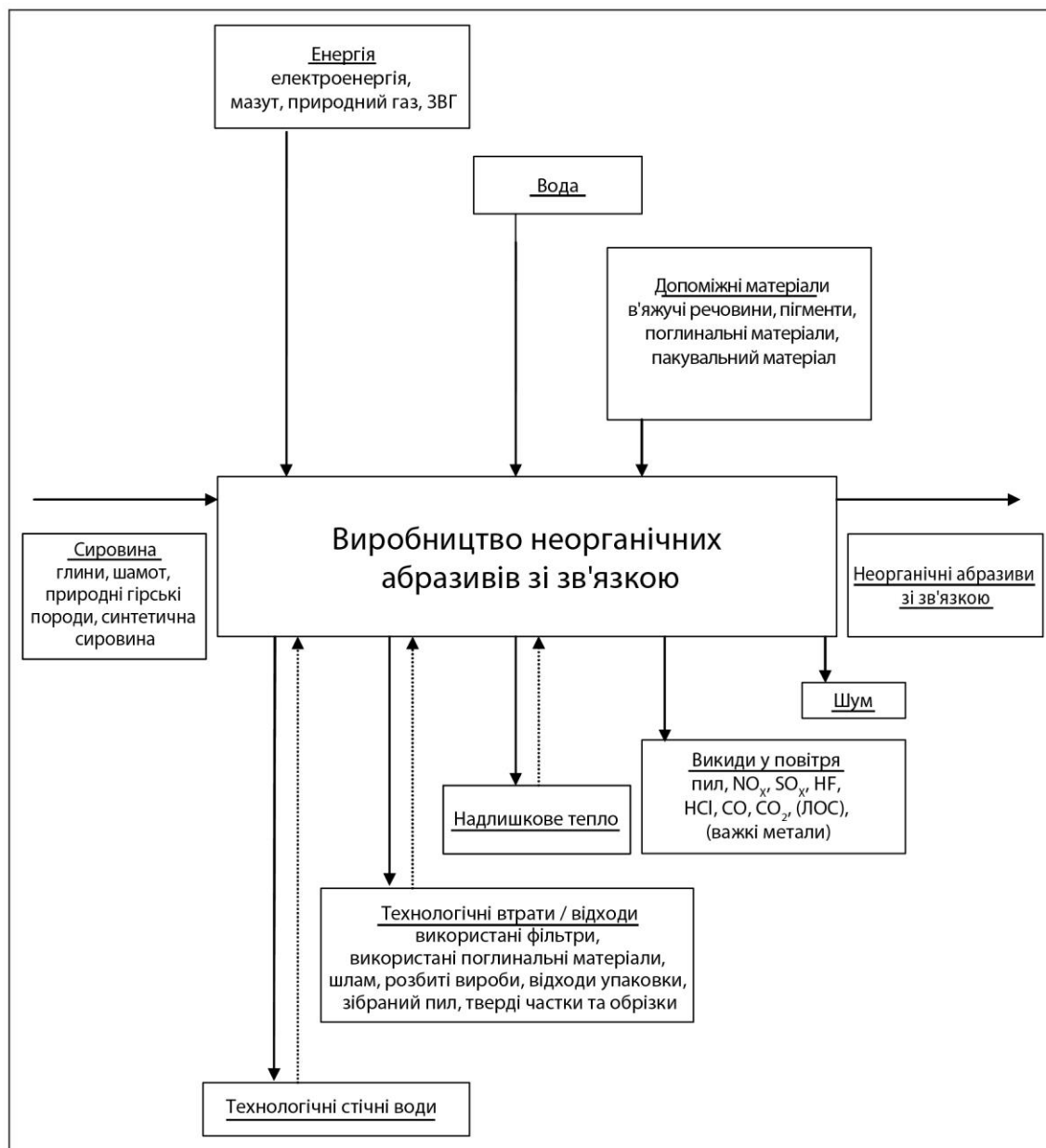


Рисунок 2.30. Вхідні та вихідні потоки при виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою



### 3. ПОТОЧНІ РІВНІ ВИКИДІВ ТА СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ

#### 3.1. Викиди: загальні міркування

##### 3.1.1. Викиди у повітря

##### 3.1.1.1. Пил (тверді частки)

Обробка глин та інших керамічних сировин неминуче призводить до утворення пилу – особливо у випадку використання сухих матеріалів. Викиди дрібного пилу, які змушують використовувати пиловловлювальне обладнання, можуть утворюватися у таких процесах, як сушіння (у тому числі розпилювальне сушіння), роздрібнення (розмелювання, подрібнення), просіювання, змішування та транспортування. Певна кількість пилу також утворюється під час декоративної обробки і випалювання виробів та під час механічної або чистої обробки випалених виробів. З кількісної точки зору, пил – це одна з основних забруднюючих речовин, що утворюються у процесах керамічного виробництва.

##### 3.1.1.2. Газоподібні викиди

Газоподібні сполуки, що вивільняються під час сушіння, обпалювання та випалювання, утворюються з сировини; паливо також є джерелом газоподібних забруднюючих речовин. Одними з основних типових забруднюючих речовин, що утворюються у процесах керамічного виробництва, є сполуки фтору. Газоподібні викиди, які стосуються керамічної промисловості, описані нижче у розділах 3.1.1.2.1 – 3.1.1.2.7:

##### 3.1.1.2.1. Діоксид сірки та інші сполуки сірки

Концентрація  $SO_x$  (головним чином  $SO_2$ ) у димових газах тісно пов'язана з вмістом сірки у сировині та паливі. Керамічні матеріали можуть містити сірку у формі піриту ( $FeS_2$ ), гіпсу та інших сульфатів, а також органічних сполук сірки. Газоподібні палива практично не містять сірки, проте тверді палива та мазути при згоранні виділяють оксиди сірки.

Слід зазначити, що основні сполуки, які утворюються з сировини (наприклад,  $CaO$ , що утворюється внаслідок дисоціації  $CaCO_3$  при випалюванні), можуть зменшувати викиди сірки шляхом реагування з оксидами сірки. Продукти реакції залишаються у керамічній масі виробів.

##### 3.1.1.2.2. Оксиди азоту та інші сполуки азоту

$NO_x$  утворюється головним чином у результаті теплового «зв'язування» азоту та кисню з повітря, що надходить у зону горіння. Цій реакції сприяють високі температури (особливо  $>1200$  °C) та надлишок кисню. Зв'язування може відбуватися у гарячому полум'ї, навіть якщо фактична температура у печі нижча, ніж 1200 °C.

Сполуки азоту, присутні у паливах (переважно твердих або рідких) або в органічних добавках утворюють  $NO_x$  під час згорання за набагато нижчих температур.

### 3.1.1.2.3. Чадний газ (та вуглекислий газ)

Чадний газ (CO) утворюється при згоранні органічних речовин у керамічній масі – особливо в умовах низького вмісту кисню. Він також може утворюватися внаслідок реагування «зв'язаного вуглецю» у керамічній масі з вуглекислим газом (CO<sub>2</sub>), що вивільняється внаслідок термічної дисоціації карбонатів лугів та лужноземельних металів (наприклад, карбонату кальцію чи магнію) під час випалювання:

- $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{C} + \text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$

(Вуглекислий газ утворюється так само, як описано вище, і є основним оксидом вуглецю, що утворюється під час згорання горючих корисних копалин).

### 3.1.1.2.4. Леткі органічні сполуки (ЛОС)

Керамічна сировина може сама містити органічні речовини, і велике розмаїття органічних матеріалів додається в неї у вигляді в'язучих речовин, пороутворювачів, засобів для покращення сушіння, адгезійних засобів, палив для керамічної маси, добавок для сприяння вигоранню, тощо).

На ранньому етапі процесу нагрівання може відбуватися карбонізація органічних сполук з вивільненням складного спектру ЛОС.

### 3.1.1.2.5. Метали та їх сполуки

Вміст важких металів у більшості керамічної сировини низький, і не призводить до проблем з викидами. Винятки можливі у випадку використання керамічних пігментів та матеріалів для глазурі, проте у сучасній практиці прийнято використовувати забарвлені сполуки (пігменти, що містять «протраву»), які зберігають стійкість за високих температур та інертність у силікатних системах, у яких використовуються оксиди металів зі стійкою кристалічною структурою, як-от шпінель або циркон [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Крім того, ці типи глазурі потребують надзвичайно коротких циклів випалювання, а це зменшує ризик їх випаровування.

Важкі мазути та тверді види палива можуть містити невелику кількість нікелю та ванадію, проте випробування показали, що ці елементи переважно поглинаються шляхом реагування з виробом під час випалювання.

### 3.1.1.2.6. Хлор та його сполуки

Більшість глин містять сліди хлору, які часто походять з часів їх початкового формування у морі. Проте добавки або вода, що містить хлориди, також можуть бути джерелами викидів хлороводневої кислоти (HCl) (наприклад, вміст Cl у воді, що додається під час підготовки сировини, може становити 50-100 мг/л або навіть вище) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Внаслідок розкладу мінеральних солей, що містять хлор, за температур вище 850 °C та органічних сполук, що містять хлор, за температур від 450 до 550 °C, HCl з'являється у пічних димових газах під час процесу випалювання [25, Воланд (Volland), 2004].

### 3.1.1.2.7. Фтор та його сполуки

Майже всі природні види сировини містять незначну кількість фтору (який легко заміщає групи ОН у глинах та водовмісних мінералах). Фтористоводнева кислота (HF) утворюється головним чином під час розкладу цих фторсилікатів, присутніх у глиняному матеріалі. Викиди HF утворюються за двома різними механізмами:

- шляхом безпосереднього розкладу фтористих мінералів, який суттєво залежить від типу глини (наприклад, смектит розкладається за температур від 550 °С, іліт – за температур від 750 °С, а апатит – за температур від 600 до 700 °С);
- шляхом розкладу  $\text{CaF}_2$  за температур понад 900 °С; протіканню цієї реакції сприяє присутність водяної пари [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [25, Воланд, 2004].

З цієї точки зору вода, присутня в атмосфері печі (наприклад, утворена при згоранні палива), відіграє важливу роль у механізмі утворення HF. При цьому протікають такі реакції:

- $\text{F}$  у складі мінералу +  $\text{H}_2\text{O}$   $\longrightarrow$   $\text{OH}$  у складі мінералу + HF (1) (вивільнення HF внаслідок гідролізу F у складі мінералу)
- $2\text{HF} + \text{CaO}$   $\longrightarrow$   $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (2) (повторне поглинання HF)
- $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$   $\longrightarrow$   $2\text{HF} + \text{CaO}$  (3).

Реакція (2) протікає за порівняно низьких температур у зоні попереднього нагрівання в печі. Вона пояснює, чому присутність  $\text{CaCO}_3/\text{CaO}$  (вапняку/вапна) може призвести до значного скорочення викидів HF. Повільне підігрівання збільшує час реакції для повторного поглинання і може зменшити викиди HF. Реакція (3) настає за більш високих температур (>900 °С), якщо концентрація води у печі дуже висока [2, VITO, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Концентрація фтору у димових газах пов'язана не лише з вмістом фтору у сировині, присутністю водяної пари, складом керамічної маси та температурною кривою – садка та форма поверхні конкретної продукції, що випаюється, також впливають на дифузії  $\text{H}_2\text{O}$  та HF у виріб та з виробу (див. розділи 4.3.3.1 та 4.3.3.2) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### 3.1.2. Викиди у воду

Вода – це дуже важлива сировина у галузях виробництва кераміки, проте кількість води, що використовується у різних секторах та процесах цієї галузі, суттєво різниться. Вода, додана безпосередньо у масу керамічної суміші, не призводить до проблем зі стічними водами, оскільки вона згодом випаровується у повітря на етапах сушіння та випалювання. Технологічні стічні води утворюються головним чином при промиванні глиняних матеріалів та їх зважуванні у проточній воді у процесі виробництва та під час чищення обладнання, проте викиди у воду також спостерігаються під час роботи мокрих скрубєрів для очищення відпрацьованих газів.

Технологічні стічні води утворюються у невеликих кількостях під час виробництва цегли та черепиці, осклованих керамічних труб та вогнетривких виробів, якщо при цьому здійснюється обробка поверхні, як-от глазурування та ангобування, або мокре шліфування. Додаткові об'єми води утворюються у процесах очищення установок для змішування, ангобування та глазурування, а також ливарних форм. У виробництві спучених керамічних заповнювачів технологічні стічні води зазвичай не утворюються – охолоджувальна вода для пічної системи просто проходить через нафтовловлювач і повертається в охолоджувальний контур.

У секторах виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, столового посуду та декоративних виробів, сантехніки, технічної кераміки та неорганічних абразивів зі зв'язкою технологічні стічні води утворюються головним чином з очисної води в установках для підготовки сировини, у ливарних установках, у процесах глазурування та оздоблення, або з охолоджувальної води для шліфування під час заключної обробки.



Стоки, які утворюються внаслідок обробки сумішей та очищення обладнання, зазвичай містять ту ж сировину та допоміжні матеріали, що використовувалися у відповідному процесі. Як правило, ці сполуки не розчиняються у воді.

Стічні води у технологічному процесі переважно мутні і забарвлені через наявність дуже дрібних зважених часток глазурі та глинистих мінералів. З хімічної точки зору, вони характеризуються за присутністю таких компонентів:

- зважені тверді частки: глини, фрити та нерозчинні силікати загалом;
- розчинені аніони: сульфати;
- зважені та розчинені важкі метали: наприклад, свинець і цинк;
- бор у невеликих кількостях;
- сліди органічних речовин (зв'язки для трафаретного друку та клеї, що використовуються в операціях глазурування).

### 3.1.3. Технологічні втрати/відходи

Технологічні втрати / відходи, що виникають у результаті виготовлення керамічних виробів, головним чином складаються з таких матеріалів:

- різні види шламу, що надходять з установок очищення технологічних стічних вод, які утворюються при очищенні обладнання для підготовки керамічної маси, підготовки та нанесення глазурі, а також при мокрому шліфуванні. Кількість та склад шламу можуть бути дуже різними, оскільки шлам утворюється у різних процесах виробництва, і до того ж навіть на одному й тому ж підприємстві часто використовуються різноманітні сировини (різні глазурі, фрити, глини, тощо), а це призводить до значних відмінностей у складі шламу;
- розбитий матеріал/вироби, що утворюються у процесах формування, сушіння, випалювання та заключної обробки, а також розбиті вогнетривкі матеріали;
- пил, що утворюється на установках очищення відпрацьованих газів;
- використані гіпсові форми, що залишаються від процесів формування;
- використані поглинальні матеріали (зернистий вапняк, вапняковий пил), що утворюються в системах очищення димових газів;
- відходи упаковки (пластик, дерево, метал, папір, тощо), які утворюються на етапі пакування;
- тверді залишки, як-от попіл, що утворюється у результаті випалювання на твердому паливі.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу для використання в інших галузях промисловості або на підприємства з переробки або утилізації відходів.

### 3.1.4. Шумове випромінювання

Шум виникає на кількох етапах процесів виготовлення керамічних виробів: головним чином внаслідок роботи машин, які створюють шум, та виконання шумних робочих процедур.

## 3.1.5. Можливі джерела викидів та шляхи викидів

У наступній таблиці узагальнені можливі джерела викидів на важливих етапах технологічних процесів, що застосовуються у виробництві кераміки, та відповідні шляхи викидів [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [27, VDI, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Етап технологічного процесу	Звідки надходить викид				Куди потрапляє викид			Шумове випромінювання
	Сировина Матеріал	Керамічні маси	Оздоблення ration	Паливо	Повітря	Вода	Земля (технологічні втрати / відходи)	
<b>Підготовка сировини</b>								
Первинне/вторинне дроблення та розмелювання	x				x		x	x
Сухий помол та сухе перемішування	x			x <sup>1)</sup>	x		x	x
Мокрий помол та мокре перемішування	x					x	x	x
Просіювання/класифікування	x				x		x	x
Транспортування	x				x		x	
Зберігання у силосах	x				x			x
<b>Підготовка керамічної маси</b>								
Шлікер для лиття		x				x		
Паста для видавлювання, що використовується у формуванні з м'якої пластичної маси		x			x	x	x	
Керамічні маси для формування з твердої пластичної маси за допомогою процесів зняття стружки		x				x	x	
Порошок для пресування з пилу, сухий процес		x			x	x	x	x
Порошок для пресування з пилу, процес розпилювального сушіння		x		x	x	x	x	x
Гранулювання		x			x			x
<b>Формування</b>								
Лиття зі шлікеру		x				x		
Формування з м'якої пластичної маси («видавлювання»)		x				x	x	
Формування шляхом різання		x					x	
Пресування		x			x	x <sup>2)</sup>	x	x
Обробка сирих керамічних мас		x			x	x	x	
<b>Сушіння</b>								
Сушарки переривчастої та неперервної дії		x		x	x			x
<b>Оздоблення</b>								
Глазурування			x		x	x	x	
Ангобування			x		x <sup>3)</sup>	x	x	

Друк			x		x	x	x	
<b>Випалювання</b>								
Печі переривчастої та неперервної дії	x	x	x	x	x			x
<b>Заклучна обробка</b>		x	x		x	x	x	x
<b>Зберігання матеріалу</b>	x	x		x	x <sup>4)</sup>			x
<sup>1)</sup> Можливо в особливих випадках – наприклад, при гарячому сухому розмелюванні спучених керамічних заповнювачів <sup>2)</sup> Лише охолоджувальна вода <sup>3)</sup> Для деяких секторів – наприклад, для виробництва керамічної плитки <sup>4)</sup> Зберігання матеріалу також охоплює зберігання палива								

**Таблиця 3.1. Огляд можливих джерел викидів та шляхів викидів у керамічній промисловості**

## 3.2. Споживання: загальні міркування

### 3.2.1. Споживання енергії

У керамічному виробництві енергія використовується в першу чергу для випалювання у печах; крім того, сушіння напівфабрикатів або формованих виробів у багатьох процесах також є енергоємним. У більшості операцій сушіння та випалювання застосовується природний газ, зріджений вуглеводневий газ (ЗВГ) та мазут, проте також використовуються тверді палива, електроенергія, зріджений природний газ (ЗПГ) та біогаз/біомаса.

Для роботи установок і машин, що використовуються для роздрібнення та перемішування сировини і формування виробів, потрібна електроенергія. Дизельне паливо потрібне для транспортування на об'єкті – це може бути вивезення сировини з кар'єру та внутрішні перевезення на вантажівках. Крім того, для транспортування на об'єкті (наприклад, за допомогою вилкових навантажувачів) потрібна електроенергія (для живлення від акумуляторів) та балони з ЗВГ (бутаном, пропаном).

Найбільшими споживачами енергії є сектори виробництва цегли і черепиці та стінної облицювальної плитки і плитки для підлоги, проте це пов'язано з великим тонажем їх продукції. З точки зору питомого споживання енергії найбільш ефективним є сектор виробництва цегли та черепиці [3, CERAME-UNIE, 2003].

Однак слід зазначити, що у виробництві деякого столового посуду та технічної кераміки використовується електричне нагрівання печей [14, UBA, 2004], [17, Буркарт, 2004]. Це необхідно для забезпечення потрібної якості.

### 3.2.2. Споживання води

Вода використовується практично у всіх технологічних процесах керамічного виробництва. Якісна вода необхідна для підготовки глиняного шлікеру та поливної глазури, глиняних мас для видавлювання, «пластичних мас» для лиття у форму, підготовки порошків, отриманих шляхом розпилювального сушіння, мокрого розмелювання/подрібнення та операцій миття.

Вода використовується з різною метою: в основному як сировина для керамічної маси та її підготовки, як сировина для глазурей, як рідина для миття та як охолоджувальне середовище. Для виготовлення глазурей, миття та охолодження необхідна високоякісна вода. Низькоякісна вода – як-от неочищені технологічні стічні води від операцій миття на виробничій ділянці глазурування – може бути придатною для керамічної маси. Ці міркування щодо різної якості води враховуються в технологіях повторного використання технологічних стічних вод.

### 3.2.3 Споживання сировини

У керамічній промисловості споживається широкий асортимент сировин, зазначений у частині 2. До них належать матеріали для формування основної маси, які використовуються великим тонажем, та різноманітні добавки, в'язучі речовини та декоративні матеріали для нанесення на поверхню, що використовуються у меншому обсязі.

## 3.3. Представлення даних про викиди та споживання ресурсів

У цьому розділі наведено звіт про діапазони рівнів викидів та споживання ресурсів, що наразі спостерігаються у процесах виробництва. Ця інформація містить дані про використання енергії, води та сировини, яке спостерігається на сьогодні, та, у міру їх доступності, значення викидів у повітря та воду в результаті різних видів діяльності, а також вхідні та вихідні потоки підпроцесів, включно зі складами шламу та технологічними втратами твердих речовин. Тут не враховуються дані про шумове випромінювання, оскільки багато аспектів шуму насправді не залежать від конкретних секторів, а належні дані про шумове випромінювання для процесів виробництва кераміки відсутні.

Експлуатаційні параметри оцінюються, наскільки це можливо, включно з даними про умови роботи, методи відбору проб та аналітичні методи, а також статистичними показниками (наприклад, середні, максимальні, мінімальні значення та діапазони).

Стосовно стандартних умов вимірювання об'ємних витрат та концентрацій див. перелічені нижче визначення, які також наведені у «Словнику термінів»:

м <sup>3</sup> /год.	Об'ємна витрата: якщо у цьому документі не зазначено інше, об'ємна витрата вказана для об'ємної частки кисню 18% та стандартного стану.
мг/м <sup>3</sup>	Концентрація: якщо у цьому документі не зазначено інше, концентрації газоподібних речовин або сумішей речовин вказані для сухих димових газів з об'ємною часткою кисню 18% та у стандартному стані, а концентрації бензолу вказані для об'ємної частки кисню 15% та стандартного стану.
стандартний стан	Означає стан за температури 273 К та тиску 1013 гПа.

Додаткова корисна інформація наведена у Довідковому документі щодо загальних принципів моніторингу (MON).

З огляду на складність керамічної промисловості, дані, наведені у вигляді прикладів та діапазонів рівнів викидів та споживання ресурсів, які спостерігаються на сьогодні, узагальнюються за секторами в таблицях та на рисунках, наведених у цьому розділі.

### 3.3.1. Цегла та черепиця

#### 3.3.1.1. Дані про викиди

У процесі виробництва цегли та черепиці утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря при випалюванні цегли та черепиці. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

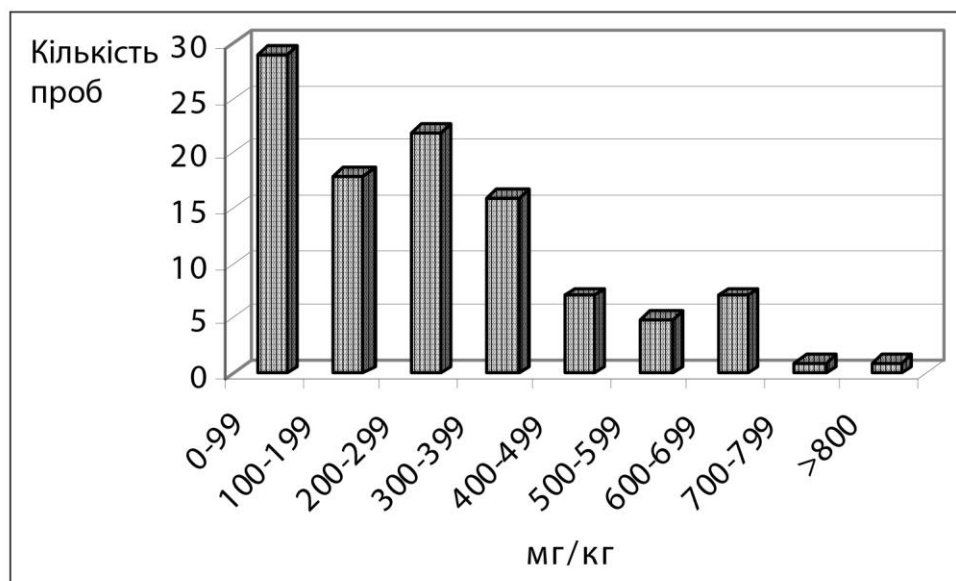
Значна кількість викидів у повітря під час виробництва цегли та черепиці припадає на процес випалювання. У цьому контексті варто зазначити, що викиди значно різняться у різних країнах та на різних об'єктах в межах однієї країни залежно від різних видів глиняної сировини, що використовуються на цих виробництвах, – через геологічні та географічні відмінності, – як описано у розділі 2.3.1.1 (див., зокрема, Таблицю 2.1), а також залежно від відмінностей у застосованих технологіях виробництва, зумовлених розмаїтістю асортименту продукції.

У цьому контексті дані, перелічені у наступній таблиці, відображають діапазони викидів фторидів, хлоридів, оксидів сірки, оксидів азоту, пилу та чадного газу, що спостерігалися у деяких європейських країнах. Усі дані, наведені в цій таблиці, означають викиди у складі неочищених димових газів, що виходять з печей, тобто без урахування будь-якого очисного обладнання [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [21, Алмейда, 2004].

Компонент викидів (мг/м <sup>3</sup> )	Австрія	Франція	Нідерланди	Італія	Данія <sup>*)</sup>	
<b>Фториди, виражені як HF</b>						
Мінімум	0	1	1	0	10	
Максимум	60	130	150	350	150	
<b>Хлориди, виражені як HCl</b>						
Мінімум		0	1	0	5	
Максимум		30	32	200	50	
<b>Сірка, виражена як SO<sub>x</sub></b>						
Мінімум	5	0	2	0	20	
Максимум	100	1090	630	3200	700	
<b>Азот, виражений як NO<sub>x</sub></b>						
Мінімум	9	5	27	5	50	
Максимум	80	200	464	100	200	
<b>Пил</b>						
Мінімум	0	1	1	1	5	
Максимум	13	180	64	40	40	
<b>Чадний газ</b>						
Мінімум		0	7	100		
Максимум		1200	701	500		
*) Опорні концентрації кисню, що складають 15-19 об'ємних %, відповідають вимірюваному вмісту кисню у димових газах						
Компонент викидів (мг/м <sup>3</sup> )	Бельгія	Об'єднане королівство	Німеччина	Угорщина	Швейцарія	Португалія
<b>Фториди, виражені як HF</b>						
Мінімум	6	1	1	0	0	1
Максимум	117	200	250	20	22	80
<b>Хлориди, виражені як HCl</b>						
Мінімум	0	1	0			Не виявлено
Максимум	270	125	95	50		160
<b>Сірка, виражена як SO<sub>x</sub></b>						
Мінімум	3	8	1	1	1	3
Максимум	3485	2450	3000	350	281	443
<b>Азот, виражений як NO<sub>x</sub></b>						
Мінімум	0	0	10	0	36	14
Максимум	174	160	450	780	147	132
<b>Пил</b>						
Мінімум	2	0	5	1	1	8
Максимум	449	100	150	100	29	125
<b>Чадний газ</b>						
Мінімум	23		0	1	7	2
Максимум	1950		1500	1500	483	500

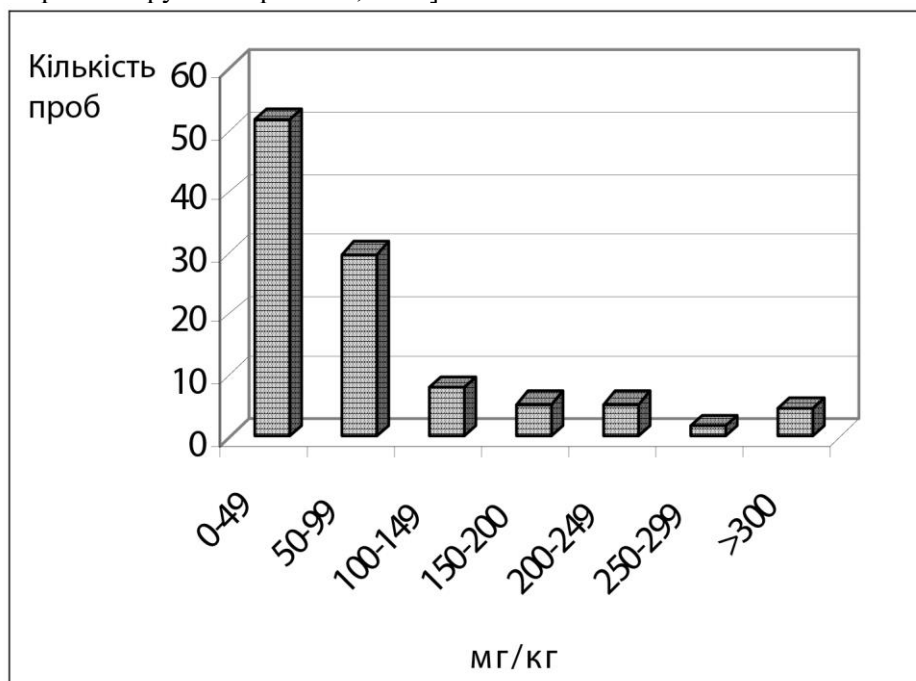
**Таблиця 3.2. Діапазони викидів неочищених димових газів, що утворюються у процесі випалювання під час виробництва цегли та черепиці**

Викиди фторидів значно різняться, як показано у Таблиці 3.2 – не лише через те, що вміст фторидів у сировині варіюється, а й через відмінності у технологіях виробництва, що використовуються у цих країнах. У якості прикладу на наступному рисунку зображено розподіл рівнів виділення фторидів відносно маси готової продукції за результатами італійського дослідження, співвіднесений з даними Рисунку 2.9 [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 3.1. Розподіл виділення фторидів у італійській цегельній та черепичній промисловості**

Подібні варіації спостерігаються у викидах хлоридів (див. Таблицю 3.2) – на наступному рисунку аналогічно зображений розподіл рівнів виділення хлоридів відносно маси готової продукції для італійської цегельної та черепичної промисловості [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 3.2. Розподіл виділення хлоридів у італійській цегельній та черепичній промисловості**

У наступній таблиці наведені різні рівні викидів сірки у Німеччині, Великій Британії та Бельгії, показані як співвідношення між кількістю цегельних та черепичних заводів та відповідними діапазонами викидів. Тут також важливу роль відіграє неоднаковість вмісту сірки у глинах (див. Рисунок 2.12) – наприклад, при використанні глин з низьким вмістом сірки діапазони викидів сірки будуть нижчими, ніж при використанні глин з високим вмістом сірки. [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

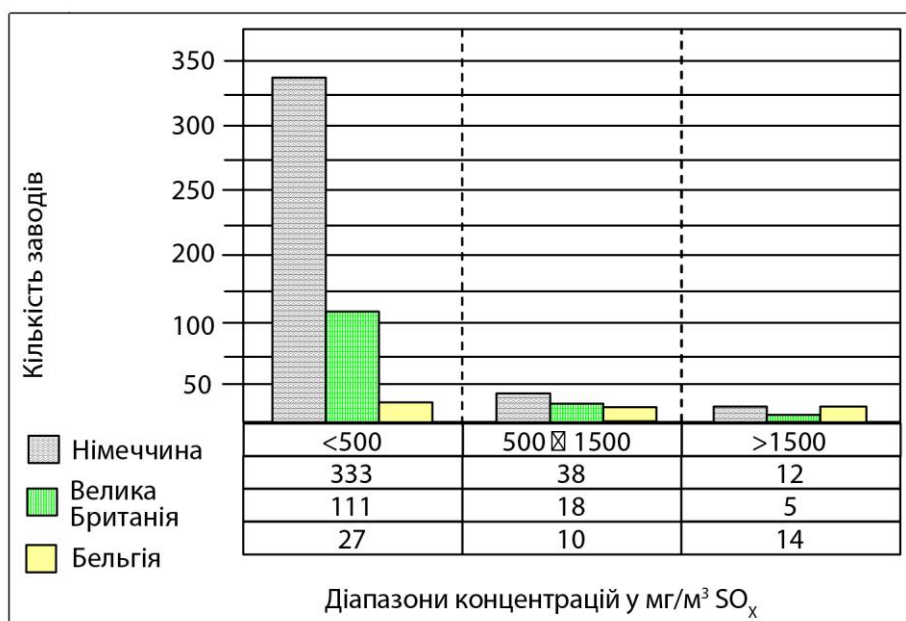


Рисунок 3.3. Викиди SOX у Німеччині, Великій Британії та Бельгії

У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів неочищених газів, зіставлені з видами палива, що застосовуються у виробництві [4, UBA, 2001],[27, VDI, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Компонент викидів	Одиниця вимірювання	Газоподібне паливо	Мазут сорту EL	Важкий мазут	Вугілля
Пил	мг/м <sup>3</sup>	1 – 20	1 – 30	5 – 50	30 – 150***)
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	мг/м <sup>3</sup>	20 – 200	20 – 200	20 – 200	20 – 200
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub> (вміст S у сировині <0,12 %*)	мг/м <sup>3</sup>	10 – 300**)	10 – 300**)	30 – 500**)	30 – 500**)
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	мг/м <sup>3</sup>	1 – 20**)	1 – 20**)	1 – 20**)	1 – 20**)
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як HCl	мг/м <sup>3</sup>	1 – 120	1 – 120	1 – 120	1 – 120

\*) Значення вище 1500 мг SO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup> можливі, якщо вміст S у сировині >0,12 %  
 \*\*) Нижчі значення HF та SO<sub>2</sub> можливі, якщо використовується сировина з високим вмістом вапна  
 \*\*\*) Якщо використовується буре вугілля, може спостерігатися вміст пилу до 700 мг/м<sup>3</sup>

Таблиця 3.3. Експлуатаційні параметри неочищених газів для різних палив

Для інших палив, згаданих у розділі 2.3.1.5, – наприклад, для нафтового коксу – дані про викиди відсутні.



Леткі органічні сполуки не обов'язково присутні у всіх неочищених димових газах, що утворюються у процесах випалювання цегли, – вони основним чином утворюються у випадках, коли використовуються органічні добавки для розвитку пористості. Кількість цих органічних компонентів у неочищених димових газах залежить від ступеня пористості та умов роботи у зоні попереднього нагрівання печі. Часто використовується суміш різних пороутворювачів. У наступній таблиці наведені діапазони значень для неочищеного газу, отримані при використанні різних пороутворювачів [4, UBA, 2001].

Компонент викидів	Одиниця вимірювання	Полістирол	Тирса та паперові в'язучі речовини
Органічні речовини, виражені як загальний вміст С	мг/м <sup>3</sup>	50 – 250	50 – 250
Бензол	мг/м <sup>3</sup>	1 – 65	1 – 5
Фенол	мг/м <sup>3</sup>	1 – 5	1 – 20
Формальдегід	мг/м <sup>3</sup>	1 – 20	5 – 100
Альдегід (С1 – С4)	мг/м <sup>3</sup>	1 – 20	25 – 180
Чадний газ*)	мг/м <sup>3</sup>	<300	<1500
*) Високе значення СО вказує на неповне згорання			

**Таблиця 3.4. Значення викидів для неочищених газів у випадку використання різних пороутворювачів**

Приклади значень для очищеного газу, вказані у наступній таблиці, – це середні значення у виробництві пористих керамічних блоків без жодної інформації про працюючі установки очищення димових газів. Відповідні діапазони експлуатаційних параметрів наведені у верхньому розділі таблиці. У таблиці також показаний принциповий зв'язок між експлуатаційними параметрами, концентраціями викидів та відповідними коефіцієнтами викидів (викиди, що припадають на виробництво одного кілограма цегли (кг<sub>ц</sub>)) [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Джерело викиду	Тунельна
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	5000 – 50000
Температура димових газів (°С)	100 – 200

Компонент викидів	Середня концентрація в очищених газах (мг/м <sup>3</sup> )	Коефіцієнт викидів, середнє значення (мг/кг <sub>ц</sub> )
Пил	11,6	17,6
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	121,0	184,0
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	26,1	39,6
CO <sub>2</sub>	98200	149000
СО	124,6	189,0
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	2,7	4,1
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як HCl	8,4	12,7
Органічні речовини, виражені як загальний вміст С	22,7	34,5

**Таблиця 3.5. Середні концентрації забруднювачів в очищених газах (для пористих керамічних блоків) та коефіцієнти викидів для відповідних виробів**

У Таблиці 3.6 та Таблиці 3.7 наведені приклади концентрацій димових газів при виробництві керамічних блоків на заводах з виробництва кладкової цегли, заводах з виробництва облицювальної цегли та черепичних заводах, виміряні запрошеними технічними експертами (одиничні та непостійні вимірювання), і відповідні експлуатаційні параметри, вказані у верхніх розділах таблиць. На більшості з заводів працюють системи очищення димових газів, як зазначено у таблицях, тому вказані значення відображають концентрації в очищених газах [1, BMLFUW, 2003], [17, Буркарт, 2004], [2, VITO, 2003].

Параметр	КЦ 1	КЦ 2	КЦ 3	КЦ 4	КЦ 5
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	22000	12400	25300	12440	32930
Температура димових газів (°C)	153	107	224	171	197
Паливо	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ
Пороутворювач agent	Тирса, полістирол, папір	Тирса	Тирса, папір	Тирса, соняшникове лущиння, буре вугілля	Тирса, полістирол, папір, буре вугілля
Очищення димових газів	Термічне допалювання	-	Термічне допалювання	Термічне допалювання	Термічне допалювання

Компонент викидів	КЦ 1	КЦ 2	КЦ 3	КЦ 4	КЦ 5
Пил	18,0	27,0	4,0	8,4	2,8
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	26,0	<4,0	178,0	72,2	2,8
Фтор, виражений як HF	3,0	<0,1	1,5	2,3	1,1
Загальний органічний вуглець без CH <sub>4</sub>	<5,0	19,0	11,5	11,9	4,0
Ацетальдегід	-	<1	-	-	-
Бензол	0,18	<0,10	0,18	0,11	0,30
Стирол	0,20	<0,10	0,14	0,03	0,90
Формальдегід	0,005	<1,0	2,1	2,5	5,0
Фенол	0,12	<0,10	0,45	0,05	1,60
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	98	18	113	162	187
Хлор, виражений як HCl	13,5	<1,0	10,5	7,0	9,9
CO	14	300	-	-	25

КЦ: завод з виробництва кладкової цегли; одиниці вимірювання в мг/м<sup>3</sup> н.у. при 18 % O<sub>2</sub>, м<sup>3</sup> н.у./год.<sub>сух.</sub> або °C

Параметр	КЦ 6	КЦ 7	КЦ 8	КЦ 9	КЦ 10
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	15100	20740	15420	27344	18300
Температура димових газів (°C)	131	155	153	102	186
Паливо	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ
Пороутворювач	Тирса, папір, буре вугілля	Папір	Тирса	Папір, полістирол	Папір, полістирол
Очищення димових газів	-	Термічне допалювання	-	Фільтр з вапняного шару	Термічне допалювання

Компонент викидів	КЦ 6	КЦ 7	КЦ 8	КЦ 9	КЦ 10
Пил	1,2	1,9	<1,0	10,7	0,9
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	17,7	1,2	5,6	1,7	5,0
Фтор, виражений як HF	0,9	0,1	1,8	<0,1	1,1
Загальний органічний вуглець без CH <sub>4</sub>	16,5	5,6	97,1	19,0	3,0
Ацетальдегід	-	-	-	<0,1	-
Бензол	4,7	1,5	3,0	0,4	0,1
Стирол	7,5	1,7	3,0	<0,1	2,0
Формальдегід	11,7	4,5	10,6	<0,1	1,3
Фенол	5,6	2,3	6,1	<0,1	0,1
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	24,2	64,8	43,0	33,6	73,0
Хлор, виражений як HCl	2,4	1,2	5,0	<0,5	0,5
CO	-	39,2	-	-	44,0

КЦ: завод з виробництва кладкової цегли; одиниці вимірювання в мг/м<sup>3</sup> н.у. при 18 % O<sub>2</sub>, м<sup>3</sup> н.у./год.<sub>сух.</sub> або °C

**Таблиця 3.6. Концентрації забруднювачів в очищених газах для заводів з виробництва кладкової цегли**

Параметр	ОЦ 1	Ч 1	Ч 2	Ч 3/4	Ч 5
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	19500	13745	17214	31182	10500
Температура димових газів (°C)	165	84	159	154	202
Паливо	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ
Очищення димових газів	Фільтр з вапняного шару	Фільтр з вапняного шару	Фільтр з вапняного шару	Фільтр з вапняного шару	Фільтр з вапняного шару

Компонент викидів	ОЦ 1	Ч 1	Ч 2	Ч 3/4	Ч 5
Пил	2,2	1,9	1,2	12,5	18,0
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	6,8	17,1	9,6	<1,6	20,0
Фтор, виражений як HF	1,4	4,5	<0,5	3,1	4,2
Загальний органічний вуглець без CH <sub>4</sub>	15,5	1,2	1,2	19,4	8,0
Формальдегід	0,2	-	-	-	-
Бензол	2,5	-	-	-	-
Стирол	2,5	-	-	-	-
Фенол	5,0	-	-	-	-
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	70,0	26,8	38,3	107,3	88,0
Хлор, виражений як HCl	6,8	1,1	3,3	1,6	14,0

ОЦ: завод з виробництва облицювальної цегли, Ч: черепичний завод; одиниці вимірювання в мг/м<sup>3</sup> н.у. при 18 % O<sub>2</sub>, м<sup>3</sup> н.у./год.<sub>сух.</sub> або °C

**Таблиця 3.7. Концентрації забруднювачів в очищених газах для заводів з виробництва клінкерної цегли та для черепичних заводів**

У Таблиці 3.8 та Таблиці 3.9 наведені нещодавні приклади для печей, у яких виготовляють керамічні блоки та облицювальну цеглу, в Бельгії та відповідні експлуатаційні параметри [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. На цих заводах застосовуються різні заходи, як-от заходи, інтегровані у технологічний процес, та технології очищення димових газів у місці скидання. До заходів, інтегрованих у технологічний процес, належить додавання сировини з низьким вмістом сірки, додавання CaCO<sub>3</sub> та додавання багатих на кальцій добавок. Тому значення, наведені у таблицях, – це значення для неочищеного газу та значення для очищеного газу (після застосування заходів, інтегрованих у технологічний процес, та очищення димових газів).

Параметр	Керамічні блоки 1	Керамічні блоки 2	Керамічні блоки 3	Керамічні блоки 4
Об'ємний потік димових газів	58682 м <sup>3</sup> /год.	61027 м <sup>3</sup> /год.	51838 м <sup>3</sup> /год.	61156 м <sup>3</sup> /год.
Температура димових газів	180 – 220°C	180 – 220°C	180 – 220 °C	180 – 220°C
Паливо	Природний газ	Природний газ	Природний газ	Природний газ
Вміст сірки у глиняній сировині	0,5 – 0,75 %	>0,75 %	>0,75 %	>0,75 %
Пороутворювачі	Тирса	Тирса	Тирса	Тирса
Заходи, інтегровані у технологічний процес	Кальцієвмісна сировина з низьким вмістом сірки	Кальцієвмісна сировина з низьким вмістом сірки	Кальцієвмісна сировина з низьким вмістом сірки	Кальцієвмісна сировина з низьким вмістом сірки, багаті на кальцій добавки
Очищення димових газів	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента
Адсорбент	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>

Випроміювання з м'якого матеріалу	Керамічні блоки 1			Керамічні блоки 2		
	Значення для неочищеного газу	Значення для очищеного газу	Ефективність скорочення	Значення для неочищеного газу	Значення для очищеного газу	Ефективність скорочення викидів
Пил	36	3	92	117	71	39
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	1436	1336	7	2051	1884	8
Фтор, виражений як HF	25	1	96	56	2	96
Хлор, виражений як HCl	5	11	0	11	9	18
NO <sub>x</sub>	22	21	5	36	31	14
Загальний органічний вуглець	105	77	27	108	71	34
CO	1021	1235	0	988	1038	0

Компоненти викидів	Керамічні блоки 3			Керамічні блоки 4		
	Значення для неочищеного газу	Значення для очищеного газу	Ефективність скорочення викидів %	Значення для неочищеного газу	Значення для очищеного газу	Ефективність скорочення
Пил	127	26	80	165	69	58
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	2883	2295	20	2893	2210	24
Фтор, виражений як HF	36	3	92	35	6	83
Хлор, виражений як HCl	7	3	57	9	7	22
NO <sub>x</sub>	52	21	60	16	36	0
Загальний органічний вуглець	219	106	52	51	86	0
CO	936	905	3	1137	1165	0

Таблиця 3.8. Значення викидів для неочищених газів та очищених газів при виробництві керамічних блоків

Параметр	Облицювальна цегла 1	Облицювальна цегла 2	Облицювальна цегла 3	Облицювальна цегла 4
Об'ємний потік димових газів	56830 м <sup>3</sup> /год.	16319 м <sup>3</sup> /год.	35000 м <sup>3</sup> /год.	22915 м <sup>3</sup> /год.
Температура димових газів	230 °С	150 °С	110 °С	124 °С
Паливо	Природний	Природний газ	Природний газ	Природний
Вміст сірки у глиняній сировині	0,5 – 0,75 %	<0,25 %	<0,25 %	<0,25 %
Очищення димових газів	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента
Адсорбент	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>

Компоненти викидів	Облицювальна цегла 1			Облицювальна цегла 2		
	Значення для неочищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Значення для очищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Ефективність скорочення викидів %	Значення для неочищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Значення для очищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Ефективність скорочення викидів %
Пил	9	14	0	19	12	37
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	967	635	34	141	163	0
Фтор, виражений як HF	21	1	95	23	6	74
Хлор, виражений як HCl	6	1	83	3	3	0
NO <sub>x</sub>	18	19	0	49	67	0
Загальний органічний вуглець	6	4	33	6	15	0
CO	110	129	0	177	135	24

Компоненти викидів	Облицювальна цегла 3			Облицювальна цегла 4		
	Значення для неочищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Значення для очищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Ефективність скорочення викидів %	Значення для неочищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Значення для очищеного газу мг/м <sup>3</sup> н.у.	Ефективність скорочення викидів %
Пил	30	5	83	8	4	44
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	150	36	76	27	10	63
Фтор, виражений як HF	60	0,5	99	12	0,1	99
Хлор, виражений як HCl	10	0,6	94	5	0,4	92,5
NO <sub>x</sub>	100	64		110	98	11
Загальний органічний вуглець				4,1	4	2,4
CO	150	97		90,5	54	40,3

**Таблиця 3.9. Значення викидів для неочищених газів та очищених газів при виробництві облицювальної цегли**

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесу випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- викиди пилу виникають у процесі сухої підготовки мас клінкеру;
- викиди пилу виникають у процесі формування сухих мас (пресування);
- викиди пилу виникають у процесі глазурування та ангобування, залежно від застосованих технологій глазурування чи ангобування;
- деякі цегляні вироби, як-от калібрована цегла, шліфуються після процесу випалювання. Тому пил також може утворюватися у процесах сухого шліфування.

#### Викиди у воду

Технологічні стічні води утворюються у невеликих кількостях під час виробництва цегли та черепиці у вигляді очисної води, якщо при цьому здійснюється обробка поверхні, як-от глазурування чи ангобування. Надлишок глазури та ангобу збирається і подається назад у цикл виробництва. Додаткові об'єми технологічних стічних вод можуть виникати при очищенні установок для підготовки сировини та форм. Крім того, ця вода часто повторно використовується у замкнених контурах [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Дані щодо викидів у воду відсутні.

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам може утворюватися лише в невеликих кількостях при підготовці сировини (очищенні установок), а також при очищенні форм та установок глазурування чи ангобування;
- використані та зламані гіпсові форми залишаються від процесу виробництва черепиці;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів;
- тверді залишки, як-от попіл, що утворюється у результаті випалювання на твердому паливі.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу для використання в інших галузях промисловості або на підприємства з переробки або утилізації відходів [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### **3.3.1.2. Дані про споживання ресурсів**

#### Споживання енергії

Виробництво керамічної цегли та черепиці енергоємне, оскільки ця продукція виготовляється у високотемпературному процесі для перетворення сировини в матеріал з зовсім іншими властивостями – випалену глину. Залежно від типу виробу, частка витрат на енергію у складі загальних виробничих витрат загалом варіюється від 17 до 30 % з максимальними значеннями до 40 %. Природний газ на сьогодні використовується головним чином як джерело енергії для випалювання в печах – на нього припадає майже 90 % загального споживання енергії. Проте у деяких випадках джерелами енергії також слугують зріджений вуглеводневий газ, мазут, вугілля, нафтовий кокс, торф та електроенергія [13, SYKE, 2004], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Принципова потреба в енергії у цій галузі промисловості постає у процесі перетворення глини у довговічну форму, яка підходить для будь-яких видів будівництва. Споживання енергії

залежить від сировини, процесу виробництва та типу виробу, а також від типу технології випалювання, що використовується у цьому процесі. Хоча певні процеси випалювання можуть бути більш енергоефективними, вони можуть не підходити для конкретних виробів.

Питоме споживання енергії у Європі дуже різниться для різних конструкцій та різних типів виробів, що в них використовуються. Кожен тип виробу має власну схему питомого споживання енергії з огляду на процес його випалювання (наприклад, температуру випалювання, час замочування та щільність садки).

У Австрії, Німеччині та Італії, де більшість будинків будуються з легких блоків, використовується мало енергії, тобто 1,1-1,9 ГДж/тонну. Низька густина блоків досягається завдяки присутності та/або додаванню до глини пороутворювальних матеріалів. Ці матеріали є переважно органічними речовинами. Вони роблять внесок в енергетичний баланс виробництва керамічної цегли, а тому питоме споживання енергії від первинних джерел (природний газ, рідке паливо) у цьому випадку низьке.

Велика кількість облицювальної цегли, особливо у Північній Європі, використовується у якості зовнішнього шару будівель. Така цегла загалом має більшу щільність і часто випалюється за вищих температур, ніж легкі блоки. Тому питоме споживання енергії у виробництві облицювальної цегли вище, тобто становить 2,5-2,7 ГДж/тонну.

Цей показник значно відрізняється для Великої Британії (1,4-2,4 ГДж/т) через кількість органічного матеріалу у глині, що використовується для виготовлення цегли (більша кількість у нижніх фаціях оксфордської глини, з якої виготовляється флеттонська (оранжева сланцева) цегла, та менша кількість у цеглі, відмінній від флеттонської) [3, CERAME-UNIE, 2003].

У Таблиці 3.10 та Таблиці 3.11 наведені приклади рівнів споживання природного газу та електроенергії установками з виробництва цегли та черепиці в Австрії та рівнів споживання в Іспанії, а також загальне питоме споживання енергії у цегельній та черепичній промисловості [1, BMLFUW, 2003], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Джерела / споживання енергії	Одиниця вимірювання	Кладко-ва цегла	Облицюваль-на цегла	Черепиця
Природний газ (Австрія)	ГДж/т	1,02 – 1,87	2,87	1,97 – 2,93
Електроенергія (Австрія)	ГДж/т	0,08 – 0,22	0,27	0,23 – 0,41
Споживання енергії (Іспанія)	ГДж/т	1,50 – 2,50	2,50 – 3,00	1,90 – 2,95

**Таблиця 3.10. Дані про споживання енергії на тонну продукції, виготовленої на установках для виробництва цегли та черепиці**

Країна	Одиниця вимірювання	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Австрія	ГДж/т	2,38	2,09	1,17	1,72	1,63	1,69
Бельгія	ГДж/т	3,3	3,19	2,16	2,45	2,59	2,21
Німеччина	ГДж/т	2,43	2,31	1,93	1,63	2,57	2,31
Данія	ГДж/т	2,73	-	2,41	2,67	2,61	2,65
Іспанія	ГДж/т	2,38	2,30	2,24	2,18	2,28	2,26
Франція	ГДж/т	2,87	2,62	2,77	2,62	2,80	2,61
Італія	ГДж/т	2,80	2,60	2,09	1,90	1,94	2,00
Нідерланди	ГДж/т	3,63	2,93	2,19	2,70	3,05	3,35
Велика Британія	ГДж/т	2,29	2,16	2,48	2,63	3,25	2,85
Швейцарія	ГДж/т	-	2,56	2,62	2,53	2,44	-

**Таблиця 3.11. Питоме споживання енергії у цегельній та черепичній промисловості**



Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.2 і Таблицю 2.4.

Споживання води та сировини

Приклади рівнів споживання води та сировини на одному заводі з виробництва кладкової цегли наведені на наступному рисунку у вигляді схеми масових витрат [1, BMLFUW, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

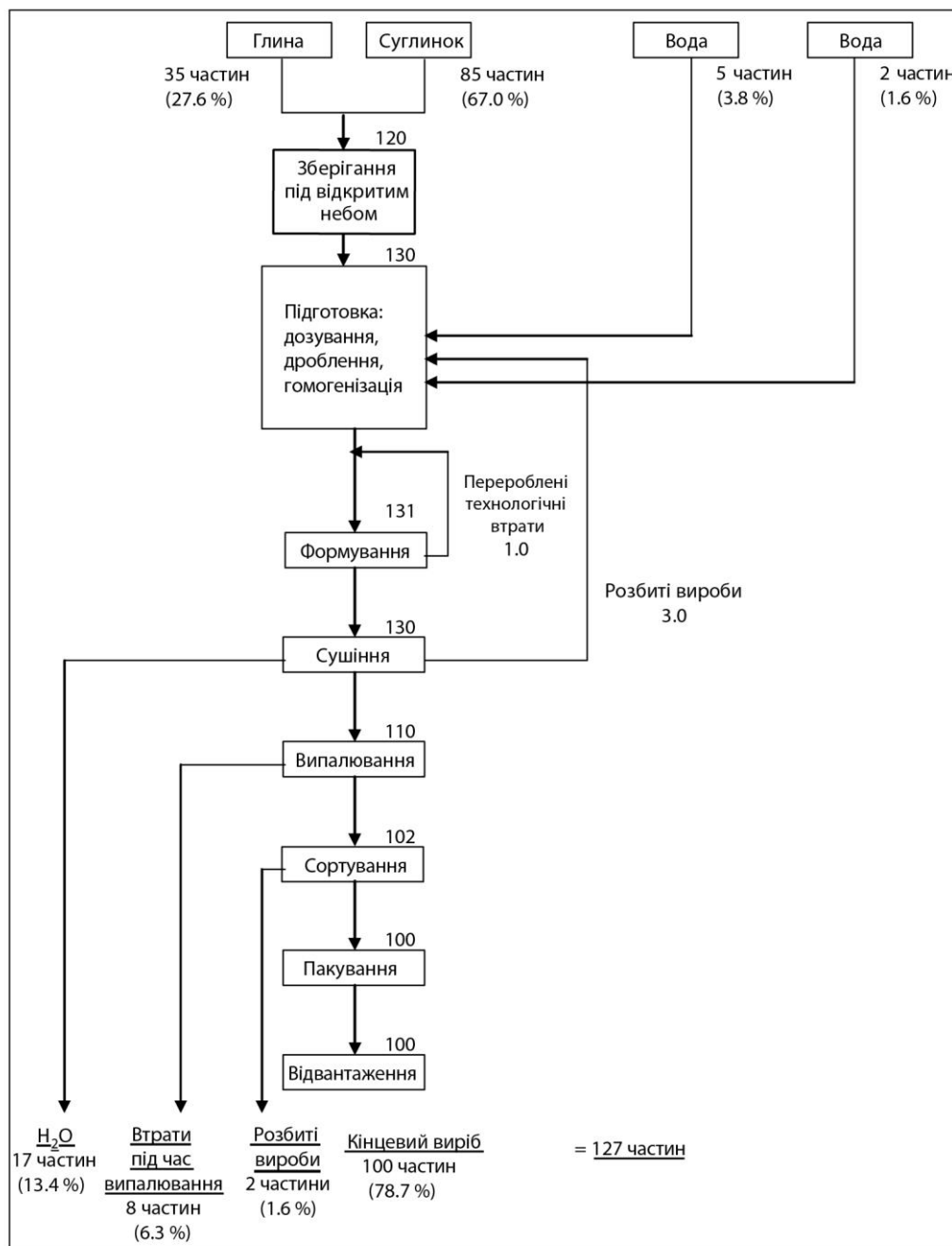


Рисунок 3.4. Приклад масових витрат для виробництва кладкової цегли

### 3.3.2. Оскловані керамічні труби

#### 3.3.2.1. Дані про викиди

У процесі виробництва осклованих керамічних труб утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря при випалюванні осклованих керамічних труб. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

Викиди у повітря

Значна кількість викидів у повітря під час виробництва осклованих керамічних труб припадає на процес випалювання.

У наступній таблиці наведені максимальні значення викидів з очищеним газом для європейських заводів з виробництва осклованих керамічних труб (крім Великої Британії) та відповідні експлуатаційні параметри тунельних печей (у верхньому розділі таблиці) [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001].

Джерело викиду	Тунельна піч
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	4000 – 18000
Температура димових газів (°C)	160 – 200

Компонент викидів	Максимальна концентрація в очищених газах (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	30
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	200
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	200
CO	200
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як	5
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як	30

**Таблиця 3.12. Максимальна концентрація забруднювачів в очищених газах при виробництві осклованих керамічних труб**

У Великій Британії спостерігаються максимальні концентрації фтору до 10 мг/м<sup>3</sup> внаслідок вищого граничного значення викидів, що дорівнює 10.

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесу випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- за певних обставин газоподібні викиди можуть утворюватися у процесі сушіння. Якщо у процесі сушіння сирової продукції використовується надлишкове тепло з печі, до складу якого входять димові гази із зони випалювання, і якщо при цьому не застосовуються замкнені системи нагрівання, можуть виникати викиди фторидів;
- якщо глазурування виконується шляхом розпилення, на цьому кроці технологічного процесу можливі викиди пилу;
- деякі види осклованих керамічних труб шліфуються після випалювання. Тому пил також може утворюватися у процесах сухого шліфування.

Викиди у воду

У виробництві осклованих керамічних труб технологічні стічні води утворюються під час очищення установок для підготовки сировини та установок для глазурування, а також внаслідок шліфування з охолодженням. Вода часто повторно використовується у замкнених контурах. Надлишок глазури збирається і подається назад у цикл виробництва. [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Дані щодо викидів у воду відсутні.

Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам утворюється у результаті підготовки сировини (очищення установок), очищення установок для глазурування, а також у результаті шліфування з охолодженням;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи на підприємства з переробки або утилізації відходів [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

**3.3.2.2. Дані про споживання ресурсів**Споживання енергії

Питоме споживання енергії у виробництві осклованих керамічних труб описане у наступній таблиці. Розрізняють питоме споживання енергії на забезпечення мінеральною сировиною та енергією і на виробництво труб. Мінеральними матеріалами є глина, розпушувачі та глазур, а енергоносієм є природний газ. Споживання електроенергії від первинних джерел енергії охоплює весь процес виробництва, включно з допоміжними установками заводу, освітленням, тощо. Використані дані дійсні для 90 % німецьких виробництв. Рівні споживання для невеликих осклованих керамічних труб (Ду 100 / Ду 150), осклованих керамічних труб середнього розміру (Ду 200 / Ду 300) та великих осклованих керамічних труб (Ду 500) представлені окремо [4, UBA, 2001].

	Ду 100, Ду 150 (МДж/кг)	Ду 200, Ду 300 (МДж/кг)	Ду 500, фітінги (МДж/кг)
Ресурс			
Мінеральна сировина	0,20	0,20	0,20
Природний газ	0,41	0,49	0,56
Виробництво			
Підготовка	0,10	0,10	0,10
Сушіння	1,22	1,44	1,66
Випалювання	3,06	3,60	4,14
Електроенергія	1,20	1,20	1,20
Усього	6,19	7,03	7,86

**Таблиця 3.13. Питоме споживання енергії при виробництві осклованих керамічних труб**

Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.7.

Споживання води та сировини

Приклади рівнів споживання води та сировини для виробництва осклованих керамічних труб наведені на наступному рисунку у вигляді схеми масових витрат [4, UBA, 2001].

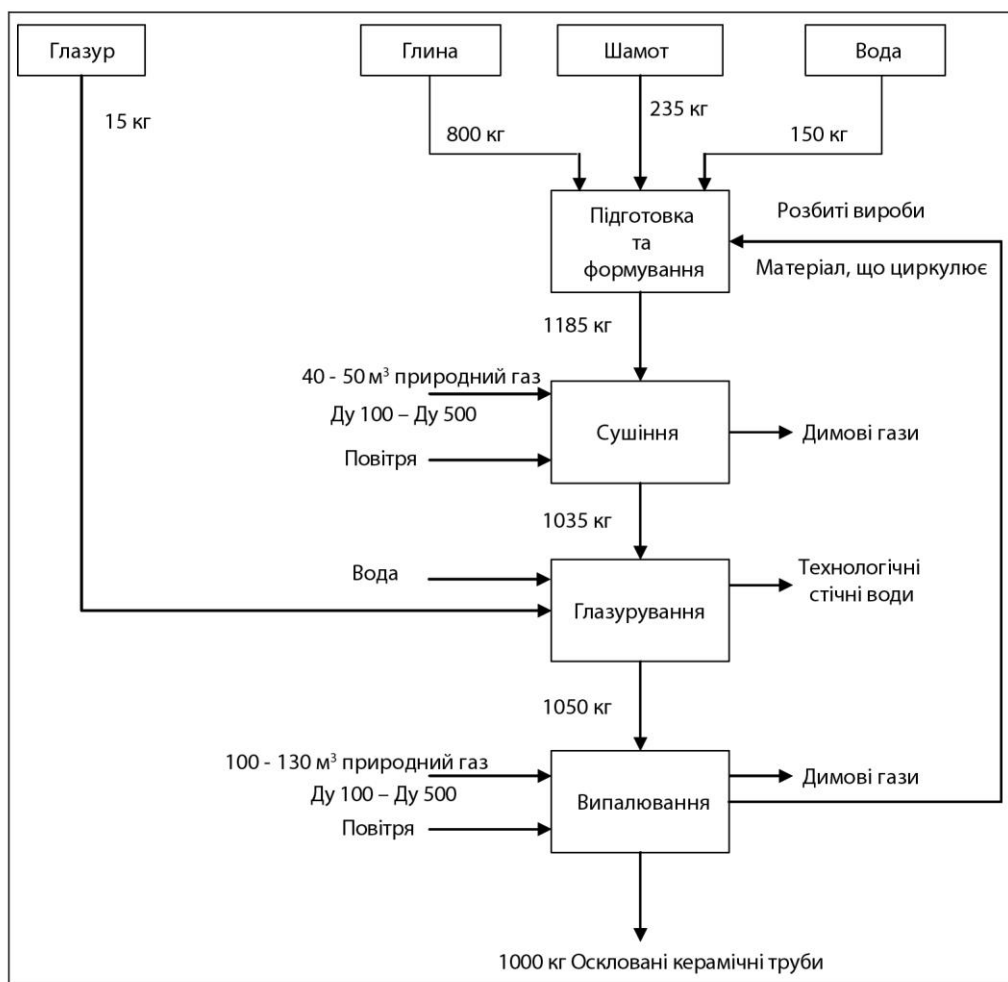


Рисунок 3.5. Приклад масових витрат для виробництва осклованих керамічних труб

### 3.3.3. Вогнетривкі вироби

#### 3.3.3.1. Дані про викиди

У процесі виробництва вогнетривких виробів утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря при випалюванні вогнетривких виробів. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

Значна кількість викидів у повітря під час виробництва вогнетривких виробів припадає на процес випалювання.

У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів (у верхньому розділі таблиці) та відповідні значення для неочищених газів у процесі випалювання різних вогнетривких виробів у тунельних печах [4, УВА, 2001]

Джерело викиду	Тунельна піч		
	Магнезіальний	Високоглиноземистий	Силікатний
Виріб			
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	15000 – 25000	9000 – 17000	8000 – 12000
Температура димових газів (°C)	250 – 400	120 – 250	150 – 250

Компонент викидів	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )		
	Магнезіальний	Високоглиноземистий	Силікатний
Виріб			
Пил	8 – 35	5 – 80	10 – 25
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	110 – 470	30 – 250	5 – 100
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	90 – 580	10 – 430	20 – 150
CO	12 – 180	30 – 150	10 – 50
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	0,5 – 1,5	5 – 50	1 – 3

**Таблиця 3.14. Значення викидів для неочищених газів при виробництві різних вогнетривких виробів**

У наступній таблиці наведені діапазони викидів з печей для нестандартних вогнетривких виробів [3, CERAME-UNIE, 2003].

Компонент	мг/м <sup>3</sup>
Пил	44 – 113
SO <sub>2</sub>	260 – 490
NO <sub>x</sub>	25 – 200
Фториди, HF	0,4 - 2,5
CO <sub>2</sub>	1-3 % за

**Таблиця 3.15. Викиди з печей для виробництва нестандартних вогнетривких виробів**

У спеціальних процедурах (утворення вуглецевих зв'язків, просочування смолою) утворюються особливі продукти розкладу (аміак, формальдегід, фенол, тощо), залежно від спеціальних в'язучих речовин (кам'яновугільний дьоготь, рідкі або тверді смоли). Приклади значень для неочищених газів за умови використання спеціальних процедур наведені у наступній таблиці [4, UBA, 2001].

Компонент викидів (мг/м <sup>3</sup> )	Камера твердіння	Піч для загартовування		Покриття смолою
		Зв'язування	Зв'язування	
	Зв'язування	Зв'язування	Зв'язування	Зв'язування
Аміак	2500	20	-	-
Формальдегід	25	10	-	-
Фенол	350	80	-	-
Органічні речовини, виражені як загальний вміст С	<3000	1000	2500	1500
*) Фенолова резольна смола				
**) Значення загального вмісту С вказані з урахуванням поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ)				

**Таблиця 3.16. Значення викидів з неочищеними газами для спеціальних процедур**

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесу випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- викиди пилу утворюються у процесі сухої підготовки сировини;
- викиди пилу, а також пари в'язучих речовин та добавок, утворюються під час формування у пресах;
- за певних обставин газоподібні викиди можуть утворюватися у процесі сушіння. Якщо у процесі сушіння сирової продукції використовується надлишкове тепло з печі, до складу якого входять димові гази із зони випалювання, і якщо при цьому не застосовуються замкнені системи нагрівання, можуть виникати викиди органічних та неорганічних атмосферних забруднюючих речовин;
- деякі вогнетривкі вироби шліфуються після випалювання. Тому пил також може утворюватися у процесах сухого шліфування.

#### Викиди у воду

У виробництві вогнетривкої продукції технологічні стічні води можуть утворюватися під час очищення установок для підготовки сировини та ливарних установок, а також внаслідок шліфування з охолодженням. Ця вода часто повторно використовується у замкнених контурах [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Дані щодо викидів у воду відсутні.

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам може утворюватися у результаті підготовки сировини (очищення установок), очищення ливарних установок, а також у результаті шліфування з охолодженням;
- від процесу лиття зі шлікеру можуть залишатися використані та зламані гіпсові форми;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи і передаються на сторонні підприємства з переробки або утилізації відходів [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### **3.3.3.2. Дані про споживання ресурсів**

#### Споживання енергії:

У наступній таблиці наведені діапазони питомого споживання енергії на різних кроках виробництва магнезійної вогнетривкої цегли [1, BMLFUW, 2003], [17, Буркарт, 2004].

Процес	МДж/кг
Підготовка, просіювання	0,35 – 0,50
Зважування, дозування,	0,045 – 0,070
Формування	0,13 – 0,20
Сушіння, випалювання	3,0 – 6,3
Заключна обробка, пакування	0,08

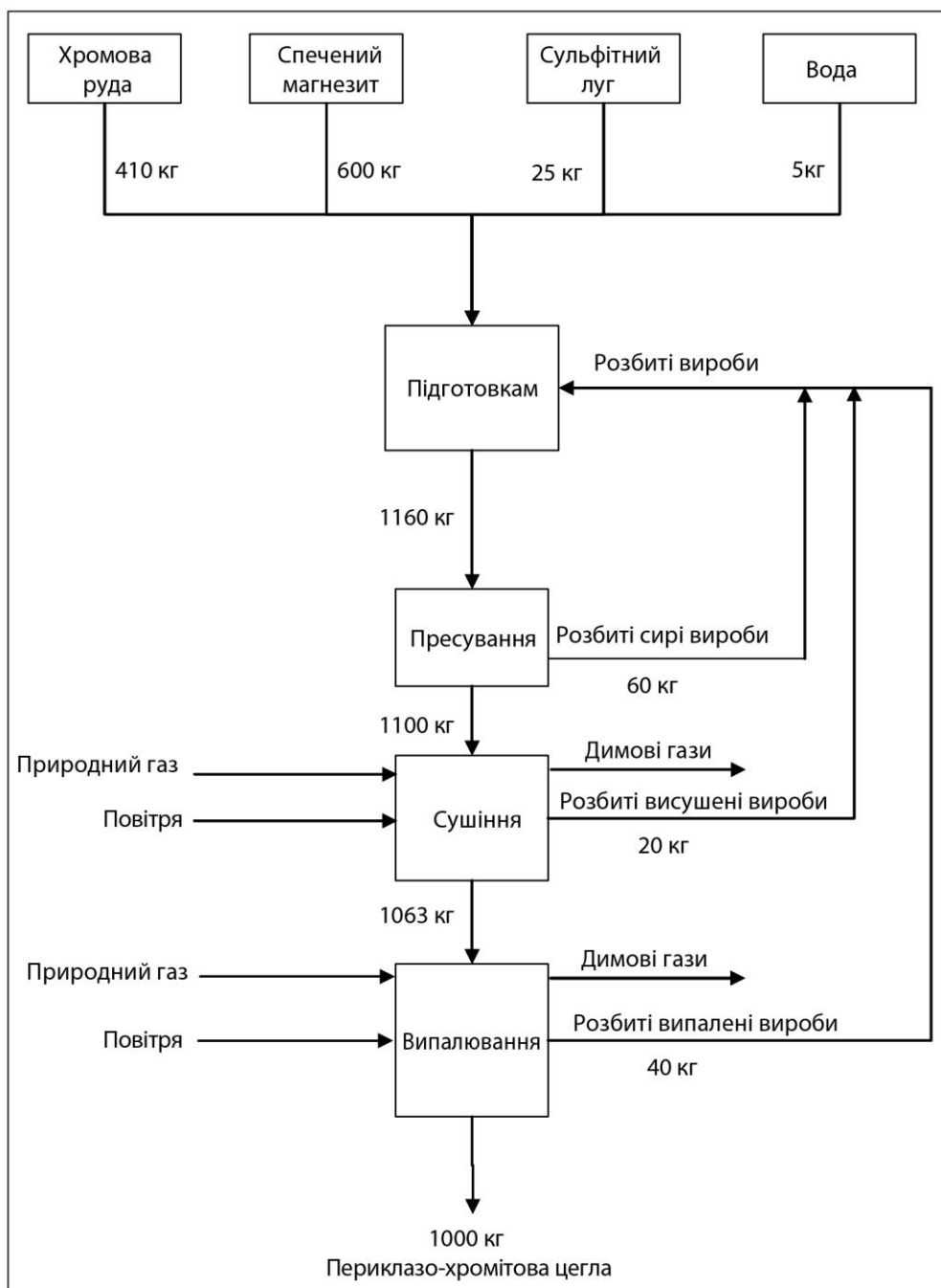
**Таблиця 3.17. Дані про споживання енергії для виробництва магнезійної вогнетривкої цегли, на кг виробу**



Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.9, Таблицю 2.10, Таблицю 2.11 і Таблицю 2.12.

### Споживання води та сировини

Приклади рівнів споживання води та сировини у виробництві вогнетривкої продукції наведені на наступному рисунку у вигляді схеми масових витрат для виготовлення периклазо-хромітової цегли [4, УВА, 2001].



**Рисунок 3.6. Приклад масових витрат для виробництва периклазо-хромітової цегли**

### 3.3.4. Спучені керамічні заповнювачі

#### 3.3.4.1. Дані про викиди

У процесі виробництва спучених керамічних заповнювачів утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря для таких етапів технологічного процесу, як первинне дроблення, сухий помол, гранулювання, випалювання, просіювання та шліфування піском. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

У виробництві спучених керамічних заповнювачів значні викиди у повітря виникають у результаті зберігання, транспортування сировини, первинного дроблення та сухого помолу необпаленої глини, гранулювання, у процесі випалювання (фактичного спучення), а також у результаті просіювання та шліфування піском. У результаті зберігання та вантаження запасів сировини і легких заповнювачів (LWA), а також руху транспортних засобів на об'єкті, утворюються переважно викиди дифузного характеру.

#### **Зберігання та транспортування сировини:**

Під час зберігання та транспортування сировини викиди пилу виникають у місцях передавання у конвеєрні системи та системи зберігання, залежно від характеристик сировини.

#### **Первинне дроблення:**

У результаті операції первинного дроблення, яка застосовується у технології обробки доволі сухих типів глини (напівсухому процесі), утворюються викиди пилу. У наступній таблиці наведені діапазони рівнів викидів пилу, що виникають у результаті первинного дроблення, після тканинного фільтра [26, UBA, 2005].

Первинне дроблення	Значення
Пил	0,7 – 3,4 мг/м <sup>3</sup> <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> За сухими відпрацьованими газами (273 К, 1013 гПа)	

**Таблиця 3.18. Діапазони значень викидів пилу у результаті первинного дроблення після тканинного фільтра**

#### **Сухий помол:**

У процесі сухого помолу, який застосовується у технології обробки доволі сухих типів глини, окрім пилу, також утворюються діоксиди сірки та оксиди азоту, які є продуктом згорання важкого мазу. У наступній таблиці наведені діапазони фактичних рівнів викидів, що виникають у результаті сухого помолу, після відповідної фільтрувальної системи [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Пил після електростатичного фільтра або тканинного фільтра	6 – 50 мг/м <sup>3</sup> <sup>1) 2)</sup>
Діоксид сірки	0,02 – 0,20 г/м <sup>3</sup> <sup>1)</sup>
Оксиди азоту, виражені як NO <sub>2</sub>	0,11 – 0,14 г/м <sup>3</sup> <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> За вологими димовими газами з вмістом O <sub>2</sub> 17 % за об'ємом (273 К, 1013 гПа)	
<sup>2)</sup> Середньорічні значення	

**Таблиця 3.19. Діапазони фактичних значень викидів у результаті сухого помолу після відповідної фільтрувальної системи**

**Гранулювання:**

У результаті гранулювання, яке застосовується у технології обробки доволі сухих типів глини, утворюються викиди пилу. У наступній таблиці наведені діапазони рівнів викидів пилу, що виникають у результаті гранулювання, після тканинного фільтра [26, UBA, 2005].

Гранулювання	Значення
Пил	5 – 15 мг/м <sup>3</sup> <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> За сухими відпрацьованими газами (273 К, 1013 гПа)	

**Таблиця 3.20. Діапазони значень викидів пилу у результаті гранулювання після тканинного фільтра**

**Процес випалювання:**

Технологія процесу та палива, що використовуються у виробництві спучених керамічних заповнювачів, справляють лише обмежений вплив на ситуацію з викидами на заводі. Основним параметром є якість сировини. Пов'язані з сировиною викиди органічних речовин та діоксиду сірки (зазвичай з піриту та марказиту) у неочищених газах є частиною фактичного процесу спучення.

У наступній таблиці наведені діапазони рівнів викидів, що виникають у процесах випалювання та сушіння, після відповідних фільтрувальних систем (електростатичного фільтра та установок мокрого очищення димових газів) [26, UBA, 2005], [28, Шорхт, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Одиниця вимірювання	Рівень викидів
Пил	мг/м <sup>3</sup>	9 – 200
SO <sub>2</sub>	мг/м <sup>3</sup>	200 – 2000
NO <sub>x</sub>	мг/м <sup>3</sup>	120 – 930
HCl	мг/м <sup>3</sup>	2,7 – 250
HF	мг/м <sup>3</sup>	0,4 – 20
CO	мг/м <sup>3</sup>	50 – 2600
Загальний	мг/м <sup>3</sup>	10 – 800
Діоксини	нг/м <sup>3</sup>	<0,1
Дані вказані для нормального рівня O <sub>2</sub> – 13-16 % за об'ємом. Для компонентів, відмінних від пилу та SO <sub>2</sub> , наявні лише обмежені дані вимірювань.		

**Таблиця 3.21. Діапазони значень викидів у результаті процесів випалювання після відповідних фільтрувальних систем**

Нижче наведений ще один приклад сукупності даних щодо кількості відпрацьованих газів, що утворюються у процесі випалювання спучених керамічних заповнювачів у обертовій печі (за технологією LECA – легких спучених керамічних заповнювачів), обладнаній електростатичним фільтром для видалення пилу [17, Буркарт, 2004]:

- пил: менш ніж 50 мг/м<sup>3</sup>
- SO<sub>x</sub>: 1700 – 1800 мг/м<sup>3</sup> (вміст сірки в основній сировині – понад 0,75 %)
- фтор, виражений як HF: менше ніж 5 мг/м<sup>3</sup>.

**Просіювання та шліфування піском:**

Під час просіювання різних груп фракцій та під час шліфування піском виникають викиди пилу. У наступній таблиці наведені діапазони значень викидів пилу з просіювальних установок [26, УВА, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Просіювальна установка І (з дробаркою для піску)
Пил	4,3 – 50,0 мг/м <sup>3</sup>

**Таблиця 3.22. Значення викидів пилу з просіювальних установок**

Викиди у воду

У наш час на деяких заводах використовуються мокрі скрубери. У наступній таблиці наведені значення стоків у вигляді середніх значень за тиждень [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Значення
pH	6 – 9
Зважені тверді речовини	≤50 мг/л

**Таблиця 3.23. Значення стоків з мокрих скруберів**

Для підготовки (та формування) сировини переважно використовується вода.

Викиди у воду немає сенсу розглядати, оскільки у виробництві спучених керамічних заповнювачів не утворюються технологічні стічні води. Охолоджувальна вода для пічних систем проходить через нафтовловлювач і повертається в охолоджувальний контур. У процесі сушіння вся технологічна вода випаровується.

Технологічні втрати/відходи

У виробництві спучених керамічних заповнювачів не утворюється жодних технологічних втрат у вигляді відходів. Відсіяні частки надто великого або надто малого розміру повертаються у дробарки для піску. Весь зібраний пил повертається у процес виробництва. Гіпс, утворений при очищенні димових газів, використовується в цементній промисловості у якості регулятора твердіння.

**3.3.4.2. Дані про споживання ресурсів**Споживання енергії

Споживання енергії на сухий помол, що застосовується в обробці доволі сухих типів глини (напівсухому процесі), складає приблизно 217 МДж/м<sup>3</sup>. Це відповідає приблизно 20 % загального споживання теплової енергії у всьому процесі виробництва з використанням доволі сухих типів глини (у процесі виробництва з використанням глини, яка має високий вміст вологи, сухий помол не застосовується). Споживання електроенергії на сухий помол складає приблизно 26,3 МДж/м<sup>3</sup>.

Споживання енергії у процесі випалювання складає приблизно 900-1300 МДж/м<sup>3</sup>, залежно від сировини (вмісту вологи у глині), технології виробництва та виробничої потужності [26, УВА, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Загальне питоме споживання електроенергії варіюється від 43 до 83 МДж/м<sup>3</sup>, залежно від об'ємної маси, властивостей сировини і технології виробництва (підготовка глини, технологія термічного процесу) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Споживання води та сировини

У наступній таблиці наведено приклад суміші сировини, що використовується у виробництві спучених керамічних заповнювачів [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Матеріал	Кількість у % за вагою	Мета
Глина (суха)	<90	Сировина
Оксид заліза	0 – 8	Флюс
Порошок вапняку/доломіту	0,5 – 3	Речовина для
Вуглецевий носій	0 – 1	Засіб для спучення

**Таблиця 3.24. Суміш сировини у виробництві спучених керамічних заповнювачів**

### 3.3.5. Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги

#### 3.3.5.1. Дані про викиди

У процесі виробництва глазурованої та неглазурованої облицювальної стінної плитки і плитки для підлоги утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря для основних кроків технологічного процесу. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

Викиди, що виникають у результаті розмелювання сировини, складаються переважно з часток сировини, такої як глина, кварц і польовий шпат. При сухому помолі потік викидів складає приблизно 6 м<sup>3</sup> н.у. повітря на кілограм обробленої сировини (ОС), а коефіцієнт викидів твердих часток (пилу) складає 50 г/кг ОС. При мокрому помолі потік викидів також складає близько 6 м<sup>3</sup> н.у. повітря / кг ОС з коефіцієнтом викидів близько 15 г пилу / кг ОС. Ці коефіцієнти викидів стосуються потоків неочищених відпрацьованих газів.

У процесі виробництва гранульованого матеріалу для пресування утворюються викиди ряду забруднюючих речовин у повітря: до них належить пил, оксид азоту, оксиди сірки, чадний газ і вуглекислий газ. У результаті операцій очищення на ділянці глазурування створюються водні суспензії, які містять керамічні матеріали. Ці суспензії додаються до шлікерів, які сушаться. З-поміж викидів, які утворюються при сушінні шлікерів, слід враховувати бор, хлор та свинець. Випаровувальна здатність розпилювальних сушарок досягає 20000 л/год. У наступній таблиці наведені типові діапазони експлуатаційних параметрів (у верхньому розділі таблиці) та відповідні значення суттєвих викидів, що виникають при розпилювальному сушінні шлікеру керамічної маси, для неочищених газів [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Джерело викиду	Розпилювальна сушарка
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	30000 – 200000
Температура димових газів (°C)	60 – 130
Волога (м <sup>3</sup> вода/м <sup>3</sup> усього)	0,13 – 0,20
Кисень (%)	16 – 20

Компонент викидів	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	150 – 1500
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	5 – 300
CO	2 – 50
Сполуки хлору, виражені як HCl	1 – 5
Бор	<0,3
Свинець	<0,15
CO <sub>2</sub>	1,5 – 4,0 % за об'ємом

**Таблиця 3.25. Експлуатаційні параметри та значення викидів з установок розпилювального сушіння для неочищених газів**

З точки зору споживання енергії, можна і зручно використовувати обладнання для розпилювального сушіння з установками комбінованого виробництва тепла та електроенергії, проте неочищені димові гази, що виходять з таких установок, зазвичай містять більше NO<sub>x</sub> (їх вміст варіюється у діапазоні 50-800 мг/м<sup>3</sup>, виражений як NO<sub>2</sub>) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

При формуванні виробів шляхом пресування потік викидів складає приблизно 5 м<sup>3</sup> н.у. повітря / кг ОС, а коефіцієнт викидів становить приблизно 7 г пилу / кг ОС для неочищених відпрацьованих газів. Залежно від розміру пресу, потоки відпрацьованих газів становлять від 2000 до 4000 м<sup>3</sup>/год. за температур від 20 до 30 °С. Додаткові викиди пилу виникають у полірувальних установках, що встановлені далі за пресом. У процесах видавлювання обробляються лише вологі маси, тому викиди пилу при цьому не утворюються.

У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів (у верхньому розділі таблиці) та відповідні діапазони викидів із сушарок для неочищених відпрацьованих газів (дані відповідають вертикальним та горизонтальним сушаркам) [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [21, Алмейда, 2004].

Джерело викиду	Сушарка
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	2000 – 7000
Температура димових газів (°С)	50 – 190
Волога (м <sup>3</sup> вода/м <sup>3</sup> усього)	0,04 – 0,11
Кисень (%)	16 – 20

Компонент викидів	Концентрація
Пил	5 – 25 мг/м <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	1-3 % за об'ємом

**Таблиця 3.26. Експлуатаційні параметри та значення викидів із сушарок для неочищених газів**

Тверді частки, що містяться у викидах сушарок, складаються з часток пилу, що прилипли до керамічної маси, та пилу, утвореного при розбиванні плиток у сушарках, який виноситься разом з газоподібними продуктами згорання. Порівняно низькі температури у цих установках – зазвичай менше 300 °С – перешкоджають утворенню оксиду азоту у цьому процесі.

Газоподібні викиди та викиди твердих часток, що виникають при глазуруванні, залежать від технології нанесення та від складу глазури. Газоподібні викиди загалом можуть утворюватися у процесі розпилювання та у процесі підготовки глазури. Фізико-хімічні характеристики цих викидів дуже різняться через велике розмаїття глазурей, які використовуються у цьому процесі. Пил, що утворюється під час глазурування та підготовки глазури, характеризується присутністю кремнію, бору, цирконію, натрію, свинцю, літію, калію, барію, кальцію, магнію, цинку та алюмінію. Потік викидів складає приблизно 5 м<sup>3</sup> н.у. повітря / кг обробленої глазури, а коефіцієнт викидів становить приблизно 0,5 г пилу / кг обробленої глазури для неочищених відпрацьованих газів. Потік відпрацьованих газів становить до 7000 м<sup>3</sup>/год. за температури близько 30 °С.

У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів (у верхньому розділі таблиці) та відповідні діапазони викидів із печей з роликівим подом для неочищених газів [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [21, Алмейда, 2004].

Джерело викиду	Піч з роликівим подом
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	5000 – 15000
Температура димових газів (°C)	130 – 300
Волога (м <sup>3</sup> вода/м <sup>3</sup> усього)	0,05 – 0,1

Компонент викидів	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	5 – 30
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	5 – 150
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	1 – 300
CO	1 – 15
Сполуки фтору, виражені як HF	5 – 60
Сполуки хлору, виражені як HCl	20 – 150
Бор	<0,5
Свинець	<0,15
CO <sub>2</sub>	1,5 – 4,0 % за об'ємом

**Таблиця 3.27. Експлуатаційні параметри та значення викидів для неочищених газів при випалюванні**

Концентрація фтору у глині, що становить від 500 до 800 мг/кг, призводить до згаданих вище викидів фтору. У процесі випалювання бор, що міститься у викидах, утворюється внаслідок використання глазури, яка містить сполуки бору. Бор та хлор у викидах можуть походити з води, яка міститься у плитці (бор походить лише зі зворотної води, а хлор також може походити зі свіжої води з громадської системи водопостачання), а потім випаровується на перших етапах випалювання. Концентрація свинцю досить низька; він в основному утворюється при випаровуванні нечисленної групи глазурей, які містять цей елемент [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

У наступній таблиці, яка відображає ситуацію в Італії, порівнюються коефіцієнти викидів забруднюючих речовин для контрольованих викидів (значення для очищених газів) та відповідні коефіцієнти викидів забруднюючих речовин для неконтрольованих викидів (тобто до установок контролю забруднень) на різних етапах (фазах) процесів виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Коефіцієнти викидів вказані для вихідної установки відповідної фази [6, Тімелліні, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Газоподібні викиди на етапі		Питомий потік (м <sup>3</sup> н.у./кг)	Коефіцієнти викидів забруднюючих речовин – КВЗР (г/кг)					
Фаза	Операція		Пил (тверді частки)		Сполуки свинцю (Pb)		Сполуки фтору (HF)	
			НК	К	НК	К	НК	К
Підготовка керамічної маси	Сухий помол	6	40 – 60	0,05 – 0,1				
	Мокрий помол	6	10 – 20	0,02 – 0,1				
	Розпилувальне сушіння	5	5 – 10	0,1 – 0,2				
Формування	Пресування	5	5 – 10	0,01 – 0,05				
	Підготовка та нанесення глазури	5	0,5 – 1,0	0,02 – 0,03				
	Випалювання	3 – 6	0,1 – 0,5	0,01 – 0,02	0 – 0,1	0,001 – 0,01	0,1 – 0,5	0,01 – 0,05

НК = неконтрольовані викиди; К = контрольовані викиди

**Таблиця 3.28. Газоподібні викиди на різних етапах процесів виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Коефіцієнти викидів забруднюючих речовин для неконтрольованих (НК) та контрольованих (К) викидів**



Викиди в повітря у вигляді пилу також можуть виникати під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини – під час цих операцій викиди пилу виникають на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження. Після процесу випалювання стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги часто шліфується. Тому пил також може утворюватися у процесах сухого шліфування [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

#### Викиди у воду

У виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги технологічні стічні води утворюються під час очищення установок для підготовки сировини та установок для глазурування, а також у процесі зневоднення за допомогою фільтрувальних пресів та обертових фільтрів і у процесі мокрого помолу. Вода часто повторно використовується у замкнених контурах. Надлишок глазури збирається і подається назад у цикл виробництва [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

У наступній таблиці наведено відомості про стандартний склад неочищених технологічних стічних вод, що виникають на підприємствах з виготовлення стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Вода переважно складається з промивальної води, що надходить від установок глазурування, тож концентрація речовин значною мірою залежить від складу глазури [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998].

Параметр	Діапазон	Параметр	Діапазон
pH	7 – 9	Кальцій	5 – 500
Зважена	1000 – 20000	Бор	1 – 60
Речовина, здатна осідати	5 – 30	Свинець	<5
Хімічне	100 – 400	Натрій	50 – 500
Біохімічна потреба кисню	40 – 60	Калій	1 – 50
Фториди	<2	Кремній	5 – 30
Хлориди	300 – 700	Алюміній	<2
Сульфати	100 – 1000	Залізо	<0,5
Магній	10 – 100	Цинк	<2

**Таблиця 3.29. Хімічний аналіз неочищених технологічних стічних вод**

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам утворюється у результаті підготовки сировини (зокрема, очищення установок), очищення установок для глазурування, а також у результаті шліфування з охолодженням;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи на підприємства з переробки або утилізації відходів [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Кількість і склад шламу, що утворюється на установках очищення технологічних стічних вод, значно різняться для різних типів виробничого процесу. У наступній таблиці наведені діапазони вмісту основних хімічних компонентів шламу [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998].

Речовина	Діапазон (% за вагою)	Речовина	Діапазон (% за вагою)
SiO <sub>2</sub>	40 – 60	K <sub>2</sub> O	0,5 – 3,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 – 15	TiO <sub>2</sub>	0 – 7
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 – 10	ZnO	1 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1 – 5,0	BaO	0,1 – 3,0
CaO	5 – 15	PbO	0,1 – 15
MgO	0,5 – 3,0	ZrO <sub>2</sub>	1 – 15
Na <sub>2</sub> O	0,5 – 3,0		

**Таблиця 3.30. Діапазони основних хімічних компонентів шламу (виробництво стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги)**

Кількість шламу, що утворюється на підприємствах з виготовлення стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, варіюється у діапазоні 0,09-0,15 кг/м<sup>2</sup> готового виробу у перерахунку на суху речовину. Для виробу, керамічна маса якого складає 15-20 кг/м<sup>2</sup>, цей показник відповідає 0,4-1,0 % (кг сухого шламу / кг керамічної маси).

### 3.3.5.2. Дані про споживання ресурсів

#### Споживання енергії на розпилювальне сушіння

Типові значення споживання теплової енергії у процесі розпилювального сушіння стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги знаходяться в діапазоні 980-2200 кДж/кг [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

#### Споживання енергії на сушіння

Теплова потужність пальників у сушарці загалом низька, оскільки для її нагрівання використовується тепло відпрацьованих газів, що виходять із печі. Певною мірою використовують сушарки з електричним нагріванням. Потік димових газів для сушарки з електричним нагріванням становить всього від 100 до 300 м<sup>3</sup>/год. [4, UBA, 2001].

Типові значення споживання теплової енергії у процесі сушіння стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги знаходяться в діапазоні 250-750 кДж/кг (з огляду на низьку теплоту згорання природного газу та об'єм газу за температури 15 °С під тиском 1013 мбар). Для плитки класу ВІВ-ІІ також можливі значення споживання енергії понад 1400 кДж/кг [3, CERAME-UNIE, 2003].

#### Споживання енергії на випалювання

У наступній таблиці порівнюється питоме споживання енергії різними типами печей (тунельними печами та печами з роликівим подом). Значення вказані для температури 1150 °С. Діапазони потреби в енергії наведені для плитки, яка випалюється один раз (1x), та для плитки, яка випалюється двічі (2x) [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Тип печі	Діапазон (кДж/кг)
Тунельна піч (2x)	5920 – 7300
Тунельна піч (1x)	5420 – 6300
Піч з роликівим подом (2x)	3400 – 4620
Піч з роликівим подом (1x)	1900 – 4800

**Таблиця 3.31. Приклади питомої потреби різних печей в енергії**

Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.14.

У наступній таблиці порівнюється питоме споживання теплової енергії та електричної енергії на кожному етапі (фазі) процесу. Дані наведені для найбільших за потребою в енергії італійських заводів [6, Тімелліні, 2004].

Фаза	Операція	Питоме споживання природного газу	Питоме споживання електроенергії (ГДж/т)
Підготовка керамічної маси	Сухий помол		0,04 – 0,07
	Мокрий помол		0,05 – 0,35
	Розпилювальне сушіння	1,1 – 2,2	0,01 – 0,07
Формування	Пресування		0,05 – 0,15
Сушіння		0,3 – 0,8	0,01 – 0,04
Випалювання		1,9 – 4,8	0,02 – 0,15

**Таблиця 3.32. Порівняння питомого споживання теплової енергії та електричної енергії на кожному етапі технологічного процесу**

#### Споживання води та сировини

Кількість води та сировини, що використовується у процесі, різниться залежно від видів сировини, типу застосованого процесу виробництва та потрібних властивостей виробів.

Наприклад, у процесі сухої підготовки керамічної маси сировина для керамічної маси подрібнюється сухим способом у молотковій дробарці або дробарці маятникового типу. Потім суміш змочується до 7-12 % у перерахунку на суху речовину. У цьому випадку гранульований матеріал висушується до вмісту вологи 6-7 %.

У процесі мокрої підготовки керамічної маси сировина для керамічної маси подрібнюється мокрим способом у кульовому млині шляхом змішування з водою до вмісту вологи 42-50 % у перерахунку на суху речовину. Подальше гранулювання здійснюється за допомогою процесу розпилювального сушіння, і гранульований матеріал висушується до вмісту вологи 5-6 %.

Можна помітити, що при використанні мокрого процесу споживання води приблизно в чотири рази більше, ніж у сухому процесі. Це означає, що кількість використаної води, яку можна повторно використати у тому ж самому процесі підготовки керамічної маси, у мокрому методі більша, ніж у сухому методі [10, Наварро, 1998] [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### **3.3.6. Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка)**

#### **3.3.6.1 Дані про викиди**

У процесі виробництва побутової кераміки утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря для таких етапів процесу, як розпилювальне сушіння та випалювання. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

У наступній таблиці наведені типові діапазони експлуатаційних параметрів та викидів пилу для розпилювальної сушарки, що застосовується у виробництві гранул для пресування в галузі виробництва побутової кераміки.

Джерело викиду	Розпилювальна сушарка
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	до 10000
Температура димових газів (°C)	60

Компонент викидів	Концентрація
Пил	20 – 30 мг/м <sup>3</sup>

**Таблиця 3.33. Експлуатаційні параметри та значення викидів пилу з очищеними газами із розпилювальної сушарки**

Пил, що надходить із розпилювальної сушарки, вловлюється фільтром або системою, що складається з циклону і мокрого сепаратора. У цьому контексті слід також зазначити, що на багатьох сучасних заводах з виробництва побутової кераміки на сьогодні більше не використовуються розпилювальні сушарки, оскільки постачальники постачають гранульований матеріал для пресування вже з потрібними параметрами [4, UBA, 2001].

У процесі бісквітного обпалювання утворюються органічні речовини внаслідок розкладу чи випаровування допоміжних засобів. Вони виділяються за температури приблизно у 400 °С в зоні попереднього нагрівання печі. У цьому процесі може утворюватися бензол у кількості близько 1 мг/м<sup>3</sup> [3, CERAME-UNIE, 2003]. У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів (у верхньому розділі таблиці) та відповідні склади неочищених газів, що утворюються в результаті випалювання побутової кераміки у тунельних печах [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [27, VDI, 2004], [21, Алмейда, 2004].

Джерело викиду	Тунельна піч
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	3500 - 8000
Температура димових газів (°С)	130 – 200

Компонент викидів	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Випалювання	Бісквітне обпалювання	Глазурне випалювання
Пил	0,3 – 6,0	0,3 – 6,0
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	13 – 110	20 – 150
Газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	1 – 35	0,3 – 23
Органічні речовини, виражені як загальний вміст С	до 40 *)	3 – 18
*) У випадку ізостатичного пресування – до 100 мг/м <sup>3</sup>		

**Таблиця 3.34. Значення викидів для неочищених газів та експлуатаційні параметри при випалюванні побутової кераміки**

Газоподібні неорганічні сполуки фтору, перелічені у Таблиці 3.34, утворюються за температур від 700 до 800 °С внаслідок розкладу певних речовин у сировині. Кількість викидів фтору з тунельних печей постійно зростає, оскільки випалювання виконується безперервно.

У наступній таблиці наведені експлуатаційні параметри (у верхньому розділі таблиці) та відповідні значення викидів (концентрації пилу та HF) для неочищених та очищених газів, що утворюються при випалюванні побутової кераміки в тунельній печі у процесі одинарного випалювання. У цьому спеціальному процесі виробництва вироби зазвичай випалюються лише один раз, а попереднє випалювання не потрібне. Випалювання займає 20 годин за температури 1260 °С, а димові гази, що виходять з печі, очищаються за допомогою фільтрувальної системи на основі вапняного шару [13, SYKE, 2004], [17, Буркарт, 2004], [22, SYKE, 2004].

Джерело викиду	Тунельна
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	20000
Температура димових газів (°С)*)	137 – 156
O <sub>2</sub> (%)*)	17,1 – 18,1

Компонент викидів	Концентрація у неочищених газах (мг/м <sup>3</sup> ) <sup>**</sup>	Концентрація в очищених газах (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	0,9	0,9
Газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	7,0	0,224 – 0,293 <sup>*)</sup>
*) Три вимірювання		
**) Температура димових газів та вміст O <sub>2</sub> не вказані		

**Таблиця 3.35. Значення викидів для неочищених та очищених газів у процесі однократного випалювання побутової кераміки**

Печі періодичної дії, такі як печі з висувним подом, викидають велику кількість газоподібних неорганічних сполук фтору за температур від 800 до 1150 °С, а об'ємний потік димових газів з цих печей варіюється від 5000 до 20000 м<sup>3</sup>/год.

Димові гази, що утворюються у процесах випалювання побутової кераміки, також містять інші атмосферні забруднюючі речовини, такі як СО, СО<sub>2</sub> та SO<sub>x</sub>, і якщо продукція випалюється у процесі додаткового оздоблення, потрібно також враховувати викиди, що утворюються в результаті декоративного випалювання. При декоративному випалюванні спалюються клеї та в'язучі речовини, що містяться у перебивних рисунках, або смола, що міститься у фарбувальних барвниках. У цьому процесі утворюються органічні речовини з сильним запахом. Можливі додаткові викиди важких металів з неорганічних кольорових пігментів (які складаються з оксидів важких металів). У наступній таблиці наведені типові пігментні системи, які використовуються у якості барвників для оздоблення [4, UBA, 2001].

Колір	Стійкий до температури 800 °С	Стійкий до температури 1200 °С
Зелений	Оксид хрому, хромо-кобальтова шпінель	
Синій	Алюміній-цинк-хромо-кобальтова шпінель, розплав кобальту	Цирконієво-ванадієвий синій
Жовтий	Свинцево-сурм'яний жовтий	Олов'яно-ванадієвий жовтий
Чорний	Шпінель з залізом, кобальтом, нікелем, марганцем, хромом, міддю, ванадієм, тощо	
Сірий	Олов'яно-сурм'яний сірий, цирконій	
Коричневий	Залізо-хром-цинк-марганцева шпінель, оксид заліза	Цирконієво-залізний рожевий
Червоний	Пурпур Кассіуса, кадмієво- (сірчаний, селеновий) червоний	Олов'яно-хромо- (кальцієвий, кремнієвий) рожевий, кадмієвий червоний пігмент
Білий	Оксид церію, оксид титану	Оксид олова, силікат цирконію

**Таблиця 3.36. Пігментні системи для кольорового оздоблення кераміки**

У наступній таблиці наведені діапазони експлуатаційних параметрів та масові концентрації важких металів, що утворюються у процесі декоративного випалювання побутової кераміки [4, UBA, 2001].

Джерело викиду	Піч для декоративного випалювання
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	1000 – 3000
Температура димових газів (°С)	~100

Важкий метал	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Свинець	0,002 – 2,750
Кадмій	0,003 – 0,070
Кобальт	0,054 – 0,260
Нікель	0,060 – 0,400

**Таблиця 3.37. Концентрації важких металів у неочищених газах, що утворюються при декоративному випалюванні**

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесів розпилувального сушіння та випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- викиди пилу утворюються у процесі сухої підготовки сировини;
- викиди пилу виникають у процесі формування сухих мас (пресування);
- за певних обставин газоподібні викиди можуть утворюватися у процесі сушіння. Викиди фторидів особливо можливі у тих випадках, якщо у процесі сушіння сирової продукції використовується надлишкове тепло з печі, до складу якого входять димові гази із зони випалювання, і якщо при цьому не застосовуються замкнені системи нагрівання;
- викиди пилу виникають у процесі глазурування та ангобування, залежно від застосованих технологій глазурування чи ангобування;
- побутова кераміка часто шліфується після випалювання. Тому пил також може утворюватися у процесах сухого шліфування.

### Викиди у воду

У виробництві побутової кераміки технологічні стічні води утворюються під час очищення установок для підготовки сировини та ливарних установок, у процесах глазурування та оздоблення, а також у процесі зневоднення за допомогою фільтрувальних пресів та обертових фільтрів або у процесі мокрого помолу. Ці технологічні стічні води містять ті ж компоненти, що й сировина [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

У наступній таблиці наведено аналіз технологічних стічних вод у виробника порцелянового столового посуду [4, УВА, 2001], [1, BMLFUW, 2003]. Технологічні стічні води очищаються шляхом гомогенізації, флокуляції, осаджування, фільтрування у пісковому шарі та зворотного осмосу для зменшення кількості технологічних стічних вод.

Параметр	Одиниця вимірю	Від заводу	Після відстійника	Після піскового фільтра	Концентрат після зворотного осмосу	Фільтрат після зворотного осмосу
pH		7,5	7,5	7,5	8,0	6,5
Електропровідність	мкСм/с	750	700	680	950	8
Загальна жорсткість	dH	12,0	11,5	12,0	15,0	<0,5
Твердий залишок від випаровування за 135 °C	мг/л	1500	550	500	820	60
Хлор	мг/л	150	150	130	245	<5
Сульфати	мг/л	100	100	110	280	<10
Фосфати	мг/л	80,0	2,0	1,0	1,5	0,4
Кремнієва кислота	мг/л	200	15	10	25	<0,1
Кальцій	мг/л	70	70	65	245	0,3
Магній	мг/л	9	7	7	23	<0,1
Бор	мг/л	2,0	1,0	1,0	3,1	<0,1
Цинк	мкг/л	4500	<100	<100	<100	<100
Свинець	мкг/л	250000	200	60	110	<10
Кадмій	мкг/л	60	2	2	3	<1
Cr, Cu, Ni, Co	мкг/л	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
АОХ	мг/л	0,001	-	-	0,007	<0,001
Хімічне споживання	мг/л	30	-	-	45	<15

**Таблиця 3.38. Аналіз технологічних стічних вод підприємства, що виготовляє порцеляновий столовий посуд**

У наступній таблиці наведено ще один приклад аналізу технологічних стічних вод заводу з виробництва побутової кераміки, який працює переважно з використанням одинарного процесу випалювання, і на якому технологічні стічні води утворюються переважно у процесах глазурування та підготовки керамічної маси [13, SYKE, 2004], [17, Буркарт, 2004], [22, SYKE, 2004].

Параметр	Одиниця вимірювання	Концентрація перед очищенням	Концентрація після очищення	Зменшення
pH		8,9	7,9	
БІОХІМІЧНА ПОТРЕБА	мг/л	7,4	5,4	27,0 %
Хімічне споживання кисню (ХСК <sub>Cr</sub> ), O <sub>2</sub>	мг/л	142	25	82,4 %
Зважені тверді речовини	мг/л	8100	4,4	99,95 %
Cd	мг/л	0,0015	<0,0005	>66,7 %
Co	мг/л	12,0	0,020	99,83 %
Cr	мг/л	0,130	0,004	96,9 %
Cu	мг/л	0,110	0,029	73,6 %
Pb	мг/л	0,190	<0,010	>94,7 %
Zn	мг/л	4,0	0,220	94,5 %
Mn	мг/л	0,200	0,035	82,5 %

**Таблиця 3.39. Аналіз технологічних стічних вод на заводі з виробництва побутової кераміки**

Технологічні стічні води очищаються за допомогою процесу фізико-хімічного осадження, який складається з таких кроків:

- усереднювальний басейн;
- додавання хімічних речовин, що сприяють осадженню, та інтенсивне перемішування;
- флокуляція;
- додавання катіонних полімерів та флокуляція;
- осаджування;
- згущення шламу;
- висушування шламу за допомогою фільтра-преса.

Очищена вода переливається за край басейна-відстійника, а відповідний об'єм стічних вод складає 145 м<sup>3</sup>/день.

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам утворюється у результаті підготовки сировини (зокрема, очищення установок), очищення ливарних установок та установок глазурування, а також у результаті шліфування з охолодженням;
- від процесу лиття зі шлікеру можуть залишатися використані та зламані гіпсові форми;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи на підприємства з переробки або утилізації відходів [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Білий шлам, що утворюється в результаті очищення технологічних стічних вод, складається з суміші каоліну, інших традиційних видів керамічної сировини та незначної кількості гіпсу. У результаті аналізу білого шламу в ньому виявлено такі компоненти: SiO<sub>2</sub> (66-70 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18-20 %), Na<sub>2</sub>O (0,1-2 %), K<sub>2</sub>O (3-3,5 %), CaO (1-3 %) [4, UBA, 2001].



**3.3.6.1. Дані про споживання ресурсів**Споживання енергії

У наступній таблиці наведено споживання теплової енергії та електроенергії виробником порцелянового столового посуду [1, BMLFUW, 2003].

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Споживання електроенергії	МДж/кг продукції	4,5
Споживання теплової енергії	МДж/кг продукції	70

**Таблиця 3.40. Дані про споживання теплової та електричної енергії виробником порцелянового столового посуду**

Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.17 і Таблицю 2.18.

## Споживання води та сировини

Приклади рівнів споживання води та сировини для столового посуду наведені на наступному рисунку у вигляді схеми масових витрат [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Вказано масові витрати для неоздоблених виробів, попередньо висушених фільтрами-пресами і виготовлених на машинах типу «гончарний круг».

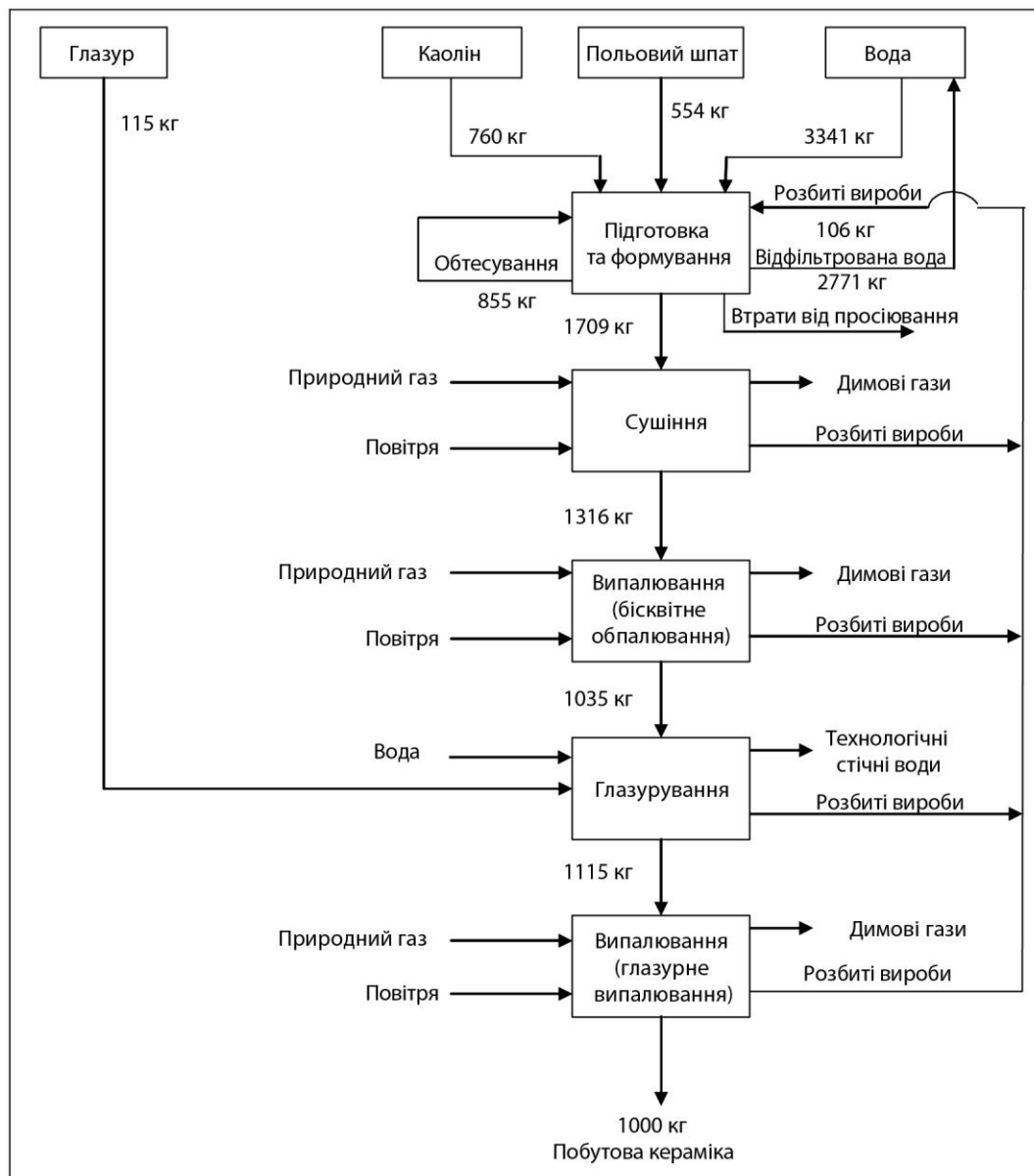


Рисунок 3.7. Приклад масових витрат для виробництва столового посуду

### 3.3.7. Сантехніка

#### 3.3.7.1. Дані про викиди

У процесі виробництва сантехніки утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря при випалюванні сантехніки. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

Викиди у повітря

Сантехніка випалюється у тунельних печах або печах з роликівим подом. Дрібносерійна продукція випалюється в печах з висувним подом періодичної (переривчастої) дії. У наступній таблиці наведені відповідні склади неочищених та очищених газів, а також експлуатаційні параметри (у верхньому розділі таблиці) тунельної печі, що працює на типовому заводі з виробництва сантехніки. У цьому прикладі димові гази очищаються у сталевому контейнері за допомогою сухого процесу поглинання з використанням плоских адсорбційних модулів стільникової форми [4, УВА, 2001].

Джерело викиду	Тунельна піч
Об'ємний потік димових газів (м <sup>3</sup> /год.)	9100
Температура димових газів (°C)	140 – 180

Компонент викидів	Концентрація у неочищених газах	Концентрація в очищених газах (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	10	3
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	30	20
CO	200	200
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	1,3 – 3,6	0,4 – 1,5

**Таблиця 3.41. Приклад складу неочищених та очищених газів з однієї тунельної печі**

У наступній таблиці наведені діапазони концентрацій речовин у неочищених газах, що виходять з тунельних печей та печей з висувним подом (при 18 % O<sub>2</sub>, паливо: природний газ) [1, BMLFUW, 2003], [22, SYKE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Компонент викидів	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Джерело викидів	Тунельна піч	Піч з висувним
Пил	1 – 20	≤ 40
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	10 – 50 <sup>*)</sup>	10 – 50
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як HCl	1 – 25	≤ 80
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	1 – 30	≤ 90
SO <sub>2</sub> <sup>**)</sup>	1 – 100	н/д
<sup>*)</sup> З сумішшю зрідженого вуглеводневого газу / важкого мазуту у якості палива – до 90		
<sup>**)</sup> З сумішшю зрідженого вуглеводневого газу / важкого мазуту у якості палива		

**Таблиця 3.42. Концентрації речовин в неочищених газах для тунельних печей та печей з висувним подом**

У наступній таблиці наведені приклади концентрацій речовин в очищених газах для двох заводів з виробництва сантехніки. Значення для очищених газів були отримані після першого випалювання в тунельних печах та очищення димових газів за допомогою адсорбційних систем з ущільненим шаром вапна (при 18 % O<sub>2</sub>, паливо: природний газ) [1, BMLFUW, 2003].

Компонент викидів	Завод 1 Концентрація(мг/м <sup>3</sup> )	Завод 2 Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Пил	3,2	5,0
Кобальт	<0,1	-
Нікель	<0,1	-
Хром	<0,1	-
Марганець	<0,1	-
Ванадій	<0,1	-
Олово	<0,1	-
Сурма	<0,1	-
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	0,8	-
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як HCl	0,8	-
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	6,0	20

**Таблиця 3.43. Приклади концентрацій речовин в очищених газах для двох заводів з виробництва сантехніки**

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесу випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- викиди пилу можуть утворюватися у процесі сухої підготовки твердих видів сировини;
- за певних обставин газоподібні викиди можуть утворюватися у процесі сушіння. Викиди фторидів особливо можливі у тих випадках, якщо у процесі сушіння сирової продукції використовується надлишкове тепло з печі, до складу якого входять димові гази із зони випалювання, і якщо при цьому не застосовуються замкнені системи нагрівання;
- викиди пилу можуть утворюватися під час процесу розпилювання глазури;
- викиди пилу можуть утворюватися у процесах полірування та сухого шліфування.

#### Викиди у воду

У виробництві сантехніки технологічні стічні води утворюються під час очищення установок для підготовки сировини та ливарних установок, у процесі глазурування або у результаті шліфування з охолодженням. Ці технологічні стічні води містять ті ж компоненти, що й сировина, і їх можна повторно використовувати (головним чином як промивальну воду) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

У наступній таблиці наведені приклади концентрацій забруднюючих речовин в очищених технологічних стічних водах та відповідні добові навантаження від одного заводу з виробництва сантехніки (усереднена проба після осадження [1, BMLFUW, 2003]).

Параметр	Концентрація (мг/л)	Навантаження (г/доба)
Цинк	0,05	1,0
Нікель	<0,01	<0,2
Свинець	<0,01	<0,2
Мідь	<0,01	<0,2
Хром	<0,01	<0,2
Хром (VI)	<0,05	<0,01
Кобальт	<0,01	<0,2
Олово	<0,01	<0,2
Кадмій	<0,005	<0,1
Сурма	<0,01	<0,2
Барій	0,32	6,4
Сульфати	53	1060
pH	7,7	-

**Таблиця 3.44. Концентрації забруднюючих речовин в очищених технологічних стічних водах**

Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам утворюється у результаті підготовки сировини (зокрема, очищення установок), очищення ливарних установок та установок глазурування, а також у результаті шліфування з охолодженням;
- від процесу лиття зі шлікеру залишаються використані та зламані гіпсові форми;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи на підприємства з переробки або утилізації відходів [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Білий шлам, що утворюється в результаті очищення технологічних стічних вод, складається з суміші каоліну, інших традиційних видів керамічної сировини та незначної кількості гіпсу. У результаті аналізу білого шламу в ньому виявлено такі компоненти: SiO<sub>2</sub> (66-70 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18-20 %), Na<sub>2</sub>O (0,1-2 %), K<sub>2</sub>O (3-3,5 %), CaO (1-3 %) [4, UBA, 2001].

**3.3.7.2. Дані про споживання ресурсів**Споживання енергії

У наступній таблиці наведені діапазони питомої потреби в енергії та інших експлуатаційних параметрів різних печей [4, UBA, 2001] [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005] [27, VDI, 2004].

Тип печі	Температура (°C)	Час випалювання (год.)	Питома енергоємність (кДж/кг)	Продуктивність (т/год.)
Звичайна тунельна піч	1230 – 1270	16 – 24	9100 – 12000	0,8 – 1,0
Сучасна тунельна піч, ізольована легким волокном	1230 – 1260	10 – 18	4200 – 6700	1,0 – 2,0
Піч з роликівим подом	1230 – 1260	8 – 12	3500 – 5000	0,8 – 1,0
Сучасна піч з висувним подом, ремонтне випалювання	1180 – 1220	12 – 23	8300 – 10400	5 – 15 <sup>*)</sup>
Сучасна піч з висувним подом, перше випалювання	1240 – 1260	12 – 23	9200 – 11300	5 – 15 <sup>*)</sup>
<sup>*)</sup> відп. (т/цикл)				

**Таблиця 3.45. Експлуатаційні параметри та продуктивність різних печей**

Стосовно цього питання також див. Таблицю 2.21, Таблицю 2.22 і Таблицю 2.23.

У наступній таблиці наведені приклади споживання теплової енергії та електроенергії трьома заводами з виробництва сантехніки [1, BMLFUW, 2003].

Параметр	Одиниця вимірювання	Завод 1	Завод 2	Завод 3
Виробнича потужність	т/рік	10000	5120	2900
Використання сировини	т/рік	17000	7801	3500
Споживання електроенергії	МДж/кг продукції	0,36	3,32	3,16
Споживання теплової енергії	МДж/кг продукції	30	22	28

**Таблиця 3.46. Дані про споживання енергії**

### Споживання води та сировини

Приклади рівнів споживання води та сировини для виробництва сантехніки наведені на наступному рисунку у вигляді схеми масових витрат [4, УВА, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Вироби виготовляються з сантехнічної порцеляни і формуються за допомогою процесу лиття зі шлікеру з використанням гіпсових форм.

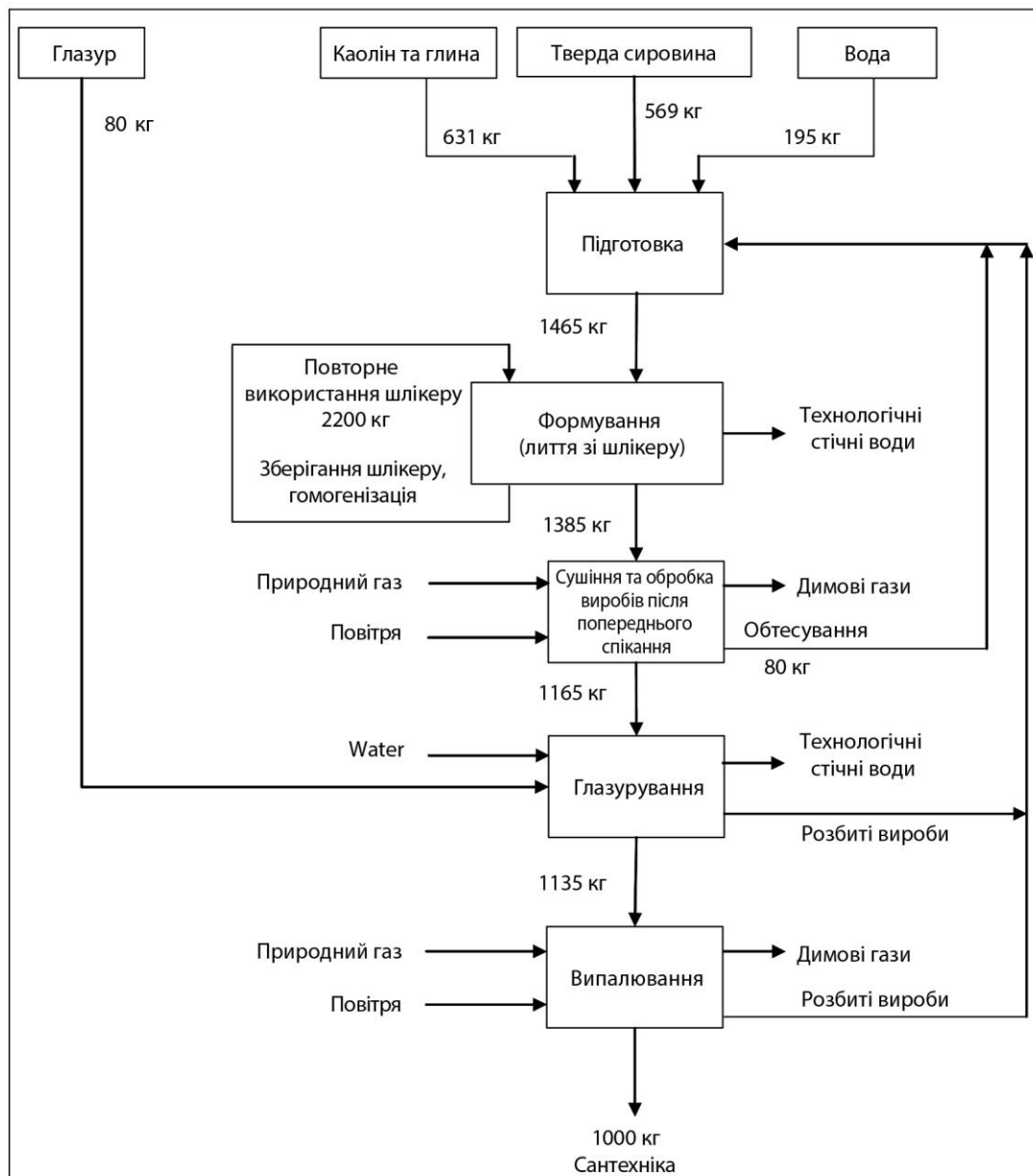


Рисунок 3.8. Приклад масових витрат для виробництва сантехніки

### 3.3.8. Технічна кераміка

#### 3.3.8.1. Дані про викиди

У процесі виробництва технічної кераміки утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів забруднюючих речовин у повітря при випалюванні електропорцеляни. Також описані викиди у повітря на інших етапах технологічного процесу, викиди у воду та технологічні втрати.

Викиди у повітря

У наступній таблиці наведені приклади концентрацій речовин у неочищених газах та масові витрати від печей з висувним подом під час випалювання електроізоляторів [1, BMLFUW, 2003].

Компонент викидів <sup>1)</sup>	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Масова витрата
Пил	20 – 30	До 600
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	20 – 120	До 2400
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	до 120	до 2400
<sup>1)</sup> при 18 об'ємних % O <sub>2</sub>		

**Таблиця 3.47. Концентрації речовин у неочищених газах при випалюванні електроізоляторів**

У наступній таблиці наведені концентрації речовин у димових газах на виході печі з висувним подом під час випалювання електроізоляторів. Піч (також див. розділ 2.3.8) не обладнана системою очищення димових газів [1, BMLFUW, 2003].

Компонент викидів <sup>1)</sup>	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Масова витрата (г/год.)
CO	91	658
NO <sub>x</sub> , виражені як NO <sub>2</sub>	39	282
Неорганічні газоподібні сполуки фтору, виражені як HF	11,3	82
Неорганічні газоподібні сполуки хлору, виражені як HCl	2,5	18
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub>	2,8	20
Органічна речовина	6,3	45
<sup>1)</sup> при 18 об'ємних % O <sub>2</sub> , без вимірювання вмісту твердих часток /		

**Таблиця 3.48. Концентрації речовин у димових газах на виході печі з висувним подом під час випалювання електроізоляторів**

Дані щодо викидів у повітря в результаті процесу випалювання іншої технічної кераміки відсутні, проте якщо керамічна маса, з якої виготовляється технічна кераміка, містить органічні добавки, то у процесі випалювання також можуть утворюватися леткі органічні сполуки [17, Буркерт, 2004].

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесів випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [17, Буркерт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004]:

- під час зберігання та внутрішніх перевезень сировини на об'єкті викиди пилу мають місце на складах, у пунктах зважування, транспортування та вантаження;
- викиди пилу утворюються у процесі сухої підготовки сировини;
- викиди пилу утворюються у процесах формування сухих мас (пресування);
- викиди пилу утворюються у процесах сухої механічної обробки (механічної обробки до спікання / після попереднього спікання / після остаточного спікання);
- викиди пилу виникають у процесі глазурування та ангобування, залежно від застосованих технологій глазурування чи ангобування;
- за певних обставин газоподібні викиди можуть утворюватися у процесі сушіння. Якщо у процесі сушіння сирової продукції використовується надлишкове тепло з печі, до складу якого входять димові гази із зони випалювання, і якщо при цьому не застосовуються замкнені системи нагрівання, можуть виникати газоподібні викиди;
- у результаті процесів вигорання та попереднього випалювання можуть виникати газоподібні викиди, особливо викиди летких органічних сполук.



Викиди у воду

У виробництві технічної кераміки технологічні стічні води утворюються під час очищення установок для підготовки сировини та ливарних установок, у процесах глазурування та ангобування, або у результаті механічної обробки з використанням емульсії. Ці технологічні стічні води містять ті ж компоненти, що й сировина [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

У наступній таблиці наведені концентрації забруднюючих речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори (також див. розділ 2.3.8), після флокуляції, сепарації у відстійнику з відбійними перегородками та фільтрування за допомогою камерного фільтра-преса (усереднені проби за п'ять днів) [1, BMLFUW, 2003].

Параметр	Концентрація (мг/л)				
	-	22	36	53	15
Речовина, яка	-	22	36	53	15
Алюміній	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,90
Залізо II	<0,01	-	-	-	-
Залізо III	<0,01	-	-	-	-
Загальний вміст	<0,01	2,64	1,15	0,056	0,1481
Фториди	-	0,33	-	-	-
Хімічне	-	19	-	-	-
Загальний	<0,05	1,60	-	-	-
pH	8,12	6,24	5,87	6,65	7,37

**Таблиця 3.49. Концентрації речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори**

У наступній таблиці наведені концентрації забруднюючих речовин у технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори, після флокуляції без фільтрування (розрахункова проба) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
pH	-	7,2
Зважена речовина	мг/л	<3
Хімічне	мг/л	53
Загальний	мг/л	15
АОХ	мг/л	0,02
Хром (усього)	мг/л	<0,01
Свинець	мг/л	<0,05
Кадмій	мг/л	<0,005
Мідь	мг/л	<0,01
Нікель	мг/л	<0,1
Цинк	мг/л	0,3
Алюміній	мг/л	0,23
Кобальт	мг/л	0,016

**Таблиця 3.50. Концентрації речовин у технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори, після флокуляції**

У наступній таблиці наведені концентрації забруднюючих речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє п'єзокерамічні вироби, після остаточного фільтрування та очищення в установці періодичної дії (розрахункова проба) [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
pH	-	8,0
Зважена речовина	мг/л	<3
Хімічне	мг/л	597
Загальний	мг/л	200
АОХ	мг/л	<0,1
Свинець	мг/л	<0,1
Кадмій	мг/л	<0,01
Мідь	мг/л	<0,01
Нікель	мг/л	<0,1
Цинк	мг/л	0,04
Сурма	мг/л	<0,02

**Таблиця 3.51. Концентрації речовин в очищених технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє п'єзокерамічні вироби**

Дані щодо викидів у воду в результаті процесів виробництва іншої технічної керамічної продукції відсутні.

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та механічної обробки);
- шлам утворюється у результаті підготовки сировини (зокрема, очищення установок), очищення ливарних установок, установок глазурування та ангобування, а також у результаті механічної обробки з використанням емульсії;
- від процесу лиття зі шлікеру можуть залишатися використані та зламані гіпсові форми;
- від механічної обробки поверхні можуть залишатися емульсії для механічної обробки;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи на підприємства з переробки або утилізації відходів [17, Буркерт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [24, Інститут фон Кармана – Німеччина, 2004].

#### **3.3.8.2. Дані про споживання ресурсів**

##### Споживання енергії

У наступній таблиці наведені приклади споживання теплової енергії та електроенергії двома заводами з виробництва електропорцеляни [1, BMLFUW, 2003].

Параметр	Одиниця вимірювання	Завод 1	Завод 2
Споживання електроенергії	МДж/кг	-	0,94
Споживання теплової енергії	МДж/кг	25	15,30

**Таблиця 3.52. Дані про споживання електроенергії двома заводами з виробництва електропорцеляни**

Питоме споживання теплової енергії піччю з висувним подом місткістю 70 м<sup>3</sup> та з виробничою потужністю 10-25 тон електроізоляторів за цикл випалювання складає від 12000 до 20000 кДж/кг [1, BMLFUW, 2003].

Дані про споживання енергії у процесах виробництва іншої технічної кераміки відсутні.

#### Споживання води та сировини

У наступній таблиці наведені діапазони складу сировини для виробництва електропорцеляни (глиноземистої порцеляни). Діапазони вмісту води в масі варіюються від 30 до 50 % [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Сировина	Кількість (%)
Каолін	30 – 40
Глина	6 – 15
Польовий шпат	10 – 20
Кварц	0 – 30
Глинозем	0 – 40

**Таблиця 3.53. Склад сировини для підприємства, що виготовляє електропорцеляну**

Дані про споживання води та сировини у процесах виробництва іншої технічної кераміки відсутні.

### **3.3.9. Неорганічні абразиви зі зв'язкою**

#### **3.3.9.1. Дані про викиди**

У процесі виробництва неорганічних абразивів зі зв'язкою утворюються викиди в повітря та воду, технологічні втрати / відходи, а також шумове випромінювання. У цьому розділі наведені діапазони викидів атмосферних забруднюючих речовин у процесі випалювання та викидів у повітря на інших етапах технологічного процесу. Також описані викиди у воду та технологічні втрати.

#### Викиди у повітря

У наступній таблиці наведені приклади значень викидів для неочищених газів з трьох заводів, на яких виготовляються неорганічні абразиви зі зв'язкою (також див. розділ 2.3.9) [14, UBA, 2004], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

Компонент викидів	Одиниця вимірювання	Завод 1 <sup>1)</sup>	Завод 2 <sup>2)</sup>	Завод 3 <sup>3)</sup>
CO <sub>2</sub>	т/рік	372	143	216
Пил	мг/м <sup>3</sup>	12	<15	<15
Загальний органічний вуглець	мг/м <sup>3</sup>	<43	39	<40
<p><sup>1)</sup> Цей завод є типовим прикладом виробництва неорганічних абразивів зі зв'язкою (від підготовки сировини до пакування абразивів). Абразиви випалюються у печі з газовим підігрівом, місткістю 10,4 м<sup>3</sup> та з середньою щільністю садки 360 кг/м<sup>3</sup>. Установа складається з таких компонентів: рукавні фільтри для уловлювання пилу (для агрегатів, що слугують для перемішування і помолу, та для процесів чистової обробки), обладнання для термічного допалювання димових газів, що виходять із печі, та звичайні агрегати для чистової обробки.</p> <p><sup>2)</sup> На цьому заводі виготовляються невеликі шліфувальні інструменти. Завод працює в одну зміну, а абразиви випалюються у печах з висувним подом та електричним підігрівом. На заводі є три однакові печі з висувним подом місткістю до 5,28 м<sup>3</sup> кожна (корисний об'єм – 4,4 м<sup>3</sup>). Щільність садки варіюється від 700 до 1400 кг/м<sup>3</sup> (частка пічної арматури – 33-50 %). Установа складається з таких компонентів: рукавні фільтри для уловлювання пилу (для агрегатів, що слугують для перемішування і помолу, та для процесів чистової обробки), обладнання для термічного допалювання димових газів, що виходять із печей, відстійні баки для технологічних стічних вод, що утворюються при очищенні агрегатів, та звичайні агрегати для чистової обробки.</p> <p><sup>3)</sup> Цей завод є прикладом невеликого виробництва неорганічних абразивів зі зв'язкою (шліфувальних кругів діаметром від 100 до 1000 мм). Абразиви випалюються у печі з висувним подом та газовим підігрівом періодичної дії, місткістю 5 м<sup>3</sup> та зі щільністю садки керамічної зв'язки від 70 до 140 кг/м<sup>3</sup> (див. розділ 2.3.9.5). Також використовуються такі компоненти установки: рукавні фільтри використовуються для уловлювання пилу, що утворюється в агрегатах перемішування і помолу та у процесах чистової обробки.</p>				

**Таблиця 3.54. Приклади значень викидів з димовими газами від трьох заводів, на яких виготовляються неорганічні абразиви зі зв'язкою**

Викиди у повітря мають місце не лише під час процесу випалювання, а й на інших кроках виробничого процесу, перелічених нижче [14, УВА, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

- викиди пилу можуть утворюватися у процесах сухої підготовки сировини, перемішування та пресування;
- викиди пилу можуть утворюватися у процесах сухого шліфування.

#### Викиди у воду

У виробництві неорганічних абразивів зі зв'язкою технологічні стічні води можуть утворюватися лише в невеликих кількостях. У деяких випадках можливе виробництво взагалі без стічних вод (у випадку очищення агрегатів установки шляхом нагрівання та здирання забруднюючих речовин абразивом). У випадках, коли технологічні стічні води все-таки утворюються, вони переважно складаються з промивальної води, що використовувалася для очищення агрегатів установки [14, УВА, 2004].

#### Технологічні втрати/відходи

- Черепки розбитих виробів можуть з'являтися на кількох етапах процесу виробництва (зокрема, формування, сушіння, випалювання та заключної обробки);
- шлам може утворюватися, зокрема, у результаті очищення агрегатів;
- від формування та механічної обробки поверхні можуть залишатися емульсії для механічної обробки;
- відходи, такі як пластик, макулатура та металобрухт, залишаються від процесу пакування;
- пил, шлам та використані поглинальні матеріали утворюються на установках очищення відпрацьованих газів.

Частину згаданих вище накопичених технологічних втрат можна переробити і повторно використати на самому заводі з огляду на технічні вимоги до виробу або вимоги технологічного процесу. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу як відходи і передаються на сторонні підприємства з переробки або утилізації відходів [14, УВА, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### 3.3.9.2. Дані про споживання ресурсів

#### Споживання енергії

У наступній таблиці наведені дані про загальне споживання енергії трьома виробниками неорганічних абразивів зі зв'язкою, згаданими у Таблиці 3.54 [14, УВА, 2004] [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Параметр	Одиниця вимірювання	Завод 1	Завод 2	Завод 3
Споживання електроенергії	кВт·год./рік	150000	1540000	175000
Споживання природного газу	кВт·год./рік	1850000	946000	1000000

**Таблиця 3.55. Дані про сумарне споживання енергії трьома підприємствами, які виготовляють неорганічні абразиви зі зв'язкою**

#### Споживання води та сировини

У наступній таблиці наведені дані про споживання води та сировини трьома виробниками неорганічних абразивів зі зв'язкою, згаданими у Таблиці 3.54 [14, УВА, 2004] [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Вхідний потік	Вихідний потік	Завод 1 (т/рік)	Завод 2 (т/рік)	Завод 3 (т/рік)
Абразивні зерна		216	440	153
В'язучі речовини		35,2	110	17
Добавки <sup>1)</sup>		15,2	41,8	7
Сталеві вали та		-	17,6	-
	Виріб	253,6	550	170
	Абразивний	32	55	26
	Розбиті вироби <sup>2)</sup>	7	7	4
<sup>1)</sup> Частково розкладається у процесі випалювання				
<sup>2)</sup> До їх складу входить зламана пічна арматура				

**Таблиця 3.56. Дані про споживання сировини трьома підприємствами, які виготовляють неорганічні абразиви зі зв'язкою**

#### 4. ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ПОТРІБНО РОЗГЛЯНУТИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НДТМ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У цьому розділі викладені технології, які загалом вважаються потенційно здатними забезпечити високий рівень захисту навколишнього середовища у галузях, які розглядаються в рамках цього документа. Зокрема, розглядаються системи керування, технології, інтегровані у технологічний процес, та заходи з очищення у місцях скидання викидів, проте при пошуку оптимальних результатів ці три групи будуть певною мірою перекриватися.

Крім того, тут розглядаються процедури запобігання, контролю, мінімізації та переробки, а також повторне використання матеріалів та енергії.

Технології для досягнення цілей комплексного запобігання та контролю забруднень можуть бути наведені окремо або у поєднаннях з іншими технологіями. У Додатку IV до Директиви перелічено ряд загальних міркувань, які потрібно враховувати. При визначенні НДТМ та технологій у рамках цієї частини буде враховуватися одне або кілька з цих міркувань. Кожна технологія окреслена, наскільки це можливо, з дотриманням стандартної структури, щоб оцінки технологій та цілей можна було порівнювати з визначенням НДТМ, наведеним у цій Директиві.

Зміст цієї частини не є вичерпним списком технологій – можливо, існують або будуть розроблені інші технології, які можуть бути рівною мірою дієвими у рамках НДТМ.

Загалом для опису кожної технології використовується стандартна структура, наведена у Таблиці 4.1:

Тип інформації, що враховується	Тип інформації, що входить до складу цих відомостей
Опис	Загальний опис технології
Вигоди для навколишнього середовища, яких вдасться досягти	Основні вплив(и) на навколишнє середовище, для боротьби з якими буде використовуватися ця технологія (технологічний процес або захід із зменшення викидів), включно зі значеннями викидів, яких вдасться досягти, та показниками ефективності. Вигоди технології для навколишнього середовища у порівнянні з іншими технологіями
Міжсередовищні наслідки	Будь-які побічні наслідки та недоліки, спричинені реалізацією цієї технології. Детальні відомості щодо екологічних проблем, які створює технологія, у порівнянні з іншими технологіями
Експлуатаційні параметри	Експлуатаційні характеристики викидів/відходів та споживання ресурсів (сировини, води та енергії). Будь-яка інша корисна інформація щодо способів експлуатації, технічного обслуговування та керування цією технологією, включно з питаннями безпеки, експлуатаційними обмеженнями технології, якістю продукції, що випускається, тощо
Застосовність	Врахування факторів, пов'язаних з застосуванням цієї технології та модернізації з її використанням (наприклад, наявність вільної виробничої площі, особливості для конкретного технологічного процесу).
Економіка	Інформація щодо витрат (інвестиційних та експлуатаційних) і будь-яких можливих заощаджень (наприклад, зменшення споживання сировини, викидів відходів), у тому числі залежно від потужності технології
Рушій для впровадження	Причини впровадження технології (наприклад, зміна у законодавстві, покращення якості виробництва)
Приклади заводів	Посилання на заводи, де, як повідомляється, використовується ця технологія
Довідкова література	Література з більш детальною інформацією про технологію

Таблиця 4.1. Розподіл інформації для кожної технології, описаної у цій частині

Оскільки межі між згаданими вище елементами можуть певною мірою перекриватися, структура інформації організована гнучко, відображаючи особливості кожного конкретного випадку.

Вартість технологій зниження викидів потрібно оцінити з точки зору розміру установок, ефективності технологій та обставин конкретного випадку застосування. У цьому контексті в Таблиці 4.7 наведені приклади інвестиційних витрат, витрат на технічне обслуговування, витрат на сорбенти та експлуатаційних витрат на зниження викидів пилю, неорганічних газоподібних сполук та органічних газоподібних сполук шляхом використання різних технологій зниження викидів [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

Стосовно стандартних умов вимірювання об'ємних витрат та концентрацій див. перелічені нижче визначення, які також наведені у «Словнику термінів»:

м <sup>3</sup> /год.	об'ємна витрата: якщо у цьому документі не зазначено інше, об'ємна витрата вказана для об'ємної частки кисню 18% та стандартного стану.
мг/м <sup>3</sup>	концентрація: якщо у цьому документі не зазначено інше, концентрації газоподібних речовин або сумішей речовин вказані для сухих димових газів з об'ємною часткою кисню 18% та у стандартному стані, а концентрації бензолу вказані для об'ємної частки кисню 15% та стандартного стану.
стандартний стан	Означає стан за температури 273 К та тиску 1013 гПа.

## 4.1. Зменшення споживання енергії (енергоефективність)

Корисна інформація на цю тему також наведена у Довідковому документі з енергоефективних технологій (ENE), який наразі розробляється.

### 4.1.1. Вдосконалена конструкція печей та сушарок

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Тут наведено кілька різних заходів, які можна застосовувати для систем печей/сушарок – окремо або у поєднанні один з одним:

- автоматичне керування контурами сушарок;
- автоматичне регулювання вологості та температури всередині сушарки;
- встановлення у сушарках нагнітальних вентиляторів, розподілених між зонами з незалежним тепловим вкладом (регулюється за окремим зонами), для досягнення необхідної температури;
- вдосконалене ущільнення печей – наприклад, металевий кожух та піскові або водяні затвори для тунельних печей та печей періодичної дії – зменшує теплові втрати;
- вдосконалена теплоізоляція печей – наприклад, шляхом використання вогнетривкої футеровки або керамічного волокна (мінеральної вати) – зменшує теплові втрати;
- вдосконалення вогнетривкої пічної футеровки та платформ пічних вагонеток зменшує час простоювання для охолодження, а отже, і відповідні теплові втрати («втрати на виході»);
- використання швидкісних пальників підвищує ККД згорання і покращує теплопередачу;
- заміна старих печей новими тунельними печами більшого розміру та ширини чи такої ж потужності або – якщо це можливо у процесі виробництва – печами швидкого випалювання (наприклад, печами з роликівим подом) може зменшити питоме споживання енергії;
- інтерактивне комп'ютерне керування режимами випалювання у печі зменшує споживання енергії, а також знижує викиди забруднюючих речовин у повітря;
- скорочення використання пічної арматури та/або використання пічної арматури, виготовленої з SiC / жаростійких сплавів, зменшує кількість енергії, яка підводиться для нагрівання пічної системи; пічну арматуру, виготовлену з SiC, також можна застосовувати у печах швидкого випалювання з роликівим подом;



- оптимізація (мінімізація) руху матеріалів між сушаркою та піччю, а також використання зони попереднього нагрівання печі для завершення процесу сушіння – якщо це можливо у процесі виробництва – запобігає небажаному охолодженню висушеної продукції перед процесом випалювання;
- зменшення потоку повітря через обертову піч у виробництві спучених керамічних заповнювачів дає змогу зменшити споживання енергії.

Більшість згаданих вище заходів також можна застосовувати для сушарок – це стосується, наприклад, конструкції сушарок (вдосконалена теплова ізоляція, ізольовані двері або затвори, тощо), пічної арматури та керування технологічним процесом, зокрема тому, що сушарки та печі дуже часто сполучені системою регенерації тепла (див. розділ 4.1.2).

#### Міжсередовищні наслідки

Немає проблем.

#### Експлуатаційні параметри

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку; наприклад, у Таблиці 2.14 (виробництво стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги), у Таблиці 3.31 (виробництво стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги) та у Таблиці 3.45 (виробництво сантехніки) порівнюється питома потреба в енергії для різних виробів, випалених у різних типах печей (звичайних, швидкого випалювання, з удосконаленою ізоляцією / без удосконаленої ізоляції).

#### Застосовність

В принципі, більшість згаданих вище заходів можуть застосовуватися у всіх секторах керамічної галузі, однак, наприклад, технологія роликowego полу головним чином застосовується у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги. Проте у печах з роликowym подом також можна випалювати черепицю, оскловані керамічні труби та сантехніку (див. розділ 2.2.7.4.3).

Заходи, призначені в першу чергу для печей з висувним подом, тунельних печей та печей з роликowym подом (наприклад, стосовно пічних вагонеток та пічної арматури) не можна застосовувати для обертових печей, у яких виготовляються спучені керамічні заповнювачі (див. розділ 2.3.4). Крім того, застосовність різних пічних технологій у межах окремих секторів залежить від продукції, що виготовляється; наприклад, деякі типи стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги необхідно випалювати виключно в тунельних печах, щоб забезпечити потрібні властивості виробів.

#### Економіка

Модернізація діючих печей та/або сушарок чи навіть їх заміна новими, менш енерговитратними альтернативами, такими як печі з роликowym подом, – якщо вони застосовні – дає змогу компаніям значно заощадити енергію. Якщо печі замінюються перед закінченням їх експлуатаційного ресурсу, для їх заміни потрібні істотні капітальні інвестиції.

#### Рушій для впровадження

- заощадження коштів шляхом заощадження енергії;
- зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

#### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

#### 4.1.2. Регенерація надлишкового тепла, що виділяється печами

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

На сьогодні в більшості сушарок для кераміки використовується гаряче повітря, регенероване з зон охолодження тунельних печей, до якого зазвичай додається гаряче повітря від газових пальників. Тому у цьому питанні дуже важливим є план компонування заводу. Зокрема, низькотемпературним надлишковим теплом можна ефективно керувати лише в тому разі, якщо довжина труб – тобто відстань між місцями генерування та використання надлишкового тепла – досить обмежена. У будь-якому випадку, труби повинні бути належним чином теплоізовані. Таким чином можна дуже помітно заощадити енергію.

У деяких процесах також застосовуються теплообмінники, які регенерують тепло пічних димових газів для попереднього нагрівання повітря, що подається у зону горіння, проте їх застосування обмежене через можливі проблеми з корозією, спричиненою кислими газоподібними продуктами згорання, та через те, що температури димових газів часто надто низькі.

Надлишкове тепло від допалювача також можна використовувати – у печі або у сушарці. Одна з німецьких фабрик використовує термічне масло у якості теплоносія для передавання надлишкового тепла з допалювача у сушарку разом з гарячим повітрям, що надходить із зони охолодження печі. Принцип функціонування цієї комбінованої системи регенерації тепла зображений на наступному рисунку [4, UBA, 2001].

Окрім використання надлишкового тепла (4) в утилізаційному паровому котлі (5) та для нагрівання підігрівача (1), тепло, що утворилося в результаті охолодження очищених димових газів, регенерується в теплообміннику для димових газів (7) і переноситься термічним маслом у наступні теплообмінники (8), де воно нагріває свіже повітря (9) для процесу сушіння. Нагріте свіже повітря змішується з гарячим повітрям, що надходить із зони охолодження (4) печі (2) і подається у сушарку неперервної дії для ящиків піддонів (11).

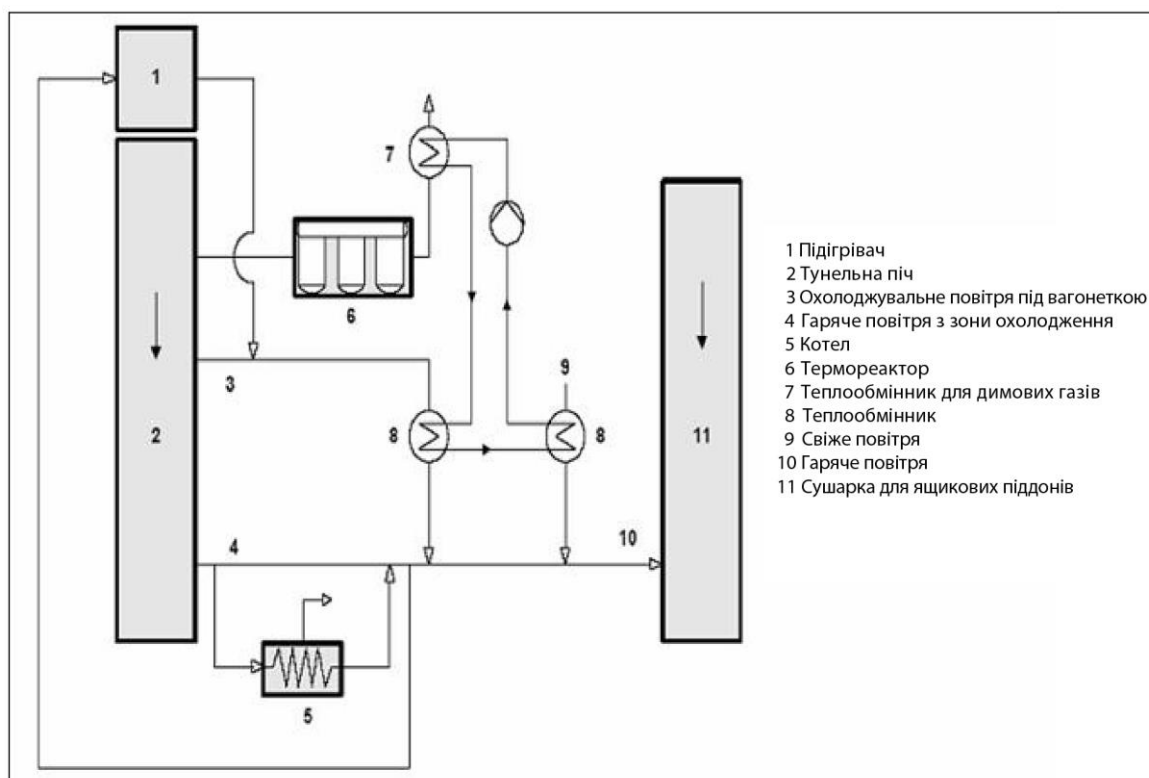


Рисунок 4.1. Схема прикладу комбінованої системи регенерації тепла

Міжсередовищні наслідки

Споживання електроенергії може дещо збільшитися, особливо якщо використовуються теплообмінні контури.

Експлуатаційні параметри

У випадку, коли використовується зображена вище комбінована системи регенерації тепла, питома потреба в енергії природного газу для сушіння та випалювання становить лише від 840 до 1050 кДж/кг випаленої продукції (цегли) [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Застосовність

Регенерація надлишкового тепла, що надходить від печей, особливо з їх зон охолодження у вигляді гарячого повітря, може, по суті, застосовуватися для термічних сушарок у всіх секторах керамічної промисловості. Слід зазначити, що регенерація надлишкового тепла від печей може застосовуватися лише в тому разі, якщо надлишкове тепло водночас потрібне в іншому процесі.

Наведений вище конкретний приклад (у Німеччині ця технологія використовується лише на незначній кількості фабрик) не можна узагальнити для всіх інших випадків, особливо для утилізації надлишкового тепла допалувача, оскільки димові гази, що виходять з допалувача, часто надто холодні для ефективної регенерації енергії.

Економіка

- зменшення споживання електроенергії;
- потрібно врахувати додаткові витрати на ізоляцію труб.

Рушій для впровадження

- заощадження коштів шляхом заощадження енергії;
- зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

Приклади заводів та довідкова література

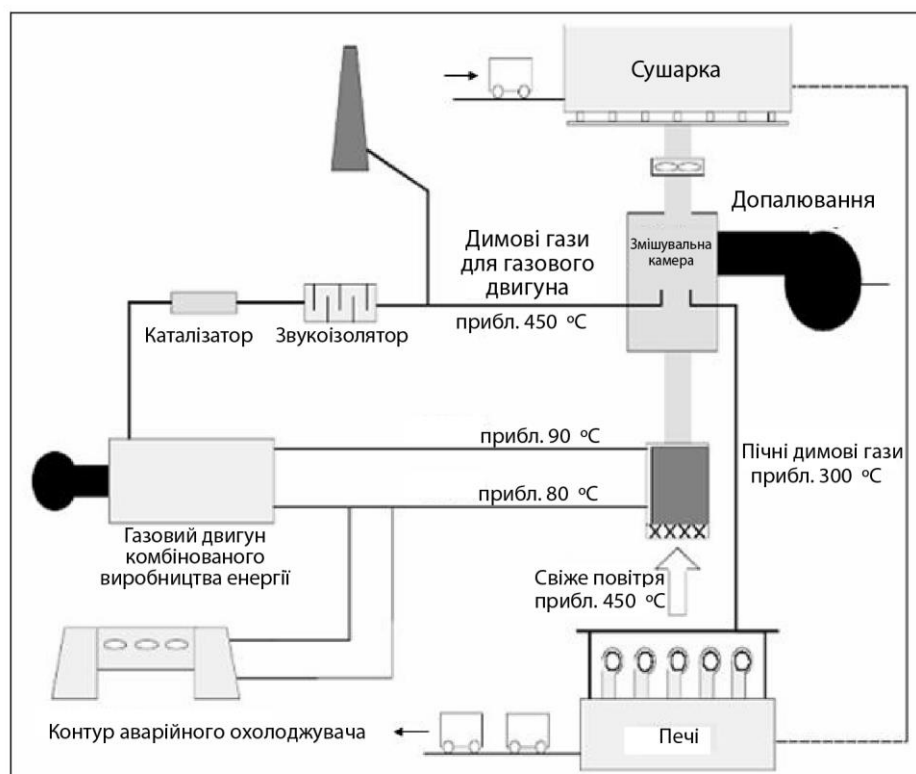
«ЮВЬО ПОРОТОН-Верке Ернст Юнгк унд Зон ГмбХ» (JUWÖ POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH), Німеччина, цегельний завод [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

**4.1.3. Установки для комбінованого виробництва тепла та електроенергії / теплоелектроцентралі**Опис, переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти, та експлуатаційні параметри

У керамічній промисловості, в принципі, доцільно застосовувати установки для комбінованого виробництва пару та електроенергії або теплоелектроцентралі, оскільки в цій галузі існує одночасна потреба у тепловій енергії та електроенергії. Основною особливістю установки для комбінованого виробництва тепла та електроенергії є двигун комбінованого виробництва енергії. Для цієї мети підходять чотиритактні карбюраторні двигуни, що працюють на газу, дизельні двигуни та газові турбіни з утилізацією надлишкового тепла.

На Рисунку 4.2 наведено приклад утилізації надлишкового тепла, що надходить від теплоелектроцентралі, для виробництва гарячого повітря [4, UBA, 2001]. Гаряче повітря використовується у сушарці цегельного заводу. Окрім надлишкового тепла печі, для роботи сушарки потрібна деяка частка свіжого повітря. Це повітря зазвичай забирається з будівлі, у якій

знаходиться сушарка, щоб скористатися значними складовими теплоти випромінювання у печі та сушарці. Це свіже повітря змішується з газами-носіями надлишкового тепла печі перед подавальним вентилятором сушарки. У всмоктувальній трубі для свіжого повітря встановлений підігрівач повітря для підтримання підігрівання свіжого повітря. Цей теплообмінник обігривається охолоджувальною водою привідних двигунів. Температура димових газів становить від 450 до 550 °С, залежно від типу двигуна. Димові газы подаються у змішувальну камеру і використовуються безпосередньо у сушарці. Будь-яка нестача тепла компенсується допоміжним газовим паливом. Якщо сушарка не потребує тепла, неохолоджені димові газы від двигунів відводяться безпосередньо через витяжну трубу.



**Рисунок 4.2.** Схема генерування гарячого повітря за допомогою газового двигуна комбінованого виробництва енергії

У деяких випадках димові газы перед надходженням у змішувальну камеру також можуть проходити через паровий котел для утворення пару, який використовується на етапі видавлювання.

#### Міжсередовищні наслідки

Привідні двигуни можуть створювати додаткові викиди у повітря на об'єкті, а крім того, збільшується рівень шуму.

#### Застосовність

Тепло, вироблене теплоелектроцентралями, можна використовувати у процесі розпилювального сушіння, особливо для виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги і побутової кераміки. Це тепло також може використовуватися в сушарках, якщо для них потрібне додаткове тепло, – наприклад, на цегельних заводах, як показано на Рисунку 4.2.

#### Економіка

Економічне застосування суттєво залежить від існуючих умов та конкретного сектору керамічної промисловості. З економічних міркувань комбіноване виробництво тепла та електроенергії набуло

обмеженого вжитку по всій Європі – наприклад, у виробництві цегли та черепиці. Проте цю технологію слід перш за все враховувати при проектуванні нового заводу.

Дешевшою альтернативою описаному вище способу використання надлишкового тепла є безпосереднє подавання тепла в сушарку (див. розділ 4.1.2).

#### Рушій для впровадження

Впровадження енергоефективної технології виробництва.

#### Приклади заводів та довідкова література

[4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.1.4. Заміна важкого мазуту та твердих видів палива паливом з низьким рівнем викидів**

#### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Переведення процесу випалювання з важкого мазуту (ВМ) або твердих видів палива на газоподібні види палива (природний газ, зріджений вуглеводневий газ (ЗВГ), а також зріджений природний газ (ЗПГ) підвищує ефективність випалювання і дає змогу практично повністю позбутися викидів сажі у багатьох процесах. При згоранні твердих видів палива зазвичай утворюється дрібний попіл, тож зменшення викидів твердих часток при спалюванні газу може у деяких випадках позбавити необхідності використовувати дорогі та енергоємні процеси видалення пилу. Газові пальники дозволяють використовувати складні системи автоматичного керування, а отже, заощадити паливо та зменшити кількість браку серед випаленої продукції і, відповідно, знизити питоме споживання енергії. Використання мазуту сорту EL («надлегкий») замість важкого мазуту або твердих видів палива також дає змогу зменшити викиди сажі в результаті процесів випалювання.

Використання природного газу, ЗВГ, ЗПГ або мазуту сорту EL замість важкого мазуту чи твердих видів палива призводить до зменшення викидів SO<sub>2</sub>, пов'язаних з енергією, через нижчий вміст сірки (див. Таблицю 3.3). Крім того, у природному газі, ЗВГ та ЗПГ більша частка водню/вуглецю, ніж у мазутах або твердих видах палива, тому з них утворюється менше вуглекислого газу (приблизно на 25 % менше CO<sub>2</sub> у випадку природного газу) у перерахунку на еквівалентну теплотворну здатність.

Альтернативні/вторинні види палива органічного походження, як-от м'ясокісткове борошно або біопалива, та неорганічного походження, як-от відпрацьована олива та розчинники, що використовуються, наприклад, у виробництві спучених керамічних заповнювачів (див. розділ 2.3.4.2.2), зменшують кількість первинних горючих корисних копалин та відповідних викидів CO<sub>2</sub>.

Крім того, використання палив з низьким рівнем викидів у процесі виробництва можливе у вигляді інших енергоефективних технологій – наприклад, комбінованого виробництва тепла та електроенергії за допомогою газових турбін. (Електричну) енергію можна заощадити й іншими шляхами з огляду на те, що деякі рідкі палива (зокрема, важкий мазут) потрібно підігрівати, щоб їх можна було перекачувати насосом.

#### Міжсередовищні наслідки

Потрібно враховувати додаткові питання безпеки – особливо ризики вибуху – зокрема, для ЗВГ та ЗПГ.

#### Експлуатаційні параметри

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку.

### Застосовність

В принципі, перехід на інші види палива можна застосовувати у всіх секторах керамічної галузі, проте слід зазначити, що властивості палива також можуть впливати на естетичні характеристики кінцевого виробу. Таким чином, деякі відтінки, які користуються великим попитом на ринку, можна отримати лише шляхом (комбінованого) спалювання вугілля чи вугільного пилу у печах. Наприклад, деякі типи облицювальної цегли спеціальних кольорів неможливо виготовити шляхом спалювання лише природного газу – для випалювання в піч потрібно додатково вносити вугільний пил (з цією метою використовуються печі Гофмана). Тому, залежно від того, який тип виробу виготовляється, перехід на інші види палива не завжди можливий.

У процесі виробництва спучених керамічних заповнювачів більша частина напрямленого пилу перероблюється – завдяки цьому перехід на інші види палива менше впливає на утворення попелу.

### Економіка

Перехід з важкого мазуту або твердих видів палива на палива з низьким рівнем викидів може потребувати значних інвестиційних витрат, особливо якщо на фабриці відсутнє постачання природного газу. У цьому випадку потрібно враховувати не лише витрати на паливо, а й додаткові витрати на транспортування ЗВГ, ЗПГ та мазуту сорту EL.

### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- менша нерівномірність якості продукції;
- зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

#### **4.1.5. Модифікація керамічних мас**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Ретельно продуманий склад керамічної маси дає змогу скоротити час, необхідний для сушіння та випалювання, а отже, створює зручні умови для використання малооб'ємних печей швидкого випалювання. таких як печі з роликівим подом та тунельні малогабаритні печі з викочуваним подом. Тому зміни у складі керамічної маси можуть сприяти сушінню та випалюванню – наприклад, у секторах виробництва стінної облицювальної плитки і плитки для підлоги та осклованих керамічних труб. Це може зменшити споживання енергії у цих сферах. Подібний підхід наразі досліджується для керамічних виробів з товщими стінками.

Переважно використовуються пороутворювальні добавки для зменшення теплопровідності керамічних блоків шляхом створення мікропор. Таким чином, теплова маса керамічних блоків зменшується, а другою перевагою використання пороутворювальних добавок є те, що для випалювання потрібно менше енергії.

Перегляд конструкції керамічних виробів також може призвести до зменшення їх маси – наприклад, може бути отримана тонша плитка, цегла з великою кількістю отворів, блоки або труби з тоншими стінками. Якщо це технічно можливо, такі зміни можуть зменшувати споживання енергії та викиди.

Зменшення необхідного вмісту води для змішування допомагає заощадити енергію, що витрачається на сушіння. Кількість води, потрібна для змішування, залежить головним чином від складу глинистих мінералів, а також від гранулометричного складу. Добавки для заощадження



води складаються з вологої продукції, яка містить протиосадові або комплексоутворювальні засоби. Вони дають змогу зменшувати міжфазний поверхневий натяг води для змішування та знерухомлюють проблемні вільні катіони. У процесі підготовки сировини зменшується потреба в воді для змішування, і досягається така ж або навіть краща пластичність. Крім того, мінімізується потреба в енергії для процесу сушіння.

Автоматичне регулювання перемішування матеріалу з водою до потрібної пластичності матеріалу та часткова заміна води для змішування водяною парою зменшує споживання води (приблизно 3%), теплової енергії (приблизно 90 кВт·год./т продукції) та електроенергії (приблизно 1,5 кВт·год./т продукції).

У будь-якому випадку, додавання пари при видавлюванні полегшує вихід видавленої глини і дає змогу отримати точний вміст вологості, потрібний для глини.

Значного зниження температури випалювання та скорочення часу перебування в печі можна досягти шляхом домішування високоефективних інтенсифікаторів спікання, таких як лужноземельні та високолужні добавки, та склоутворювальних засобів. Проте такі добавки можна використовувати лише в деяких особливих випадках, не для всіх керамічних виробів. Температуру остаточного випалювання можна знизити максимум до 50 К. Щоб продукція не розбивалася, і її якість не погіршувалася, перед її виробництвом у великосерійних промислових масштабах зазвичай слід проводити попередні випробування.

#### Міжсередовищні наслідки

Використання органічних пороутворювачів може призвести до збільшення викидів органічних речовин та CO у повітря. Використання інтенсифікаторів спікання збільшує викиди CO<sub>2</sub> через високий вміст лужних карбонатів.

#### Експлуатаційні параметри

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку.

#### Застосовність та економіка

Використання інтенсифікаторів спікання та енерговмісних пороутворювальних добавок заощаджує енергію, особливо у виробництві цегли. Як вже було описано вище, у виробництві керамічних блоків можна використовувати енерговмісну вторинну сировину, таку як тирса, полістирол (стиропор) або паперові в'язучі речовини. Ці пороутворювачі можуть вносити до 25% загальної енергії у формі вторинної енергії у виробництві забутової цегли. У виробництві облицювальної цегли пороутворювачі використовуються лише у виняткових випадках, оскільки вони впливають на технічні властивості цегли (наприклад, колір та густину).

Проте загалом форма та склад виробів дуже залежить від вимог ринку, а тому модифікація керамічних мас можлива лише в обмеженому обсязі і, звичайно, не для всіх керамічних виробів.

#### Рушій для впровадження

- більший обсяг виробництва продукції;
- краща якість продукції.

#### Приклади заводів та довідкова література

«ЮВЬО ПОРОТОН-Верке Ернст Юнгк унд Зон ГмбХ» (JUWÖ POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH), Німеччина, цегельний завод [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]



## 4.2. Викиди пилу (твердих часток)

У цьому розділі описані технології та заходи для запобігання дифузним (переважно розділи 4.2.1 та 4.2.2) і напрямленим (переважно розділ 4.2.3) викидам пилу. Корисна інформація на цю тему також наведена у Довідковому документі з НДТМ для викидів зі складів та у Довідковому документі з НДТМ для загальних систем переробки/керування стічними водами та відпрацьованими газами у хімічній галузі.

### 4.2.1. Заходи для операцій, що супроводжуються утворенням пилу

#### Опис

Тут наведено кілька різних заходів, які можна застосовувати окремо або у поєднанні один з одним:

- огороження кожухами операцій, що супроводжуються утворенням пилу, таких як розмелювання, просіювання та переміщення;
- використання критих і вентильованих змішувачів з жолобом або чашею;
- фільтрування повітря, яке рухається при завантажуванні змішувачів чи дозувального обладнання;
- використання силосів для зберігання належної місткості, індикаторів рівня з рубильниками та фільтрами для очищення запиленого повітря, що рухається під час операцій заповнення;
- закриті конвеєрні стрічки для сировини, з якої потенційно може утворюватися пил;
- у пневматичних системах транспортування бажано використовувати циркуляційний процес;
- робота з матеріалом у закритих системах, у яких створене розрідження і організоване видалення пилу з повітря, що всмоктується;
- зменшення кількості точок витоків та проливання, повне укомплектування установок.

#### Вигоди для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

- зменшення головним чином дифузних викидів пилу;
- за допомогою огороження машин кожухами також можна знизити рівень шуму.

#### Міжсередовищні наслідки

- пневматичні системи транспортування з циркуляцією повітря можуть збільшувати шумове випромінювання та споживання електроенергії;
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

#### Експлуатаційні параметри

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку. У будь-якому випадку, регулярне виконання технічного обслуговування та ремонту гарантує, що труби для відпрацьованих газів, які протікають, силоси для зберігання та установки для підготовки сировини або пошкоджені кожухи будуть швидко відремонтовані.

#### Застосовність

Ці заходи можуть вживатися у всіх секторах керамічної промисловості, на старих та нових об'єктах, проте у випадку роботи з вологими глинами не обов'язково потрібно вживати всіх згаданих вище заходів.

#### Економіка

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку. Для огороження установок кожухами на старих об'єктах може бути потрібен середньо- або довготерміновий план реалізації.

#### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;

- вимоги до охорони здоров'я та техніки безпеки на робочих місцях;
- заощадження сировини.

#### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.2.2. Заходи для ділянок зберігання насипом**

#### Опис

З метою зменшення головним чином дифузних викидів на ділянках зберігання насипом під відкритим небом, на яких зберігається схильна до утворення пилу мінеральна сировина, такі ділянки зберігання можна обгородити екранами, стінами або огорожами, що складаються з вертикальних зелених насаджень (штучними або природними вітрозахисних бар'єрами для захисту відкритих куп від вітру).

Якщо викидів у місцях розвантаження на складах неможливо уникнути, їх можна зменшити: для цього потрібно слідкувати (якщо це можливо, автоматично) за тим, щоб висота розвантаження відповідала змінній висоті купи, або зменшити швидкість розвантаження. Крім того, на ділянках зберігання можна підтримувати вологу – особливо у сухих місцевостях – за допомогою розпилювальних пристроїв (якщо точкове джерело пилу просторово обмежене, можна встановити спринклерну систему), і прибирати ділянки за допомогою очисних вантажівок.

Для запобігання утворенню дифузного пилу під час операцій з прибирання матеріалів можна використовувати вакуумні системи. Нові будівлі можна легко обладнати стаціонарними вакуумним очисними системами, а існуючі будівлі зазвичай зручніше оснащувати пересувними системами з гнучкими з'єднаннями.

#### Вигоди для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Зменшення головним чином дифузних викидів пилу.

#### Міжсередовищні наслідки

- якщо на ділянках зберігання підтримується волога, споживання води збільшується;
- збільшення споживання енергії внаслідок використання вакуумних систем;
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

#### Експлуатаційні параметри

Залежать від конкретного заходу/завдання для окремого випадку.

#### Застосовність

Ці заходи, по суті, можуть вживатися у всіх секторах керамічної промисловості, на старих та нових об'єктах, проте у випадку роботи з вологими глинами не обов'язково потрібно вживати всіх згаданих вище заходів. Крім того, у процесі перемішування іноді потрібно використовувати суху сировину, щоб досягти потрібних властивостей, і тому змочування можна застосовувати лише в обмеженому обсязі.

#### Економіка

Залежно від конкретного заходу/завдання для окремого випадку. Стосовно цього питання також див Таблицю 4.7.

### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- вимоги до охорони здоров'я та техніки безпеки на робочих місцях;

### Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.2.3. Системи сепарації/фільтрування**

У цьому розділі описані деякі технології, націлені виключно на видалення пилу. Додатково можна зазначити, що більшість технологій очищення димових газів, описаних у розділі 4.3.4, підходять не лише для видалення SO<sub>x</sub>, HF та HCl, а й для видалення пилу.

#### **4.2.3.1. Відцентрові сепаратори**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

У відцентровому сепараторі частки пилу, які потрібно видалити з потоку відпрацьованих газів, відтискаються до зовнішньої стінки агрегату під дією відцентрової сили, а тоді викидаються через отвір у днищі агрегату. Відцентрові сили можна створювати шляхом спрямування потоку газу вниз по спіралі через циліндричні посудини (циклонні сепаратори) або за допомогою встановленої в агрегаті крильчатки, що обертається (механічні відцентрові сепаратори).

##### Міжсередовищні наслідки

- робота відцентрових сепараторів є значним джерелом шуму;
- якщо застосовується крильчатка, споживання електроенергії може збільшитися;
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

##### Експлуатаційні параметри

Відцентрові сепаратори ефективніше працюють з більшими навантаженнями забруднюючих речовин, за умови, що пристрій при цьому не забивається.

##### Застосовність

Ефективність очищення у відцентрових сепараторах загалом надто низька, щоб знизити будь-які викиди пилу до нормативних рівнів забруднення повітря у керамічній промисловості. Тому вони придатні для роботи лише у якості попередніх сепараторів і часто використовуються після операцій розпилювального сушіння, дроблення та помолу.

##### Економіка

Збір та регенерація уловленого пилу зменшує споживання сировини.

### Рушій для впровадження

Заощадження сировини.

### Приклади заводів та довідкова література

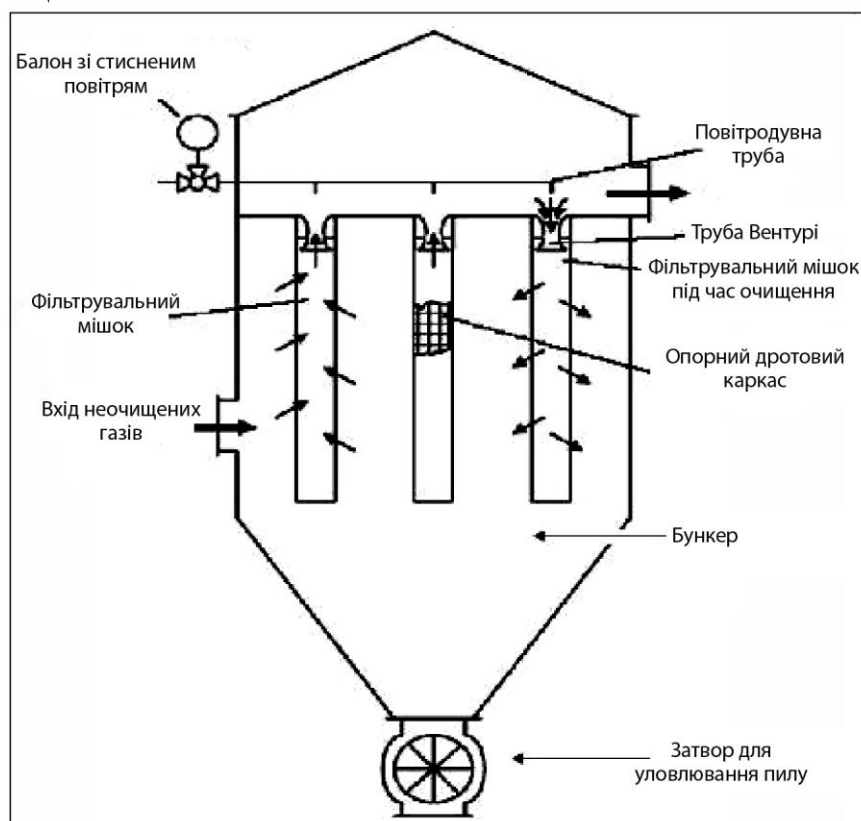
[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### 4.2.3.2. Рукавні фільтри

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

У рукавному фільтрі відпрацьований газ проходить через фільтрувальний мішок, сконструйований таким чином, що частки пилу відкладаються на поверхні фільтра, утворюючи фільтраційний кек. Рукавні фільтрувальні установки забезпечують високий ступінь уловлювання часток – зазвичай понад 98 % і до 99 %, залежно від розміру часток.

На наступному Рисунку 4.3 наведена схема рукавного фільтра з регенерацією імпульсами тиску [4, UBA, 2001]. Регенерація здійснюється імпульсом тиску з того боку рукавного фільтра, з якого знаходиться очищений газ.



**Рисунок 4.3.** Схема рукавного фільтра з регенерацією імпульсами тиску

#### Міжсередовищні наслідки

- робота рукавних фільтрів, особливо з регенерацією імпульсами тиску, може створювати шумове випромінювання, а також збільшувати споживання електроенергії внаслідок великого падіння тиску;
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

#### Експлуатаційні параметри та економіка

Рукавні фільтри можуть бути виготовлені з ряду тканин; деякі з них демонструють хорошу стійкість до кислот або лугів. Серед сучасних синтетичних тканин є матеріали, які витримують досить високі температури, проте рукавні фільтри не можуть працювати за надто високих температур. Приклади розповсюджених тканин для фільтрів наведені у наступній Таблиці 4.2, у якій вказані властивості та відносні ціни [3, CERAME-UNIE, 2003]. Зокрема, якщо рукавний фільтр застосовується у складі пристрою сухого очищення димових газів для очищення пічних димових газів (див. розділ 4.3.4.3), то фільтр і тримач мішка повинні бути стійкими до корозії у випадку

конденсації. Типові приклади даних, які характеризують роботу тканинних фільтрів, наведені у Таблиці 4.3, а на Рисунку 4.4 вказані приклади інвестиційних витрат на фільтраційні установки без урахування вартості встановлення та фільтраційних мішків [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Матеріал рукавного фільтра	Витримувана температура (°C)	Ціна (євро/м <sup>2</sup> )
Бавовна	80	<5
Поліпропілен	100	5
Поліестер	150	10 – 12
Nomex (мета-арамід)	220	25
ПТФЕ (тефлон)	280	100 – 120

Таблиця 4.2. Приклади витримуваних температур та ціни рукавних фільтрів

Навантаження пилом у неочищених газах	До 200 г/м <sup>3</sup>
Навантаження пилом в очищених газах	1 – 20 мг/м <sup>3</sup>
Робоча температура	До 250 °C
Експлуатаційні витрати	0,03 – 0,1 євро/т

Таблиця 4.3. Приклади експлуатаційних параметрів процесу пиловловлювання за допомогою тканинних фільтрів

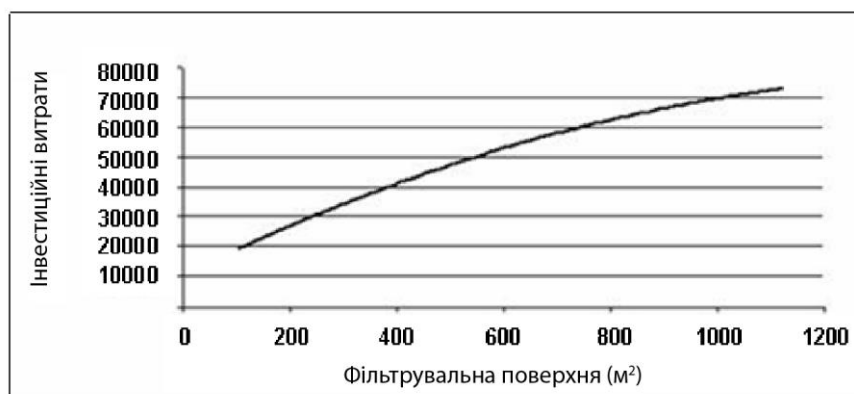


Рисунок 4.4. Приклади інвестиційних витрат у складі річних витрат на фільтрувальні установки без урахування вартості встановлення та фільтрувальних мішків

Самоочисні рукавні фільтри повинні бути достатньо великими, щоб працювати з питомим навантаженням на фільтрувальну поверхню менше 2 м<sup>3</sup> н.у. / (м<sup>2</sup> x хвилина), аби можна було отримати концентрації речовин в очищеному газі в діапазоні 1-20 мг/м<sup>3</sup> [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]. Збір, регенерація та повторне використання уловленого пилу зменшує споживання сировини.

Рукавні фільтри не можуть працювати за надто високих температур та – особливо у випадку вологих відпрацьованих газів – за температур, близьких до точки роси. Це пов'язано з тим, що через реакції між водою та CaO, у результаті яких утворюється тверда кірка, фільтр може забитися, і його буде важко висушити і знову очистити. Це призведе до різкого збільшення витрат на технічне обслуговування та електроенергію і часу виробництва.

В принципі, витрати на експлуатацію рукавних фільтрів суттєво залежать від кількості електроенергії, потрібної для подолання згаданого вище падіння тиску.

Стосовно цього питання також див. Таблиця 4.7.

### Застосовність

Рукавні фільтри для видалення пилу з відпрацьованих газів можна, в принципі, застосовувати у всіх секторах керамічної промисловості, особливо для операцій, що супроводжуються утворенням пилу (для видалення пилу з силосів для зберігання сухої сировини, у процесі сухої підготовки сировини включно з розпилювальним сушінням, у процесах сухого формування та сухої механічної обробки чи шліфування). Іноді ці фільтри доцільно використовувати у поєднанні з циклонними попередніми фільтрами (див. розділ 4.2.3.1).

### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- можливе заощадження сировини у порівнянні з іншими типами фільтрів (наприклад, мокрими пиловловлювачами).

### Приклади заводів та довідкова література

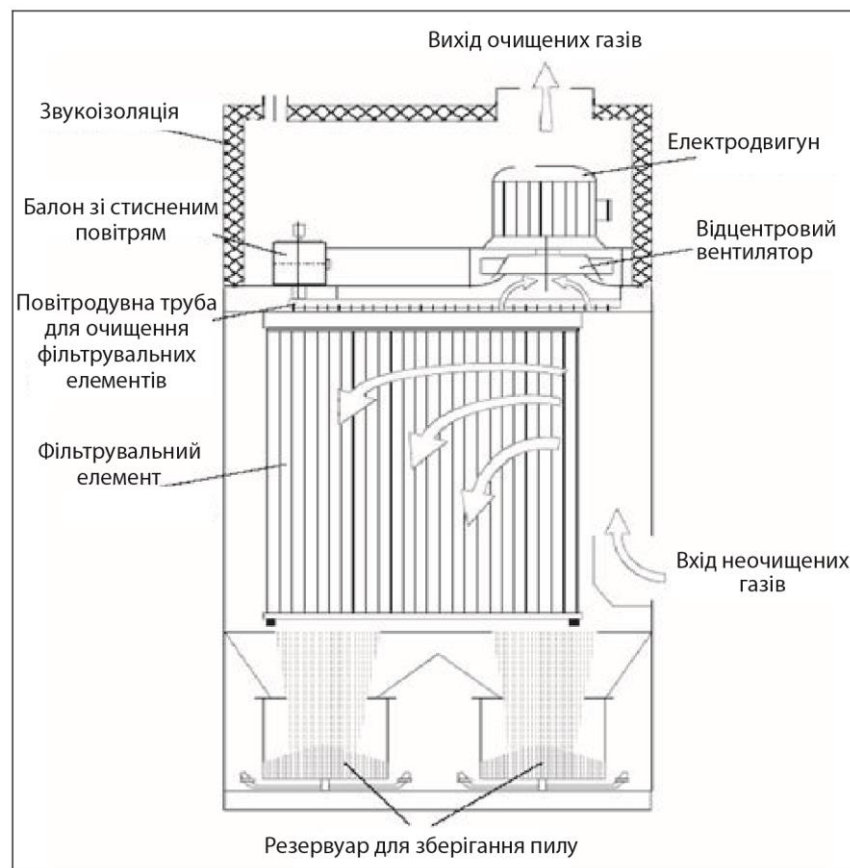
«Тондах Глайнштеттен АГ» (Tondach Gleinstätten AG), завод з виробництва цегли та черепиці, Австрія [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.2.3.3. Спечені пластинчасті фільтри**

#### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Основними елементами цих фільтрів є жорсткі фільтрувальні набивки, які монтуються у фільтрувальній системі як компактні елементи. Фільтрувальні елементи складаються зі спеченого поліетилену з покриттям із ПТФЕ, яке надає фільтрувальному елементу тверду структуру та водонепроникні характеристики. Основними перевагами цієї сучасної фільтрувальної набивки є дуже висока ефективність очищення димових газів від пилу у поєднанні з малим падінням тиску, а також висока стійкість до зношування внаслідок стирання, особливо під дією шорстких керамічних часток.

На наступному рисунку наведена схема такого жорсткого спеченого пластинчастого фільтра, який очищається струменевою імпульсною системою самоочищення [4, UBA, 2001].



**Рисунок 4.5. Схема жорсткого спеченого пластинчастого фільтра**

#### Міжсередовищні наслідки

- робота спеченого пластинчастого фільтра зі струменевими імпульсними системами самоочищення може створювати шумове випромінювання і призводити до додаткового споживання енергії;
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

#### Експлуатаційні параметри

За допомогою цих фільтрувальних елементів можна досягти ефективності очищення до 99,99 відсотка з концентрацією речовин в очищеному газі  $<1 \text{ мг/м}^3$ , тож очищений газ можна подавати назад у робочий процес [4, УВА, 2001].

#### Застосовність

Використання спечених пластинчастих фільтрів дає змогу уловлювати мокрий пил, що виникає, наприклад, при глазурування пульверизацією. Ця фільтрувальна система дає змогу вловлювати частки глазури з відпрацьованих газів розпилювальної камери і повертати їх безпосередньо у процес. Нерухома зона перед фільтром гарантує, що пил у системі буде порівняно сухим. У ідеальному випадку уловлені частки глазури стікають у фільтрувальну систему у вигляді порошку.

#### Економіка

Інвестиційні та експлуатаційні витрати на спечені пластинчасті фільтри зазвичай значно більші, ніж на рукавні фільтри, проте можливість подавання очищених відпрацьованих газів назад у робочий процес дає змогу заощадити на енергії, яка буде витрачатися, якщо для створення належних температур робочого процесу потрібно буде нагрівати великі об'ємні потоки свіжого повітря.



Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- вимоги до охорони здоров'я та техніки безпеки на робочих місцях;
- заощадження сировини;
- заощадження енергії.

Приклади заводів та довідкова література

«Естеррайхіше Занітер-, Керамік- унд Порцеллан-Індустрі АГ» (Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG), завод з виробництва сантехніки, Австрія [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

**4.2.3.4. Мокрі пиловловлювачі**Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

За допомогою мокрих пиловловлювачів пил видаляється з потоків відпрацьованих газів шляхом приведення потоку газів у тісний контакт зі зрошувальною рідиною (зазвичай водою), Мокрі пиловловлювачі поділяються на різні типи залежно від їх конструкції та принципів роботи (наприклад, труба Вентурі).

Міжсередовищні наслідки

У технології мокрого видалення забруднюючі речовини переносяться з повітря у воду, тому обов'язково потрібна друга установка для очищення утворених мокрих відходів (суспензії). а отже, можливе додаткове споживання енергії.

Експлуатаційні параметри

Повідомляється про можливість досягнення концентрацій забруднень в очищених газах у діапазоні 20-50 мг/м<sup>3</sup> [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001]. Стосовно цього питання також див Таблицю 3.33.

Застосовність

Мокрі пиловловлювачі особливо добре підходять для зменшення викидів вологого чи мокрого пилу. зокрема, у процесах розпилювального сушіння, якщо вони використовуються у поєднанні з циклонами. Їх особливо доцільно використовувати, якщо промивальну воду можна повторно використати.

Економіка

З точки зору експлуатаційних витрат потрібно враховувати витрати на промивальну рідину та очищення технологічних стічних вод. Як правило, невеликі агрегати, що контролюють потік відпрацьованих газів з низькою концентрацією забруднювачів, будуть набагато дорожчими (у перерахунку на одиницю потоку), ніж великі агрегати, що очищують потік з великим навантаженням забруднюючими речовинами.

Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

Приклади заводів та довідкова література

«Естеррайхіше Занітер-, Керамік- унд Порцеллан-Індустрі АГ», завод з виробництва сантехніки, Австрія [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998], [17, Буркарт, 2004], [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

#### 4.2.3.5. Електростатичні фільтри (електрофільтри)

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

У електростатичному фільтрі димові гази проходять через камеру з двома електродами. На перший електрод подається висока напруга (до 100 кВ), яка іонізує димові гази. Утворені іони прилипають до часток пилу у димових газах, і в результаті ці частки набувають електричного заряду. Електростатичні сили відштовхують заряджені частки пилу від першого електрода і притягують їх до другого, на якому вони відкладаються. Таким чином, частки пилу видаляються з потоку димових газів.

Міжсередовищні наслідки

- виникає ризик вибуху, особливо якщо застосовуються сухі системи електростатичного фільтрування;
- споживання енергії збільшується внаслідок роботи електростатичного фільтра (проте завдяки меншому падінню тиску у порівнянні з іншими фільтрувальними системами вентилятори для переміщення димових газів можуть споживати менше електроенергії);
- при виконанні технічного обслуговування можуть утворюватися додаткові відходи.

Експлуатаційні параметри та економіка

У наступній Таблиці 4.5 перелічені типові експлуатаційні параметри та витрати для електростатичних фільтрів [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [28, Шорхт, 2005].

Об'єм газу	До 100000 м <sup>3</sup> /год.
Швидкість газу	0,5 – 3 м/с
Навантаження пилом у неочищених газах	До 100 г/м <sup>3</sup>
Навантаження пилом в очищених газах	5 – 50 мг/м <sup>3</sup>
Робоча температура	До 450 °С
Напруга	10 – 100 кВ
Споживання енергії	0,05 – 2 кВт·год./1000 м <sup>3</sup>
Інвестиційні витрати	1 – 3 мільйони євро
Експлуатаційні витрати	0,1 – 0,2 євро/т

**Таблиця 4.4. Експлуатаційні параметри та витрати для електростатичних фільтрів**

Стосовно цього питання також див. Таблицю 4.7.

При експлуатації електростатичного фільтра потрібно враховувати порівняно великі витрати на технічне обслуговування.

Повідомляється про можливість досягнення концентрацій пилу в очищених газах менше 50 мг/м<sup>3</sup> у процесі виробництва спучених керамічних заповнювачів у обертовій печі, обладнаній електростатичним фільтром (див. розділ 3.3.4.1) [17, Буркарт, 2004].

Застосовність

Електростатичні фільтри використовуються в керамічній промисловості головним чином у виробництві спучених керамічних заповнювачів, де потрібно очищати великі об'ємні потоки за високих температур з порівняно високою експлуатаційною надійністю: у цих випадках вони встановлюються за обертовими печами та млинами сухого помолу.

Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- заощадження сировини.

Приклади заводів та довідкова література

Завод у Паутцфельді (Pautzfeld), Галлерндорф, Німеччина (виробництво спучених керамічних заповнювачів), завод у Ламшtedті, Німеччина (виробництво спучених керамічних заповнювачів), [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [28, Шорхт, 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### 4.3. Газоподібні сполуки

#### 4.3.1. Внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

##### Оксиди сірки

- використання сировини та добавок з низьким вмістом сірки може значно зменшити викиди  $SO_x$ ;
- якщо використовується сировина з великим вмістом сірки, викиди  $SO_x$  можна зменшити за рахунок ефекту розбавлення шляхом додавання у керамічну масу добавок з низьким вмістом сірки (наприклад, піску) або малосірчаної глини;
- використання палива з низьким вмістом сірки, такого як природний газ чи зріджений вуглеводневий газ, значно зменшує викиди  $SO_x$ .

##### Оксиди азоту

- мінімізація вмісту сполук азоту у сировині та добавках може зменшити викиди  $NO_x$ .

##### Неорганічні сполуки хлору

- використання сировини та добавок з низьким вмістом хлору може значно зменшити викиди хлору.

##### Неорганічні сполуки фтору

- використання сировини та добавок з низьким вмістом фтору може значно зменшити викиди фтору;
- якщо використовується сировина з великим вмістом фтору, викиди фтору можна зменшити за рахунок ефекту розбавлення шляхом додавання у керамічну масу добавок з низьким вмістом фтору (наприклад, піску) або малофтористої глини;

##### Леткі органічні сполуки (ЛОС)

Мінімізація вмісту органічних сполук у сировині, добавках, в'язучих речовинах, тощо може зменшити викиди летких органічних сполук. Наприклад, органічні добавки, такі як тирса та полістирол, додаються до суміші сировини головним чином у виробництві пористих виробів. Проте з цих органічних добавок утворюються викиди летких органічних сполук (стосовно цього питання див. Таблицю 3.4, у якій наведені значення для неочищених газів у результаті процесів виробництва цегли з використанням різних пороутворювачів). Утворення викидів летких органічних сполук можна, в принципі, уникнути шляхом переходу на неорганічні пороутворювачі, наприклад, перліт (склоподібна речовина вулканічного походження, що містить від 3 до 4 % води). При нагріванні (від 800 до 1100 °C) матеріал розширюється внаслідок утворення всередині бульбашок пари у 15-20 разів відносно його початкового об'єму).

##### Міжсередовищні наслідки

Мінімізація вмісту органічних сполук у сировині може призвести до збільшення споживання енергії у процесі випалювання.

##### Експлуатаційні параметри та застосовність

Внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини, – це рекомендований захід для зменшення вмісту забруднюючих речовин у димових газах печі, оскільки він усуває саме джерело проблеми, проте, з огляду на певні обмеження, у реальності його іноді складно застосувати. Тому у всіх секторах керамічної промисловості можна, в принципі, вдаватися до використання сировини та добавок з низьким вмістом прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини. Проте у цьому разі завжди потрібно враховувати їх доступність у конкретному випадку та можливі проблеми з якістю продукції (наприклад, з кольором, міцністю при стисканні та морозостійкістю), а суміші сировини завжди слід ретельно випробувати.

Наприклад, неорганічні пороутворювачі створюють певні технічні труднощі, оскільки ці речовини схильні надто раптово і різко розширюватися, тож утворення пор стає важко контролювати, і якість продукції погіршується. Через це перехід з органічних на неорганічні пороутворювальні добавки на практиці, мабуть, недоцільний. У Фландрії відомий один цегельний завод, на якому використовується перліт у якості добавки. Проте цей перліт вже спучений і розмелений, і використовується радше для того, щоб зробити жирну бумську глину піснішою, ніж у якості пороутворювача.

У виробництві спученої глини вміст легких органічних сполук не можна зменшити, оскільки легкі органічні сполуки використовуються для утворення пор.

Крім того, хоча вміст забруднюючих речовин у сировині має суттєве значення, він не завжди є визначальним параметром для викидів забруднюючих речовин під час випалювання, оскільки ці викиди залежать від кількох критеріїв – наприклад, експлуатаційних параметрів процесу випалювання. Таким чином, зменшення вмісту забруднюючих речовин у сировині на 50 % не завжди означає, що викиди забруднюючих речовин зменшаться на стільки ж, оскільки досвід також вказує на існування кореляції між вмістом фтору у глині та концентрацією викидів HF.

Стосовно проблем із сіркою слід зазначити, що типове розташування кар'єра біля заводу обмежує вибір сировини з низьким вмістом сірки (також див. пункт «Економіка»).

#### Економіка

Для компанії, яка має кар'єр з високим вмістом сірки, використання чи домішування глиняних матеріалів з низьким вмістом сірки означає, що глиняний матеріал буде постачатися з інших місць і видобуватися кимось іншим. З цього випливають значні додаткові витрати – з одного боку, витрати на додаткове транспортування (оцінені у 1998 році як 0,05 євро/тонну/км), а з іншого боку, збільшені витрати на видобування (оцінені у 1998 році як 2,5 євро/тонну), які потрібно буде сплачувати сторонній організації, у порівнянні з вартістю глини, видобутої з власного кар'єру [2, VITO, 2003]. Мінімізація вмісту органічних сполук у сировині також може призвести до збільшення витрат, оскільки відстані перевезення від зовнішніх постачальників до заводу можуть бути більшими.

Заходи, що передбачають додавання малосірчаних добавок та/або кальцієвмісної глини у керамічну масу (також див. розділ 4.3.2), можуть потребувати значних інвестиційних витрат (до 850 000 євро), наприклад, на збільшення місткості складів та модифікацію машин, що використовуються у підготовці сировини, формуванні та сушінні. Крім того, ці заходи можуть потребувати додаткових експлуатаційних витрат та додаткових витрат на матеріали.

#### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- позбавлення необхідності використовувати дорогі технології зниження викидів у місцях скидання викидів.

#### Приклади заводів та довідкова література

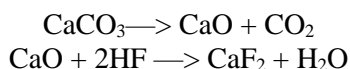
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### 4.3.2. Внесення добавок з великим вмістом кальцію

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Додавання дрібного вапняку або крейди у керамічну масу створює ефект розбавлення, проте за порівняно низьких температур від 700 до 850 °С добавки з великим вмістом кальцію також реагують з сировиною, що містить фториди та хлориди, та з оксидами сірки, що утворилися з сірковмісної сировини під час випалювання, утримуючи фтор, хлор та сірку у випаленій керамічній масі.

Ця хімічна реакція «зв'язує» фториди шляхом утворення стійкого фториду кальцію і може значно знизити викиди HF.



Подібна реакція також «зв'язує» хлориди та SO<sub>x</sub> всередині керамічної маси, як описано вище, і також може значно знизити викиди HCl та SO<sub>x</sub>.

Проте концентрація HF, HCl та SO<sub>x</sub> у димових газах не обов'язково пов'язана з вмістом CaO у сировині, оскільки досвід показує, що навіть дрібні карбонати чи CaO, присутні у глиняних виробках під час випалювання, можуть мало впливати або зовсім не впливати на рівні викидів HF, HCl та SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>. Це зумовлено головним чином високими температурами випалювання в печі, під впливом яких CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> та CaF<sub>2</sub> розкладаються. За температури близько 850 °С CaF<sub>2</sub> починає розкладатися. За високих температур (понад 900 °С) CaO також реагує з силікатами, утворюючи силікати кальцію, і таким чином зменшуючи кількість доступного CaO.

Міжсередовищні наслідки

Додавання добавок з великим вмістом кальцію може збільшити споживання енергії при випалювання, оскільки, з одного боку, у печі протікають ендотермічні реакції, а з іншого боку, випалювання повинно тривати довше. Крім того, додавання добавок з великим вмістом карбонату кальцію збільшує викиди CO<sub>2</sub>.

Експлуатаційні параметри та застосовність

Добавки з великим вмістом кальцію можуть зменшити викиди фтору на 10-75 % (залежно від сировини та пікової температури випалювання), проте їх додавання може вплинути на якість кінцевого виробу; тому на практиці цей захід можна застосовувати лише з обмеженнями [4, УВА, 2001].

Основним сектором їх застосування є цегельна галузь, якщо при цьому можна забезпечити потрібні технічні властивості готового виробу; у вогнетривкій промисловості цей захід зазвичай не використовується. Додавання вапна впливає на такі характеристики якості:

- колір: збільшення кількості доданого вапна призводить до зміни кольору у напрямку світліших (жовтіших) відтінків. Незначна зміна забарвлення допустима у виробництві цегли для внутрішніх стін, проте у виробництві облицювальної цегли така зміна забарвлення може ускладнити її продаж, а тому ці добавки можна використовувати не у всіх цегельних масах. Пожовтіння можна частково компенсувати додаванням Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- концентрація водорозчинних сульфатів: вона збільшується зі збільшенням кількості доданого CaCO<sub>3</sub>. Водорозчинні сульфати є однією з причин небажаного вицвітання цегли;
- міцність на стискання: додавання карбонату кальцію може як дещо збільшувати, так і дещо зменшувати міцність на стискання;
- характеристики усадки: додавання цегли має порівняно непередбачуваний вплив на усадку виробу під час сушіння та випалювання;
- водопоглинання: спонтанне водопоглинання збільшується зі збільшенням кількості доданого CaCO<sub>3</sub>, а отже, коефіцієнт насичення зростає. Це призводить до зниження морозостійкості цегли і збільшує ймовірність вицвітання. Ці наслідки більш прийнятні для цегли, призначеної для внутрішніх стін, ніж для облицювальної цегли;

- спучені керамічні заповнювачі повинні містити не більше 3 % CaO, інакше міцність гранул значно знижується, а крім того, при вмісті понад 5 % виробы починають погано спучуватися через надмірне розрідження [2, VITO, 2003].

#### Економіка

Збільшення викидів CO<sub>2</sub> внаслідок використання добавок з великим вмістом карбонату кальцію може призвести до збільшення витрат згідно з вимогами законодавства (наприклад, купівля квот на викиди). Крім того, зміни в характеристиках усадки керамічних виробів можуть вплинути на їх механічну обробку під час виробництва.

Заходи, що передбачають додавання малосірчаних добавок та/або кальцієвмісної глини у керамічну масу (також див. розділ 4.3.2), можуть потребувати значних інвестиційних витрат (до 850000 євро), наприклад, на збільшення місткості складів та модифікацію машин, що використовуються у підготовці сировини, формуванні та сушінні. Крім того, ці заходи можуть потребувати додаткових експлуатаційних витрат (додаткових витрат на матеріали).

#### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- позбавлення необхідності використовувати дорогі технології зниження викидів у місця скидання викидів.

#### Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.3.3. Оптимізація технологічного процесу**

#### **4.3.3.1. Оптимізація кривої нагрівання**

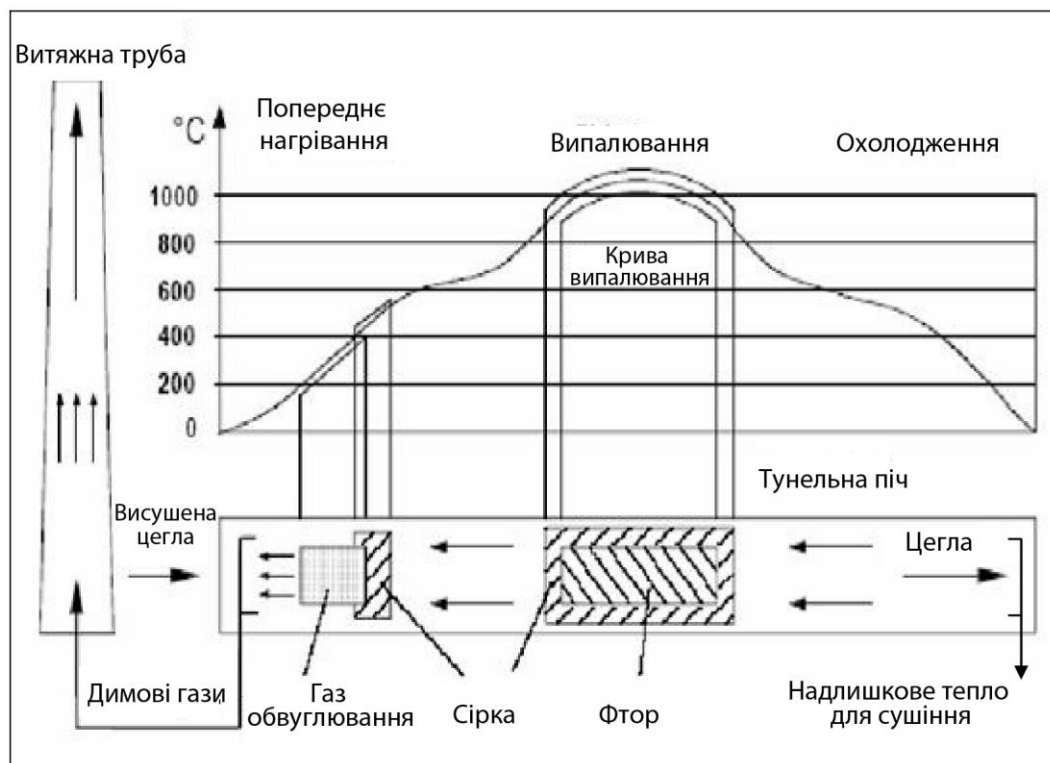
##### Опис, переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти, та експлуатаційні параметри

Швидкість нагрівання, а також величина температури випалювання, можуть впливати на викиди SO<sub>x</sub> та HF:

- зменшення швидкості нагрівання у найнижчому діапазоні температур (до 400 °C) сприяє повторному поглинанню HF з утворенням CaF<sub>2</sub>, а отже, зменшує викиди HF. Подібний ефект можна застосувати для викидів SO<sub>x</sub>. Вони зазвичай утворюються шляхом окислення піриту та/або дисоціації сульфату кальцію, присутнього в керамічній масі;
- збільшення швидкості нагрівання у діапазоні температур від 400 °C до температури випалювання пришвидшує досягнення температури спікання, а отже, виділення викидів обмежується за рахунок дифузії, і рівень викидів зменшується;
- величина температури випалювання впливає на розклад сульфатів. Чим нижча температура випалювання, тим менше розкладаються сульфати, а отже, утворюється менше викидів SO<sub>x</sub>. Температуру випалювання можна знизити шляхом додавання флюсів до суміші сировини;
- швидші цикли випалювання зазвичай знижують рівень викидів фторидів. Характеристики сировини впливають на виділення фтору, проте для будь-якого окремо взятого керамічного виробу критичне значення має час випалювання за температури понад 800 °C;
- контроль рівнів кисню у процесах випалювання збільшує ККД згорання до максимуму.

На наступному рисунку показані діапазони температур на прикладі температурної кривої для виділення забруднюючих речовин під час випалювання цегли [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].





**Рисунок 4.6.** Діапазони температур на прикладі температурної кривої для виділення забруднюючих речовин під час випалювання цегли

#### Міжсередовищні наслідки

Немає проблем.

#### Застосовність та економіка

Оптимізацію кривої нагрівання / керування технологічним процесом можна застосовувати у всіх секторах керамічної промисловості, проте слід пам'ятати, що на практиці криві нагрівання у галузі обробки глини оптимізовані з огляду на якість продукції та споживання енергії. Тому криві нагрівання можна змінювати лише в тому разі, якщо це дозволяють технічні властивості готового виробу, а при зміні кривих нагрівання з міркувань зниження викидів необхідно враховувати додаткові витрати.

#### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- позбавлення необхідності використовувати дорогі технології зниження викидів у місцях скидання викидів;
- енергоефективна експлуатація печей.

#### Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### 4.3.3.2. Зниження вмісту водяної пари у пічних газах

Опис, переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти, та експлуатаційні параметри

Зниження вмісту водяної пари у пічних газах зазвичай призводить до зменшення рівня викидів фторидів, оскільки основним механізмом виділення фтору з глинистих мінералів є пірогідроліз. Ця реакція протікає за температур 800 °C і вище.

Міжсередовищні наслідки, застосовність та економіка

Лабораторні випробування показали, що зниження вмісту води в атмосфері печі дійсно призвело до зменшення викидів HF, а також SO<sub>x</sub>. На практиці зниження вмісту води в атмосфері печі технічно важко досягти, враховуючи, що вода утворюється під час спалювання горючих корисних копалин для нагрівання печі. Цього утворення води можна уникнути лише шляхом нагрівання печі опосередковано (наприклад, газовими пальниками з радіаційними трубами [5, Центр знань InfoMil, 2003]) або за допомогою електроенергії, а це потребує докорінної зміни конструкції печі і збільшене споживання енергії.

В принципі, для секторів виробництва цегли та черепиці, осклованих керамічних труб, вогнетривких виробів та спучених керамічних заповнювачів по всій Європі економічно доцільне лише опалювання печей горючими корисними копалинами. Тому нагрівання печі електроенергією чи опосередкованим чином у цих секторах насправді не застосовне (електричне нагрівання використовується лише для дрібносерійного виробництва спеціальної продукції у випадку вогнетривких виробів). Однак у секторах виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, столового посуду та декоративних виробів, сантехніки, технічної кераміки та неорганічних абразивів зі зв'язкою зменшення вмісту водяної пари у пічних газах шляхом нагрівання печей за допомогою електроенергії (у виробництві деяких видів технічної кераміки певною мірою використовуються печі з електричним обігрівом) або опосередкованим чином за допомогою пальників з радіаційними трубами [5, Центр знань InfoMil, 2003] (у дрібносерійному виробництві печі з висувним подом або невеликі печі з роликівим подом, в принципі, можна обладнати такими пальниками) має більш реалістичний потенціал до застосування.

Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- позбавлення необхідності використовувати технології зниження викидів у місцях скидання викидів.

Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [5, Центр знань InfoMil, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### 4.3.3.3. Внутрішнє спалювання газів обвуглювання

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Викиди летких органічних сполук, що виникають у зоні нагрівання печі внаслідок розкладу та неповного згорання органічних компонентів у суміші сировини (відомі як гази обвуглювання) можна потім спалювати у печі за умови, що піч особливим чином модифікована. Внутрішнє спалювання можна організувати, спрямовуючи гази обвуглювання з зони нагрівання печі назад у зону випалювання, де вони будуть допалюватися під впливом високої температури, що переважає у цій зоні. Для цього зону печі, де виникають викиди летких органічних сполук, відому як зона обвуглювання, потрібно відокремити від решти печі. Це можна зробити шляхом встановлення у печі одних або кількох розсувних дверей або спеціальної витяжної системи для газів обвуглювання. За допомогою цієї технології можна значно зменшити не лише викиди летких органічних сполук, а й викиди CO. На наступному рисунку зображена схема внутрішнього спалювання газів обвуглювання [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

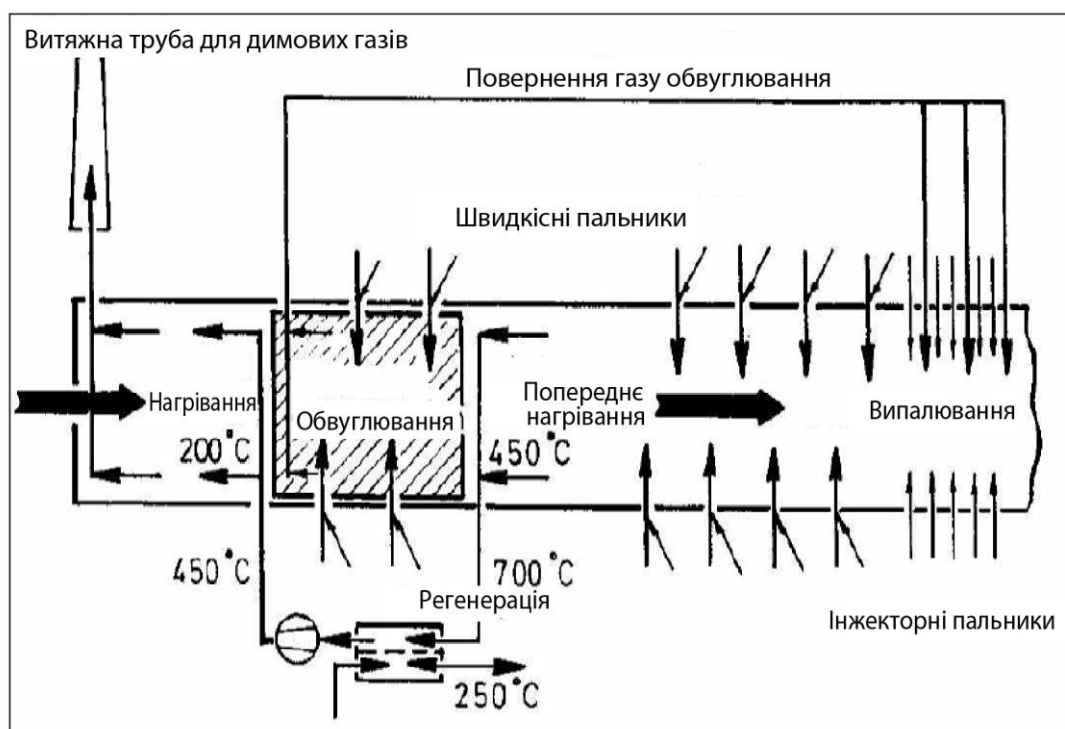


Рисунок 4.7. Схема внутрішнього спалювання газів обвуглювання

#### Міжсередовищні наслідки

Спалювання газів обвуглювання всередині печі може збільшити загальне споживання енергії, особливо якщо для спалювання газів обвуглювання, що надходять із зони нагрівання, потрібно здійснювати додаткове випалювання за допомогою (швидкісних) пальників.

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Системи внутрішнього спалювання газів обвуглювання вже деякий час використовуються в Німеччині – зокрема, на кількох десятках цегельних заводів. Ці системи дають змогу значно зменшити викиди летких органічних сполук, проте у них є практичний недолік: вони часто втручаються у нормальну роботу печі, і тому нею стає важко керувати. Наприклад, відомою проблемою систем з розсувними дверми, які працюють у печі, є заклинювання дверей. Втручання системи термічного допалювання у режим всередині печі, коли тунельна піч працює як простий протитоковий теплообмінник, часто призводить до проблем з режимом роботи печі або збільшення експлуатаційних витрат. Напевне, саме тому все більшого вжитку набувають системи зовнішнього допалювання газів обвуглювання – особливо в останні роки на нових заводах.

Ця технологія не застосовна у виробництві спучених керамічних заповнювачів – проблемою є те, що сушіння та випалювання здійснюються разом, а тому у газах висока концентрація води.

Шляхом застосування цієї технології можна досягти загального вмісту С в очищених газах на рівні приблизно 15 мг загального вмісту С/м<sup>3</sup>, якщо значення для неочищених газів становлять 250 мг загального вмісту С/м<sup>3</sup> [4, УВА, 2001].

#### Економіка

З точки зору витрат на технічне обслуговування, система внутрішнього спалювання газів обвуглювання є порівняно дорогою, оскільки в ній використовуються складні технології випалювання та керування.

Стосовно цього питання також див. Таблицю 4.7.

#### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- позбавлення необхідності використовувати технології зниження викидів у місцях скидання викидів.

#### Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### **4.3.3.4. Пальники з низьким виходом NO<sub>x</sub>**

##### Опис, переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти, та експлуатаційні параметри

Викиди оксидів азоту утворюються в результаті випалювання керамічних виробів (наприклад, вогнетривких виробів) за температур понад 1300 °С. Ці викиди NO<sub>x</sub> можна мінімізувати шляхом використання спеціальних пальників з низьким виходом NO<sub>x</sub>. Ці пальники доцільно використовувати для зниження температури полум'я, а отже, для зниження виходу NO<sub>x</sub>, що утворюється в результаті термічних процесів та (певною мірою) з палива. Вихід NO<sub>x</sub> знижується шляхом подавання продувного повітря для зниження температури полум'я або шляхом забезпечення імпульсної роботи пальників.

##### Міжсередовищні наслідки

Немає проблем.

##### Застосовність

Застосовність та ефективність пальників з низьким виходом NO<sub>x</sub> залежить від кількох факторів, таких як гранична температура випалювання. У деяких випадках повідомляють про недостатню ефективність за температур понад 1400 °С. Корисна додаткова інформація на цю тему наведена в Довідковому документі з НДТМ для виробництва скла, де також іде мова про пальники з низьким виходом NO<sub>x</sub>. Крім того, використання пальників з низьким виходом NO<sub>x</sub> може бути обмежене з огляду на вимоги до якості готового виробу [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

#### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

#### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

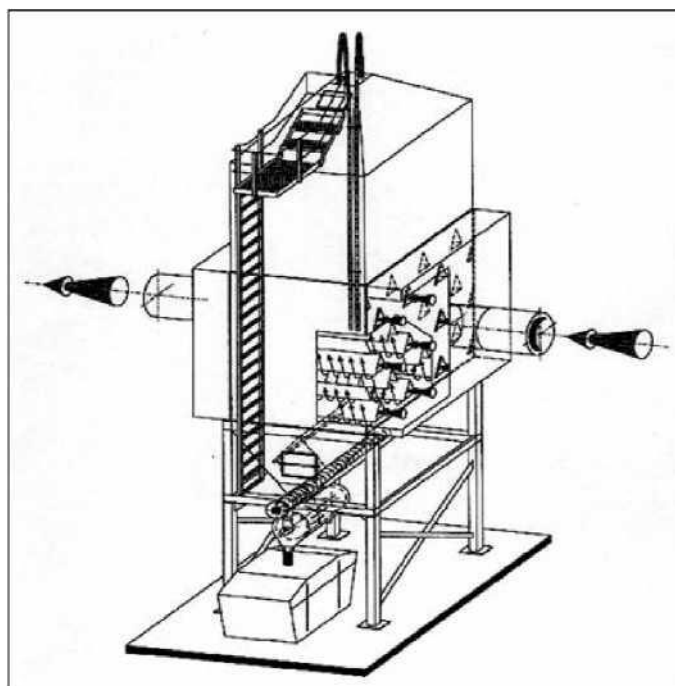
#### **4.3.4. Поглинальні установки (адсорбери, абсорбери)**

Корисна інформація на цю тему також наведена у Довідковому документі з НДТМ для загальних систем переробки/керування стічними водами та відпрацьованими газами у хімічній галузі.

#### 4.3.4.1. Каскадні адсорбери з ущільненим шаром адсорбента

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

У каскадному адсорбері з ущільненим шаром адсорбента реакція між адсорбентом – зазвичай карбонатом кальцію ( $\text{CaCO}_3$ , вапняк) – та забруднюючими речовинами (головним чином HF, SO<sub>x</sub> та HCl), присутніми в димових газах, протікає у камері, у якій адсорбент тоне під дією сили тяжіння, та через яку зустрічним або поперечним потоком проходять димові гази. Щоб забезпечити достатній час реакції та площу контакту, у цій камері встановлюють відбивачі. Ці відбивачі гальмують рух адсорбента вниз, зменшуючи його швидкість, і забезпечують ефективну циркуляцію та розподіл димових газів у агрегаті. Використаний карбонат кальцію збирається на дні установки. Ці адсорбери здатні працювати з газами за температур до 500 °С без попереднього охолодження, а отже, дуже ефективно зменшують викиди HF, SO<sub>x</sub> та HCl з пічними димовими газами. Адсорбер з поперечним потоком зображений на наступному рисунку [4, УВА, 2001].



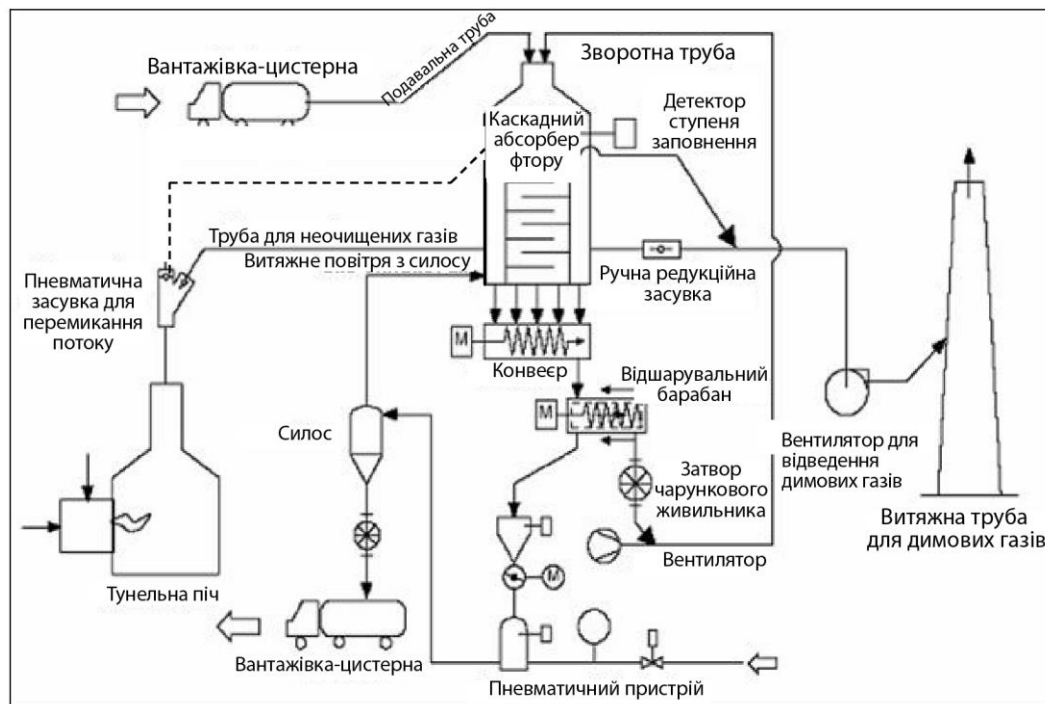
**Рисунок 4.8. Зображення каскадного адсорбера з поперечним потоком**

Карбонат кальцію використовується у вигляді гранул з типовим розміром зерна 4-6 мм, які повинні відповідати певним технічним вимогам до розміру, складу і пористості, щоб забезпечувати максимальну ефективність очищення. Окрім звичайного карбонату кальцію, у якості адсорбентів можуть використовуватися модифіковані типи карбонату кальцію, що складаються з сумішей карбонату кальцію / гідроксиду кальцію ( $\text{CaCO}_3/\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Завдяки своїй підвищеній пористості та більшому вмісту гідроксиду кальцію вони мають кращу спорідненість з кислотними газами.

Оскільки HF, SO<sub>x</sub> та HCl поглинаються переважно на зовнішній поверхні гранул карбонату кальцію, гранули мають доволі низький ККД адсорбції. Для збільшення ККД адсорбції при використанні немодифікованого карбонату кальцію можна застосовувати технологію відшарування. У цій технології м'якше зовнішнє покриття використаних гранул, яке складається з фториду кальцію, сульфату кальцію, сульфату кальцію або хлориду кальцію, механічно видаляється. Гранули, що залишилися, можна повторно використати як адсорбент за умови, що вони достатньо великі. Завдяки цьому зменшується кількість відходів (у вигляді відшарованого насиченого вапняку).

У випадку з модифікованими гранулами їх краща спорідненість з кислими газами досягається за рахунок покращених поверхневих властивостей. Тому з них не можна зняти верхній шар для повторного використання, як це можна зробити з немодифікованим карбонатом кальцію.

На наступному рисунку наведена схема технологічного процесу каскадного адсорбера з ущільненим шаром адсорбента та відшарувальним барабаном. Поглинальний матеріал, з якого було знято верхній шар, автоматично подається назад у силос для зберігання. Завдяки цьому заходу кількість відходів зменшується на величину до 50 відсотків [4, УВА, 2001].



**Рисунок 4.9. Схема технологічного процесу каскадного адсорбера з ущільненим шаром адсорбента та відшарувальним барабаном**

Гранульований вапняк, насичений забруднюючими речовинами, подається у відшарувальний барабан шнековим конвеєром. Зовнішній шар, насичений забруднюючими речовинами, видаляється шляхом тертя і виймається разом з дрібним гранульованим матеріалом з розміром часток  $<2,5$  мм. Цей забруднений матеріал вивозиться на вантажівках-цистернах для сипких матеріалів. Поверхня гранульованого матеріалу, що залишився, з розміром часток  $>2,5$  мм, знову стає здатною вступати в реакцію. Регенований гранульований матеріал подається назад у силос для зберігання матеріалів адсорбера через затвор чарункового живильника та зворотну трубу. Адсорбер, відшарувальний барабан та зворотна труба утворюють замкнену систему. Відшарування та повернення здійснюється автоматично і безперервно.

#### Міжсередовищні наслідки

- високе споживання адсорбентів;
- велика кількість відходів (через порівняно високе дозування адсорбента з надлишком);
- гранули карбонату кальцію реагують з кислотними компонентами димових газів, утворюючи  $\text{CO}_2$ ;
- підвищене споживання енергії внаслідок роботи адсорбера (зокрема, для подолання падіння тиску);
- можливе збільшення викидів пилу внаслідок збільшення пилового навантаження, зумовленого роботою з гранулами карбонату кальцію, особливо якщо використовуються відшарувальні барабани;
- можливе шумове випромінювання.



### Експлуатаційні параметри

Гранули немодифікованого карбонату кальцію, бажано з м'якших сортів карбонату кальцію, особливо добре підходять для видалення HF та SO<sub>3</sub>. Для цих сполук гранули забезпечують ефективність очищення понад 90 % (до 99 %) та 80 % відповідно. Проте звичайний карбонат кальцію не дуже добре підходить для видалення SO<sub>2</sub>, оскільки SO<sub>2</sub> менш хімічно активний у порівнянні з HF та SO<sub>3</sub>; у цьому випадку досягається ефективність очищення порядку 20 %. Для HCl ефективність очищення за допомогою немодифікованого карбонату кальцію становить приблизно 50 % [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Модифікований карбонат кальцію краще підходить для видалення SO<sub>2</sub>, а також демонструє дещо кращу ефективність при видаленні HF та SO<sub>3</sub>. За допомогою модифікованого карбонату кальцію можна досягти ефективності очищення до 99 % для HF, до 85 % для SO<sub>3</sub>, від 30 до 85 % для SO<sub>2</sub> за концентрацій у неочищених газах до 1500 мг SO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup> та понад 50 % для HCl. Для уловлювання зважених часток ефективність очищення за допомогою цих систем сягає до 100 % (також див. розділ 4.3.6) [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Димові гази, що містять приблизно 2500 мг SO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>, за певних обставин – наприклад, при використанні чотирьох адсорберів (з ущільненим шаром адсорбента і зворотним потоком, з модифікованим карбонатом кальцію), встановлених послідовно один за одним – можна достатньо добре відфільтрувати, отримавши значення для очищеного газу нижче 500 мг SO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>. Крім того, для неочищеного газу з високим навантаженням забрудненнями можна досягти ефективності очищення від SO<sub>2</sub> до 85 % [4, UBA, 2001], у той час як при використанні лише одного адсорбера ефективність очищення від SO<sub>2</sub> падає приблизно до 30 %. [2, VITO, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Стосовно цього питання також див. Таблицю 3.2, у якій наведено розподіл виділених хлоридів, Таблицю 3.6, Таблицю 3.7, Таблицю 3.8 та Таблицю 3.9, у яких наведені викиди в результаті процесів виробництва цегли та черепиці, та Таблицю 3.43, у якій наведені викиди в результаті процесів виробництва сантехніки з застосуванням систем з шаром адсорбента [2, VITO, 2003].

### Застосовність

Цю технологію можна застосовувати в кількох секторах керамічної промисловості, проте слід пам'ятати про кількість місця, яке займає ця система, та недостатню гнучкість у засобах керування та використанні інших адсорбентів. Також необхідно враховувати інші умови, такі як концентрація HF та SO<sub>x</sub> в неочищених газах, асортимент керамічних виробів, режим роботи печі, розмір печі, темп виробництва, необхідна верхня температура горіння, кількість і температура димових газів, загальне результуюче пилове навантаження від адсорбера, потреба у фільтрі-пиловловлювачі, можливість повторного використання, переробка великих об'ємів відходів від адсорберів чи їх зберігання на звалищі, доступність належних вапнякових гранул, збільшення потреби в електроенергії та загальний вплив на навколишнє середовище.

### Економіка

Стосовно цього питання також див. Таблицю 4.7.

Невелику кількість відшарованого насиченого вапняку можна додавати у процес виробництва керамічних блоків та облицювальної цегли, проте слід враховувати, що вміст сульфату кальцію у насиченому вапняку може призвести до вицвітання цегли. Насичений вапняк також можна використовувати у цементній, бетонній та асфальтній промисловості. Якщо повторне використання неможливе, потрібно також врахувати додаткові витрати на зберігання відходів.

### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.



### Приклади заводів та довідкова література

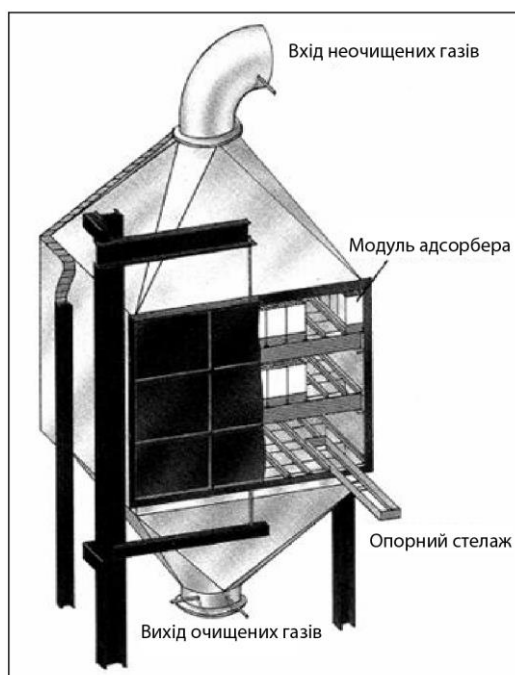
«Вінербергер Цігеліндустрі АГ» (Wienerberger Ziegelindustrie AG), завод з виробництва облицювальної цегли, Ротентурм, Австрія [1, BMLFUW, 2003], «Ерлус Баустоффверке АГ» (Erlus Baustoffwerke AG), черепичний завод, Нойфарн, Німеччина [4, UBA, 2001], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### **4.3.4.2. Модульні адсорбційні системи**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Процес, який переважно використовується для уловлювання газоподібних неорганічних сполук фтору, полягає у сухому поглинанні за допомогою стільникових модулів, виготовлених з гідроксиду кальцію, у так званих модульних адсорбційних системах. У цьому процесі димові гази проходять через простий сталевий реактор без рухомих деталей. У реакторі встановлено кілька шарів стільникових адсорбційних модулів, заповнених гашеним вапном (гідроксидом кальцію), яке хімічно перетворює HF, що міститься в димових газах, у фторид кальцію ( $\text{CaF}_2$ ) під час його проходження через модулі. Термін служби модулів залежить від тривалості експлуатації заводу, об'ємного потоку димових газів та концентрації фтору у неочищених газах. Модулі розташовані на опорних стелажах для скорочення часу заміни модулів і полегшення здійснення операцій з ними. Насичені модулі замінюються новими.

На наступному рисунку наведена схема сухої поглинальної установки, у якій використовуються стільникові модулі, виготовлені з  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [4, UBA, 2001].



**Рисунок 4.10. Схема адсорбційної системи зі стільниковими модулями**

##### Міжсередовищні наслідки

- порівняно високе споживання адсорбентів;
- велика кількість відходів (насичені модулі потрібно утилізувати);
- можливе підвищене споживання енергії внаслідок роботи адсорбера (зокрема, для подолання падіння тиску у випадку димових газів з великими пиловими навантаженнями).

### Експлуатаційні параметри та застосовність

Ця система технічно проста і міцна, оскільки вона сконструйована без рухомих деталей, і у ній створюється невелике падіння тиску. Вона особлива ефективна при очищенні невеликих потоків димових газів (<18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl). Тому системи цього типу застосовуються головним чином у галузях виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, столового посуду та декоративних виробів, сантехніки та технічної кераміки. Крім того, капіляри схильні забиватися за високих концентрацій пилу, а тому система не дуже підходить для видалення пилу.

Стосовно цього питання див. Таблицю 3.41, у якій наведені концентрації забруднень у неочищених та очищених газах у результаті процесу виробництва сантехніки, у якому для очищення димових газів застосовується адсорбційна система зі стільниковими модулями.

### Економіка

Стосовно цього питання також див. Таблицю 4.7. Окрім ціни нових адсорбційних модулів, потрібно враховувати вартість утилізації насичених модулів, оскільки їх не можна використати повторно.

### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

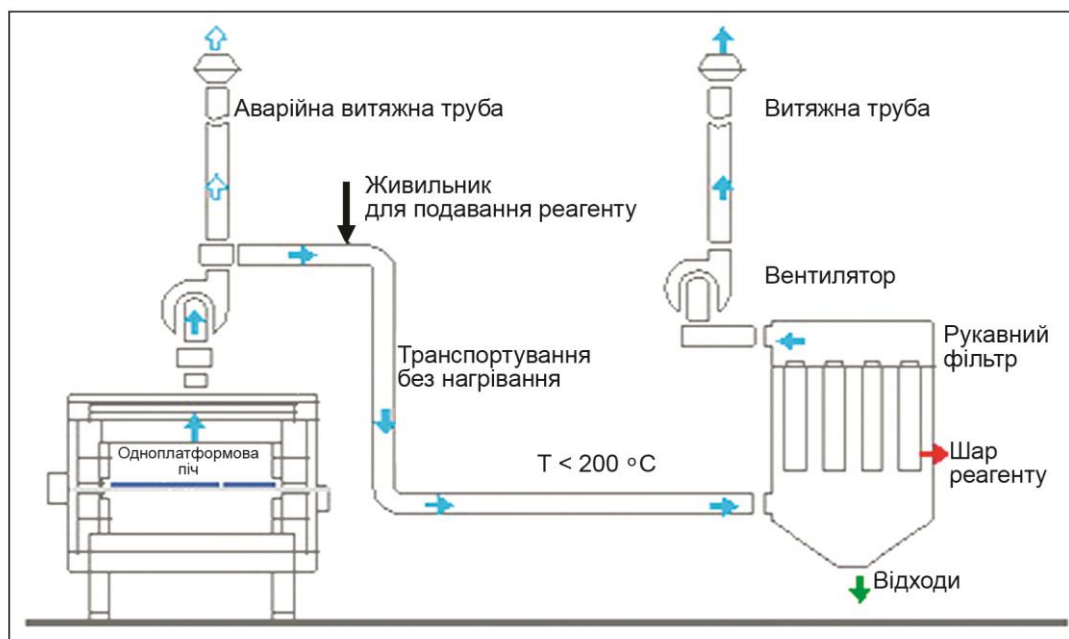
### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### **4.3.4.3. Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра (рукавного фільтра чи електростатичного фільтра)**

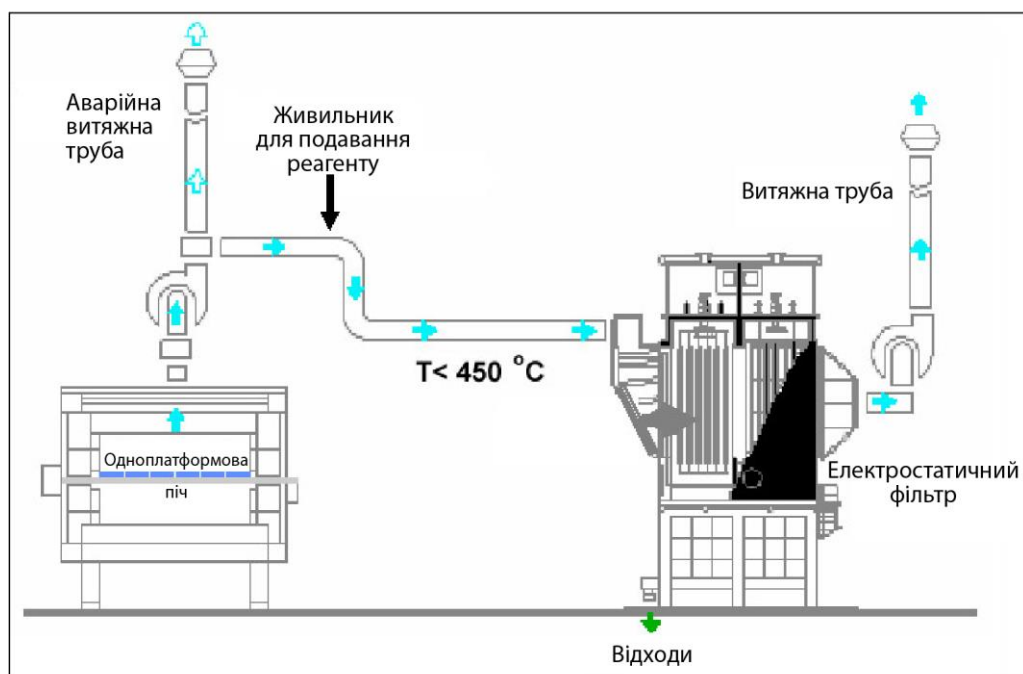
### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

У цьому типі очищення димових газів адсорбент вдувається в потік димових газів у сухому вигляді. Кислотні компоненти (оксиди сірки та неорганічні сполуки хлору і фтору) поглинаються у реакторі або реакторній зоні, функцію яких може виконувати короб для відведення димових газів, влаштований між піччю та фільтром. Такий короб повинен мати певну мінімальну довжину, щоб забезпечувати необхідний час контакту. Фільтр за реактором (реакторною зоною) видаляє солі, що утворилися в результаті нейтралізації, та надлишок адсорбенту з потоку димових газів. З цією метою переважно використовується рукавний фільтр, оскільки він забезпечує хороший контакт між адсорбентом та газоподібними забруднюючими речовинами. Тканина фільтра повинна бути стійкою до кислотних та лужних умов, а крім того, вибирається залежно від температури газів, які потрібно очищати (див. Таблицю 4.2). На наступному рисунку зображена схема сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра [10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 4.11.** Схема сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра

Замість рукавних фільтрів можна застосовувати електростатичні фільтри, використовуючи ту ж саму систему вприскування порошкового реагенту. Їх перевага полягає в тому, що вони працюють за вищих температур газу (значно більше  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), тож димові гази не потрібно охолоджувати, і можна регенерувати енергію, що міститься в очищених газах. З іншого боку, адсорбент не так добре контактує з забруднюючою речовиною, як у рукавному фільтрі. На наступному рисунку зображена схема сухого очищення димових газів за допомогою електростатичного фільтра [10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].



**Рисунок 4.12.** Схема сухого очищення димових газів за допомогою електростатичного фільтра

Особливим варіантом сухого очищення димових газів є напівсухе очищення димових газів за допомогою фільтра, також відоме як кондиціоноване сухе очищення димових газів. Воно відрізняється від сухого методу тим, що в ньому використовується невелика кількість води. Адсорбент «кондиціонують», дещо змочуючи його водою, – завдяки цьому його хімічна активність збільшується, а отже, ефективність очищення також стає вищою. Крім того, при цьому споживається менше адсорбентів, а тому утворюється менше залишків. Недоліками цієї технології є ймовірність проблем із корозією через високу вологість димових газів та складніші засоби керування роботою системи [2, VITO, 2003]

#### Міжсередовищні наслідки

- внаслідок споживання адсорбентів утворюється велика кількість відходів;
- переробка відходів може бути проблематичною через негативний вплив кальцію на реологічні властивості керамічних шлікерів;
- порівняно високе споживання електроенергії через падіння тиску на рукавному фільтрі і, відповідно, підвищене споживання електроенергії внаслідок роботи електростатичного фільтра;
- у випадку застосування систем очищення з пневматичними фільтрами може збільшитися рівень шуму;
- адсорбенти, що містять карбонати, реагують з кислотними компонентами димових газів, утворюючи  $\text{CO}_2$ .

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Система сухого очищення димових газів за допомогою фільтра гнучка з точки зору засобів керування та використання адсорбентів. Серед адсорбентів, які можна в ній використовувати, – гідроксид кальцію ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), оксид кальцію ( $\text{CaO}$ ) та, останнім часом, бікарбонат натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ), який найкраще підходить для видалення  $\text{SO}_2$ . Крім того, варто зазначити, що продукти реакцій бікарбонату натрію складаються з водорозчинних солей (сульфату натрію та фториду натрію), а тому їх не можна просто викинути на звалище.

У системах очищення з рукавним фільтром проблеми виникають за дуже високих температур, коли фільтр може почати горіти, та за дуже низьких температур, близьких до точки роси, коли фільтр легко забивається. Перевага системи очищення з електростатичним фільтром полягає в тому, що вона може працювати за високих температур, які без проблем можуть перевищувати  $400\text{ }^\circ\text{C}$ , тож димові гази не потрібно охолоджувати перед очищенням, і можна регенерувати енергію, що міститься в очищених газах.

Система сухого очищення з рукавним фільтром дає змогу досягти концентрацій фторидів в очищених димових газах менше  $5\text{ мг/м}^3$  та концентрацій зваженого пилу у діапазоні  $2\text{--}20\text{ мг/м}^3$ . Якщо у якості адсорбента використовується гідроксид кальцію, ефективність очищення за допомогою цих систем варіюється від 90 до 99 % для уловлювання зважених часток, від 92 до 95 % для уловлювання фторидів, від 10 до 80 % для  $\text{SO}_2$ , до 90 % для  $\text{SO}_3$ , а також до 85 % для  $\text{HCl}$  [2, VITO, 2003, 10, Наварро, 1998], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

Якщо у якості адсорбента в системі сухого очищення димових газів з рукавним фільтром використовується бікарбонат натрію, то, окрім приблизної ефективності очищення 99 % для зважених часток та понад 95 % для уловлювання фторидів, можна досягти показників від 98 до 99 % для  $\text{SO}_2$  і  $\text{SO}_3$ , а також 89 % для  $\text{HCl}$  (див. розділ 4.3.6) [4, UBA, 2001].

Перевага системи очищення з електростатичним фільтром полягає в тому, що вона може працювати за температур приблизно до  $450\text{ }^\circ\text{C}$ , тож димові гази не потрібно охолоджувати перед очищенням, і можна регенерувати енергію, що міститься в очищених газах. Повідомляється, що при очищенні димових газів за допомогою електростатичних фільтрів можна досягти концентрацій пилу в очищених газах у діапазоні  $5\text{--}50\text{ мг/м}^3$  (див. розділ 4.2.3.5).

Системи сухого очищення димових газів за допомогою фільтра можна, в принципі, застосовувати для очищення пічних димових газів у всіх секторах керамічної галузі, проте потрібно враховувати їх недоліки у порівнянні з адсорбційними системами з ущільненим шаром адсорбента – більша потреба в технічному обслуговуванні та проблеми, пов'язані з довговічністю фільтрувальних мішків (у випадку системи з рукавним фільтром).

#### Економіка

Стосовно цього питання – для сухого поглинання за допомогою рукавного фільтра – див. Таблицю 4.7.

- Для напівсухих систем інвестиційні витрати зазвичай дещо вищі, ніж для повністю сухої установки;
- бікарбонат натрію дорожчий, ніж адсорбенти на основі кальцію;
- потрібно враховувати додаткові витрати на утилізацію насичених адсорбентів, які не можна використати повторно.

#### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

#### Приклади заводів та довідкова література

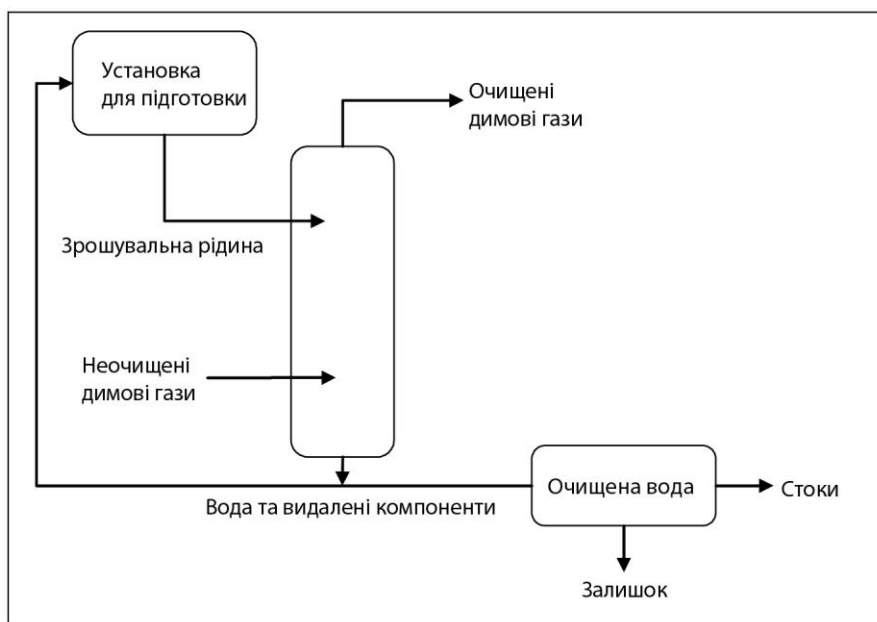
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Наварро, 1998], [4, UBA, 2001], [17, Буркарт, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

#### **4.3.4.4. Мокре очищення димових газів**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

При мокрому очищенні димових газів кислотні компоненти (оксиди сірки, неорганічні сполуки хлору та фтору) видаляються з димових газів шляхом забезпечення їх тісного контакту з водою. Внаслідок цього компоненти переносяться з газової у водяну фазу – тією мірою, наскільки відповідні компоненти розчинні. Для підвищення розчинності до води можна додати основу, таку як карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), гідроксид кальцію ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), карбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), гідроксид натрію ( $\text{NaOH}$ ) або аміак ( $\text{NH}_3$ ).

Установка мокрого очищення димових газів зображена на наступному рисунку [2, VITO, 2003]. Установка, подібна до зображеної, складається з установки для підготовки промивальної рідини, промивальної секції, сепаратора твердої та рідкої фаз і, можливо, водоочисної установки та краплезбирача. Для збільшення зони контакту можна використовувати пластини або інертний набивальний матеріал (набивні колони). Окрім колонних скрубєрів, існують також форсункові скрубєри, скрубєри з трубами Вентурі та обертові скрубєри.



**Рисунок 4.13. Зображення установки мокрого очищення димових газів**

У системах мокрого промивання димові гази спочатку охолоджуються, а потім очищаються. Крім того, для мокрого процесу необхідна установка нейтралізації та сепаратор твердих часток.

Особливим варіантом мокрого очищення димових газів є напівмокре очищення димових газів, у якому через невелику кількість води можливе випаровування. Відповідно, в результаті утворюється сухий залишок, який дуже ефективно прореагував, і який можна відділити за допомогою фільтра. Цей метод потребує більш високих температур димових газів, щоб підтримувати достатньо високу температуру на фільтрі після втрат енергії внаслідок випаровування. Перевагами напівмокрих систем є менше споживання адсорбентів, менша кількість залишків і вища ефективність чищення, проте вони потребують складніших засобів керування роботою системи [2, VITO, 2003].

#### Міжсередовищні наслідки

- високе споживання води;
- утворення технологічних стічних вод (у меншій кількості для напівмокрих систем), а отже, потреба в очищенні технологічних стічних вод;
- порівняно високе споживання електроенергії внаслідок падіння тиску на установках;
- абсорбенти, що містять карбонати, реагують з кислотними компонентами димових газів, утворюючи  $\text{CO}_2$ .

#### Експлуатаційні параметри

Для видалення HF, HCl та SOX шляхом мокрого очищення димових газів у якості абсорбента зазвичай використовується вапно. При цьому розчин гідроксиду кальцію (вапняне молоко) або суспензія карбонату кальцію розпилюється у розпилювальній колоні. У якості відходів утворюється дещо забруднений гіпс. Можна досягти ефективності очищення на рівні 99 % для HF, до 98 % для  $\text{SO}_2$ , 95 % для  $\text{SO}_3$  та до 95 % для HCl [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001].

Якщо у якості поглинального матеріалу в колоні з ущільненим шаром адсорбента використовується натровий луг (їдкий натр), утворюються фторид натрію (NaF), сульфід натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) та хлорид натрію (NaCl). Відходи, що утворилися у промивальній речовині, потрібно утилізувати після випаровування. Якщо у якості промивальної речовини використовується натровий луг, можна досягти ефективності очищення на рівні 98 % для HF, до 98 % для  $\text{SO}_2$ , 96 % для  $\text{SO}_3$  та до 98 % для HCl [4, UBA, 2001].

Проблемою мокрого очищення димових газів є ризик корозії. Гази, що виходять з баштових скрубєрів, насичені водою і можуть викликати корозію при охолодженні нижче точки роси. Крім того, ці холодні гази гірше розсіюються в атмосфері і утворюють шлейфи вологи. а отже, димові гази іноді рекомендується повторно підігрівати.

#### Застосовність

Системи мокрого очищення димових газів можна, в принципі, використовувати у всіх секторах керамічної промисловості. Мокрі процеси слугують альтернативою сухим поглинальним системам – особливо у випадках, коли у димових газах присутні високі концентрації SO<sub>2</sub>, і сухі поглинальні установки не можуть забезпечити низькі концентрації забруднень в очищених газах. Проте на практиці застосування мокрих процесів помітно обмежене, оскільки вони потребують великих інвестиційних витрат та витрат на обслуговування.

Мокрі процеси є альтернативою системам сухого очищення – особливо у випадках, коли одночасно викидаються високі концентрації неорганічних забруднюючих речовин, наприклад, за високого вмісту SO<sub>2</sub> понад 2500 мг/м<sup>3</sup>.

#### Економіка

Стосовно цього питання також див Таблицю 4.7. Також потрібно враховувати можливе скорочення життєвих циклів систем внаслідок корозії.

#### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

#### Приклади заводів та довідкова література

Завод у Паутцфельді, Галлерндорф, Німеччина (виробництво спучених керамічних заповнювачів), [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]



#### 4.3.4.5. Фільтри з активованим вугіллям

Опис, переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти, експлуатаційні параметри та застосовність

Фільтри з активованим вугіллям підходять лише для очищення невеликих об'ємів летких органічних сполук (ЛОС) у відпрацьованих газах – наприклад, виділених у якості летких продуктів реакції в результаті термічної обробки твердих смол, що використовуються у якості в'язучих речовин.

Перед вугільним фільтром з газового потоку потрібно видалити тверді частки та краплі. Активоване вугілля уловлює деякі органічні сполуки (наприклад, фенол та нафталін), проте не здатне ефективно абсорбувати інші сполуки.

Фільтри з активованим вугіллям застосовуються головним чином у процесі виробництва вогнетривкої продукції.

Міжсередовищні наслідки

- збільшена кількість відходів, якщо активоване вугілля не можна регенерувати, і його потрібно утилізувати;
- підвищене споживання енергії внаслідок роботи фільтрів з активованим вугіллям.

Економіка

Високі витрати, особливо якщо фільтри з активованим вугіллям не можна регенерувати, і їх потрібно утилізувати.

Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

Приклади заводів та довідкова література

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### 4.3.4.6. Біологічні скрубери

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

У результаті термічної обробки твердих смол, що використовуються у якості в'язучих речовин у вогнетривкій промисловості, у виробництві деяких видів технічної кераміки та деяких неорганічних абразивів зі зв'язкою, виділяються леткі продукти реакцій, серед яких – аміак, формальдегід та фенол. Їх можна видалити з димових газів за допомогою належних промивальних рідин. Застосування біологічного скрубера – це варіант очищення, у якому абсорбувальне середовище регенерується. Необхідними умовами для його застосування є розчинність забруднюючих речовин у воді та постійне безперервне подавання речовини у біологічний скрубери.

Міжсередовищні наслідки

- можливе підвищене споживання води та утворення технологічних стічних вод;
- підвищене споживання енергії внаслідок роботи біологічного скрубера.

Застосовність

Біологічні скрубери можна застосовувати у процесах виробництва вогнетривкої продукції, а також у виробництві деяких видів технічної кераміки та деяких неорганічних абразивів зі зв'язкою.

## Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

## Приклади заводів та довідкова література

[3, CERAME-UNIE, 2003], [14, UBA, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### **4.3.5. Допалювання**

Корисна інформація на цю тему також наведена у Довідковому документі з НДТМ для загальних систем переробки/керування стічними водами та відпрацьованими газами у хімічній галузі.

#### **4.3.5.1. Термічне допалювання**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Гази обвуглювання, які є леткими органічними сполуками (ЛОС), можна спалювати за межами печі у термореакторах. Ці пристрої складаються з двох або трьох камер, заповнених керамічними елементами чи елементами з  $\text{SiO}_2$ , які мають велику теплоємність. Допалювання найбільш доцільно виконувати у випадках, коли значення викидів у неочищених газах перевищують 100-150 мг ЛОС/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищених газів (наприклад, температури, складу).

Димові гази, що містять ЛОС, проходять через першу камеру і поглинають накопичене в ній тепло. Коли вони виходять з першої камери і входять у відсік спалювання, їх температура вже наближається до температури спалювання. У відсіку спалювання вони додатково нагріваються до 750-800 °С за допомогою пальників таким чином, що органічні речовини практично повністю згорають. Присутній у димових газах СО також додатково окислюється, перетворюючись у  $\text{CO}_2$ . Крім того, якщо температура становить хоча б 800 °С, а період перебування у цьому відсіку триває принаймні 1,5 секунди, забезпечується розпад 90 % усіх присутніх/утворених діоксинів.

Гарячі очищені гази виходять з відсіку спалювання, а тоді проходять через другу камеру, де вони знову віддають більшу частину свого тепла. Охолоджений газ виходить з другої камери і викидається через димохід. Через певний період часу, коли перша камера достатньо охолоне, а друга камера достатньо нагріється, потік газу починає рухатися у зворотному напрямку. Тепер друга камера нагріває неочищені гази, а перша камера охолоджує очищені гази.

Якщо у термореакторі є третя камера, вона використовується для запобігання різкому збільшенню викидів при оберненні напрямку потоку газу. Після обернення напрямку потоку газу через цю камеру пропускаються невеликі об'єми продувального повітря, аби переконатися, що неочищені гази не можуть дістатися до витяжної труби.

На наступному рисунку зображена схема системи термічного допалювання у термореакторі (трикамерна система) [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

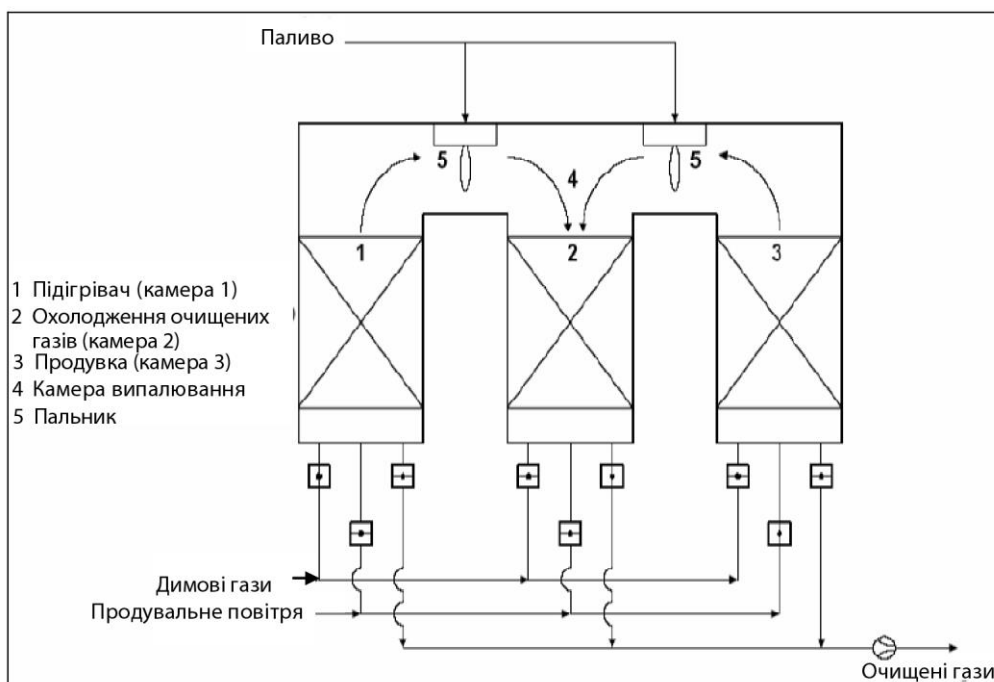


Рисунок 4.14. Схема системи термічного допалювання у термореакторі (трикамерна система)

На наступному рисунку зображене проходження димових газів у зовнішній системі термічного допалювання [4, УВА, 2001].

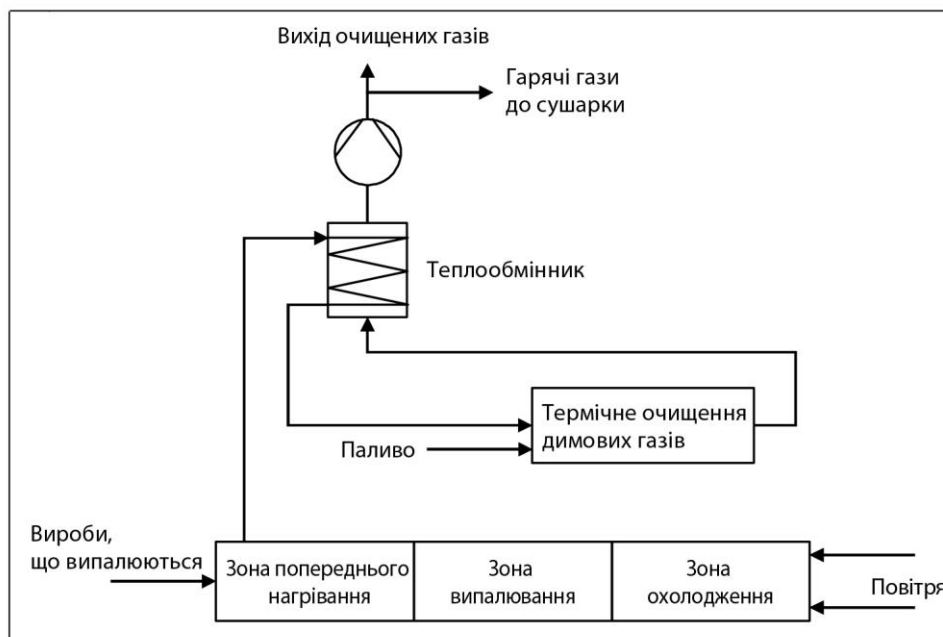


Рисунок 4.15. Проходження димових газів у зовнішній системі термічного допалювання

#### Міжсередовищні наслідки

- потрібне додаткове паливо – принаймні для запуску системи в роботу та у випадках, коли концентрація летких органічних сполук нижче точки самозаймання;
- можливі додаткові викиди  $\text{NO}_x$ .

Експлуатаційні параметри та застосовність

Якщо концентрації летких органічних сполук та СО достатньо високі, вони згорають практично без участі палива за рахунок власної теплоти згорання. У таких випадках для підтримання процесу спалювання не потрібно підводити додаткову енергію. Це відбувається головним чином при виробництві високопористої цегли, де до суміші сировини додаються великі кількості органічних пороутворювальних речовин.

Протягом останніх років терморектори набувають все більшого вжитку в галузі обробки глини, особливо у виробництві керамічних блоків, де до суміші сировини додаються органічні пороутворювальні речовини, а також для зменшення викидів летких органічних сполук у результаті процесів виробництва іншої керамічної продукції, наприклад, вогнетривких виробів, технічної кераміки та деяких неорганічних абразивів зі зв'язкою. У порівнянні з системами внутрішнього спалювання, перевага цих систем полягає в тому, що вони не втручаються в нормальний режим роботи печі, а потік димових газів очищається повністю. У виробництві спучених керамічних заповнювачів існує проблема високого вмісту води у газах.

Залежно від потрібної ефективності очищення, терморектори встановлюються у вигляді дво- або трикамерних установок. За допомогою 2-камерних установок досягається ефективність очищення від 94 до 97 %, у той час як ефективність очищення на 3-камерних установках без проблем сягає понад 99 % [4, УВА, 2001].

Стосовно цього питання також див. Таблицю 3.6, у якій наведені викиди в результаті процесів виробництва цегли, та Таблицю 3.54, у якій наведені викиди в результаті процесів виробництва технічної кераміки (абразивів зі зв'язкою). У цих процесах виробництва термічні допалювачі застосовуються для очищення димових газів.

Економіка

Стосовно цього питання також див. Таблицю 4.7.

- щоб заощадити паливо, термічне допалювання летких органічних сполук та СО бажано здійснювати з використанням регенеративного теплообміну;
- чим нижчі концентрації летких органічних сполук та СО в неочищених газах, тим більше енергії потрібно додавати для підтримання роботи терморектора, і, відповідно, тим більші витрати.

Рушій для впровадження

Вимоги законодавства разом з енергоефективними технологіями процесу.

Приклади заводів та довідкова література

«Вінербергер Цігеліндустрі АГ» / «Верк Хеннерсдорф» (Werk Hennersdorf), цегельний завод, Австрія [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, УВА, 2001], [14, УВА, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

**4.3.5.2. Каталітичне допалювання**Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

У цій технології зниження викидів летких органічних сполук леткі органічні забруднюючі речовини окислюються шляхом пропускання димових газів через каталітичну поверхню, яка прискорює реакцію окиснення. Каталізатор знижує температуру, необхідну для окиснення органічних забруднюючих речовин, до температур від 200 до 300 °С. Використовуються головним чином каталізатори зі сполуками оксидів металів або благородних металів (наприклад, Pd, Pt та Rh).

### Міжсередовищні наслідки

Каталізатори, що використовуються у цьому процесі, з легкістю окиснюють SO<sub>2</sub>, перетворюючи його у SO<sub>3</sub> – більш отруйну та корозійно-активну сполуку.

### Застосовність

Каталітичне окиснення складно застосовувати у галузі обробки глини, оскільки каталізатори, що використовуються з цією метою, швидко отруюються сторонніми домішками, присутніми у димових газах (наприклад, сполуками сірки). Тому каталітичне допалювання застосовується головним чином для очищення невеликих потоків димових газів з високим загальним вмістом С, які мають місце, наприклад, при випалюванні вогнетривких виробів спеціального призначення чи технічної кераміки у невеликих печах або у процесі сушіння.

### Рушій для впровадження

Вимоги законодавства.

### Приклади заводів та довідкова література

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### 4.3.6. Приклади експлуатаційних параметрів, показників ефективності, споживання ресурсів та витрат для різних технологій очищення димових газів

У наступній таблиці наведені деякі приклади експлуатаційних параметрів, показників ефективності, споживання ресурсів та витрат для різних технологій очищення димових газів [2, VITO, 2003] [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]:

Технологія		Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Каскадні адсорбери з шаром адсорбента	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Мокре очищення димових газів	Мокре очищення димових газів
Рівень викидів			SO <sub>2</sub> <1500 мг/м <sup>3</sup> н.у.	SO <sub>2</sub> ≥2500 мг/м <sup>3</sup> н.у.				
Адсорбент		CaCO <sub>3</sub>	Модифікований CaCO <sub>3</sub>	Модифікований CaCO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Вода / Ca(OH) <sub>2</sub> або CaCO <sub>3</sub>	Натровий луг (ідкий натр)
Ефективність очищення	HF	90 % (до 99 %)	до 99 %	до 99 %	від 80 до 96 %	> 95 %	92 – 99 %	98 %
	SO <sub>2</sub>	8 – 20 %	від 43 до 85 %	30 – 43 %	від 7 до 80 %	98 – 99 %	від 20 до 98 %	90 – 98 %
	SO <sub>3</sub>	80 %	80 – 85 %	80 – 85 %	до 90 %	98 – 99 %	92 – 95 %	94 – 96 %
	HCl	50 %	> 50 %	50 %	від 10 до 85 %	89 %	від 50 до 95 %	90 – 98 %
	Пил	100 %	100 %	99 %	90 – 99 %	99 %		100 %
Дозування адсорбента з надлишком <sup>A</sup>		2,5	2,5	2,5	1,35 – 2,00		1,01 – 2,00	
Споживання води (м <sup>3</sup> /день) <sup>B</sup>		0	0	0	0		86 – 240	
Споживання електроенергії (кВт·год./доба) <sup>B</sup>		641 – 864	864	864	1200 – 2880		2352 – 4824	
Витрати на абсорбент (євро/тонна)		59	99	99	104		30 – 100	
Інвестиційні витрати (євро 10 <sup>3</sup> ) <sup>B, C</sup>		228 – 278	692	692	766 – 1081		511 – 659	
<sup>A</sup> Це означає відношення між кількістю адсорбента, потрібною на практиці для досягнення заявленої ефективності очищення, до кількості адсорбента, яка була б потрібна у теорії (згідно зі стехіометрією реакції адсорбції).								
<sup>B</sup> Діапазон означає значення, надані для чотирьох типових компаній.								
<sup>C</sup> Витрати на встановлення та додаткові витрати.								

**Таблиця 4.5. Технічні параметри, ефективність, споживання ресурсів та витрати для технологій очищення димових газів**

У наступних двох таблицях наведена ефективність зниження викидів шляхом застосування заходів, інтегрованих у технологічний процес, та технологій зменшення викидів у місці скидання. Технології зменшення викидів у місці скидання впливають головним чином на зниження викидів HF. Заходи, інтегровані у технологічний процес, впливають лише на зниження викидів SO<sub>x</sub>. У прикладах також наведена ефективність зниження викидів залежно від вмісту сірки у глині [2, VITO, 2003] [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

Приклад	1	2	3	4
Технологія	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента
Сировина	Високосірчана глина	Високосірчана глина	Високосірчана глина	Високосірчана глина
Рівень викидів	$SO_x > 1500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x > 1500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x \geq 2500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x \geq 2500 \text{ мг/м}^3$
Заходи, інтегровані у технологічний процес	Додавання кальцієвмісної сировини з низьким вмістом сірки	Додавання кальцієвмісної сировини з низьким вмістом сірки	Додавання кальцієвмісної сировини з низьким вмістом сірки	Додавання кальцієвмісної сировини з низьким вмістом сірки; добавок з високим вмістом кальцію
Адсорбент	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaCO_3$
Ефективність скорочення викидів	HF	до 96 %	до 96 %	до 92 %
	$SO_x$	до 7 %	до 8 %	до 20 %
	HCl	0 %	до 18 %	до 57 %
	Пил	до 92 %	до 39 %	до 80 %

Приклад	5	6	7	8
Технологія	Сухе очищення димових газів за допомогою фільтра	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента	Каскадний адсорбер з шаром адсорбента
Сировина	Високосірчана глина	Малосірчана глина	Малосірчана глина	Малосірчана глина
Рівень викидів	$SO_x > 1500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x < 500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x < 500 \text{ мг/м}^3$	$SO_x < 500 \text{ мг/м}^3$
Заходи, інтегровані у технологічний процес				
Адсорбент	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaCO_3$
Ефективність скорочення викидів	HF	до 95 %	до 74 %	до 99 %
	$SO_x$	до 34 %	0 %	до 76 %
	HCl	до 83 %	0 %	до 94 %
	Пил	0 %	до 37 %	до 83 %

Таблиця 4.6. Ефективність зменшення викидів залежно від вмісту сірки у сировині

Стосовно цього питання див. Таблицю 3.8 і Таблицю 3.9, у яких наведені відповідні експлуатаційні параметри, концентрації забруднювачів у неочищених та очищених газах для печей, у яких виготовляють керамічні блоки та облицювальну цеглу [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

У Таблиці 4.7 наведено деякі приклади значень витрат на зниження таких викидів, як пил, неорганічні газоподібні сполуки та органічні газоподібні сполуки, за допомогою різних технологій зниження викидів – зокрема, для інвестиційних витрат, витрат на технічне обслуговування та сорбенти, а також експлуатаційних витрат. Проте цієї інформації недостатньо, щоб безпосередньо порівнювати окремі технології, оскільки реальні витрати будуть залежати від таких факторів, як витрата, рівень керування, значення викидів у неочищених газах, енергія, тощо. Мета цієї інформації – надати загальні уявлення про рівень інвестицій, які можуть бути потрібні для реалізації різних технологій [3, CERAME-UNIE, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].



Система/тип очищення	Сфера застосування	Абсорбент / адсорбент	Типові кількості / витрати для керамічної промисловості (факт. м <sup>3</sup> /год.) <sup>1)</sup>	Приблизні рекомендовані інвестиції (євро)	Технічне обслуговування (євро/рік)	Витрати на сорбенти (євро/тонна) (євро/рік)	Експлуатаційні витрати євро/т
<b>Зниження викидів пилу</b>							
Рукавний фільтр / камера з тканинними фільтрами	Цілі ділянки на заводі, ділянки підготовки, транспортування, зберігання, формування, передавання з місця на місце, тощо		Від 900 до 70000	6000 – 150000 (залежно від розміру та кількості коробів)			0,03 – 0,1
Центральний вакуумний пиловсмоктувач	Цілі ділянки на заводі, ділянки підготовки, транспортування, зберігання, формування, передавання з місця на місце, пічні вагонетки, тощо		Від 900 до 1000	25000 – 65000 (залежно від кількості коробів/труб)			
Система очищення пічних вагонеток (у різних виконаннях: з нерухомою насадкою, з рухомою насадкою, з підйманням та регулюванням полиці)	Пічні вагонетки		Від 8000 до 30000	40000 – 200000 (залежно від розміру та виконання)			
Електростатичний фільтр	Зниження викидів пилу для великих гарячих потоків		До 100000	1000000 – 3000000			0,1 – 0,2
<b>Зниження викидів неорганічних газоподібних сполук</b>							
Модульна система	Головним чином скорочення викидів HF	Ca(OH) <sub>2</sub> Стільниковий модуль	Дуже низькі витрати	45000 – 100000	~500	~46000 євро/рік	
Каскадний абсорбер з ущільненим шаром абсорбента	Головним чином скорочення викидів HF	CaCO <sub>3</sub>	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	40000 – 500000	~2000	30 – 55 євро/тонну (постаченої продукції) 4000 – 30000 євро/рік	23400 – 4800

Каскадний абсорбер з ущільненим шаром абсорбента	Головним чином скорочення викидів HF, HCL та SO <sub>x</sub>	Модифікований/виготовлений абсорбент	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	40000 – 500000	~2000	95 – 110 євро/тонну (постаченої продукції) До 60000 євро/рік	
<b>Зниження викидів неорганічних газоподібних сполук (продовження)</b>							
Абсорбер з ущільненим шаром абсорбента і зворотним потоком / послідовні модулі	Головним чином скорочення викидів HF, HCL та SO <sub>x</sub>	CaCO <sub>3</sub> та модифікований/виготовлений абсорбент	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	80000 – 800000	~2500	Відповідно 30 – 55 євро/тонну (постаченої продукції) та 95 – 110 євро/тонну (постаченої продукції)	
Сухе поглинання за допомогою рукавного фільтра (система з легким потоком)	Головним чином HF, HCL, SO <sub>x</sub> Скорочення викидів твердих часток	Ca(OH) <sub>2</sub> у різних формах	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	80000 – 1000000	~4000	95 – 110 євро/тонну (постаченої продукції) 8000 – 45000 євро/рік	107500 – 130700
Сухе поглинання за допомогою рукавного фільтра (система з легким потоком) з кондиціонуванням реагента	Головним чином HF, HCL та SO <sub>x</sub> Скорочення викидів твердих часток	Ca(OH) <sub>2</sub> у різних формах (з додаванням невеликої кількості води)	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	200000 – 1600000	~6500	95 – 110 євро/тонну (постаченої продукції) 8000 – 45000 євро/рік	107500 – 130700
Мокрий скруббер	Головним чином скорочення викидів твердих часток	Водний розчин лугу	Від 2500 до 140000 (без нижньої або верхньої межі)	400000 – 2000000	До 8000	95 – 110 євро/тонну (постаченої продукції) 8000 – 45000 євро/рік + вода	
<b>Зниження викидів органічних газоподібних сполук</b>							
Гермічне допалювання у терморекторі (зовнішнє)	Скорочення викидів летких органічних сполук		10000 – 50000	180000 – 420000	500 – 4500		
Внутрішнє спалювання газів обвуглювання	Скорочення викидів летких органічних сполук			42000 – 300000	500 - 8000		
Примітка. У стовпці «Типові кількості / витрати» та у стовпці «Приблизні рекомендовані інвестиції» вказані діапазони значень. Доцільно припустити, що невеликі значення факт. м <sup>3</sup> /год. відповідають невеликим значенням інвестицій у євро, а великі значення факт. м <sup>3</sup> /год. відповідають великим значенням інвестицій у євро. У середині діапазону значення збільшується не лінійно; зазвичай чим більше факт. м <sup>3</sup> /год. очищається, тим дешевші інвестиції на один факт. м <sup>3</sup> .							
1) Витрати наведені у «фактичних м <sup>3</sup> » (факт. м <sup>3</sup> на відміну від м <sup>3</sup> н.у., тобто за нормальних умов), оскільки очищувати потрібно реальні димові гази.							

**Таблиця 4.7. Витрати на зниження викидів пилу, неорганічних газоподібних сполук та органічних газоподібних сполук за допомогою різних технологій зниження викидів**

## **4.4. Технологічні стічні води**

### **4.4.1. Вода як сировина**

Вода – це дуже важлива сировина у галузях виробництва кераміки, проте кількість води, що використовується у різних секторах та процесах цієї галузі, суттєво різниться. Вода, додана безпосередньо у масу керамічної суміші, не призводить до проблем зі стічними водами, оскільки вона згодом випаровується у повітря на етапах сушіння та випалювання. Технологічні стічні води утворюються головним чином тоді, коли глиняні матеріали промиваються, і їх частки зважуються у проточній воді на різних етапах процесу виробництва.

### **4.4.2. Вода як теплоносії**

Вода виконує цю функцію в охолоджувальних гідравлічних системах та компресорах, тощо. Вода, що використовується з цією метою, повинна бути чистою і м'якою, щоб у теплообмінниках не утворювався накип. Використана вода може циркулювати у замкнених контурах, повертаючись назад після простих операцій охолодження та/або очищення: таким чином, споживання води відповідає кількості води, що випарувалася. Оскільки вода у замкнених контурах для операцій охолодження в більшості випадків хімічно підготовлена для запобігання корозії чи зброджуванню органічних речовин, виробничі стічні води зазвичай непридатні для очищення (на цю тему також див. Довідковий документ з НДТМ для промислових систем охолодження).

### **4.4.3. Вода як промивальна рідина для скрубєрів**

Вода також використовується у скрубєрах відпрацьованих газів (у системах мокрого очищення димових газів та мокрих пиловловлювачах). У цих системах можна використовувати перероблені технологічні стічні води, очищені за допомогою простих фізичних процедур (відстоювання з попередньою хімічною обробкою або без неї), які після цього можуть далі циркулювати або знову бути очищені.

### **4.4.4. Вода як миючий засіб**

Вода використовується для очищення обладнання – особливо установок для підготовки сировини, форм та іншого ливарного обладнання, глазурувальних ліній, установок для ангобування та інших операцій оздоблення. Очищення – це операція, у якій використовується більша частина води, і якою необхідно належним чином керувати, щоб заощадити ресурси і уникнути утворення технологічних стічних вод. Споживання води можна зменшити, якщо вода очищається і ще кілька разів використовується для очищення.

### **4.4.5. Цілі та рішення для зменшення кількості технологічних стічних вод (зменшення викидів та споживання)**

Цілі очищення води, що утворюється у процесах керамічного виробництва, полягають у зниженні споживання води та досягненні мінімальних викидів технологічних стічних вод. Для досягнення цих цілей застосовуються заходи з оптимізації технологічного процесу та системи очищення технологічних стічних вод.

#### 4.4.5.1. Оптимізація технологічного процесу

Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Мінімізація споживання води має принципове значення, і щоб досягти такого зниження споживання, можна реалізувати такі заходи з оптимізації технологічного процесу:

- дія на водяний контур, встановлення автоматичних клапанів, які запобігають протіканню води, коли вона більше не потрібна;
- встановлення на заводі системи високого тиску для очищення (або очисного обладнання, що працює під високим тиском);
- перехід з систем мокрогочислення відпрацьованих газів на альтернативні системи, які не споживають воду (очищення за допомогою систем сухого очищення відпрацьованих газів, див. розділи 4.2.3 та 4.3.4);
- встановлення систем збору відходів глазури «на місці»;
- встановлення трубопровідних систем для транспортування шлікеру;
- окреме збирання потоків технологічних стічних вод від різних етапів технологічного процесу;
- повторне використання технологічних стічних вод на тому ж етапі технологічного процесу, зокрема, багаторазове використання очисної води після належного очищення.

Міжсередовищні наслідки

Немає проблем.

Експлуатаційні параметри

Оптимальне рішення полягає у повторному використанні утворених технологічних стічних вод на тому ж етапі технологічного процесу. Щоб визначити максимальну кількість технологічних стічних вод, які можна повторно використати на заводі, та щоб спроектувати такі рішення, можна скласти водний баланс (так звані «масові витрати»), у якому будуть враховані всі точки та об'єми технологічних стічних вод, що утворюються у процесі, а також усі можливі способи їх використання.

З огляду на це у наступній таблиці наведені частки переробки технологічних стічних вод, яких можна досягти у різних секторах керамічної промисловості. Вказані дані є середніми частками та найбільшими частками, яких вдалося досягти, для окремих секторів цієї галузі у Німеччині, визначеними відносно кількості вироблених технологічних стічних вод [4, UBA, 2001].

Сектор	Середнє значення	Найбільша частка
Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги	70 – 80 %	100 %
Побутова кераміка	н/д	50 %
Сантехніка	30 – 50 %	50 %

**Таблиця 4.8. Частки повторного використання технологічних стічних вод, яких можна досягти у різних секторах керамічної промисловості**

У виробництві різних видів стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги спостерігалися різні досяжні частки повторного використання технологічних стічних вод, визначені відносно потрібної кількості технологічної води: від 10 % (неглазурований порцеляновий столовий посуд) до 70 % (глазурована плитка одинарного випалювання та глазурований порцеляновий столовий посуд) [6, Тімелліні, 2004].

Бажані частки переробки та повторного використання технологічних стічних вод досягаються за допомогою заходів з оптимізації технологічного процесу у поєднанні з застосуванням систем очищення технологічних стічних вод, згаданих у розділі 4.4.5.2.

#### Застосовність

Заходи з оптимізації технологічного процесу для мінімізації споживання води можна застосовувати у всіх секторах керамічної промисловості.

#### Економіка

Залежить від конкретного заходу/завдання для окремого випадку, проте мінімізація споживання води загалом призводить до зменшення витрат на свіжу воду.

#### Рушій для впровадження

Ефективне заощадження витрат на діючі процеси.

#### Приклади заводів та довідкова література

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

### 4.4.5.2. Системи очищення технологічних стічних вод

Корисна інформація на цю тему також наведена у Довідковому документі з НДТМ для загальних систем переробки/керування стічними водами та відпрацьованими газами у хімічній галузі.

#### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Основними системами очищення технологічних стічних вод є такі системи:

**Гомогенізація:** баки для гомогенізації використовуються для отримання сталого складу води, яку потрібно очистити, та усунення (наскільки це можливо) проблем, пов'язаних з відмінностями у складових води. Використання таких баків покращує протікання всіх наступних операцій очищення, оскільки отримана в результаті однорідність полегшує керування добавками до виробів та забезпечує сталу дію робочого обладнання.

**Аерація:** цей фізичний процес часто використовується в обробці води з різною метою – наприклад, для окиснення матеріалів, щоб вони в подальшому піддавалися флокуляції, збагачення киснем органічних сполук, присутніх у технологічних стічних водах, усунення неприємних запахів, тощо. У якості аераційного обладнання можуть використовуватися поверхневі мішалки або турбіни.

**Осаджування (відстоювання):** це часткове відділення твердих часток від рідини під дією сили тяжіння. Існують різні типи баків-відстійників: вони можуть бути прямокутними, круглими або пластинчастими.

**Фільтрування:** фільтрування полягає у відділенні зважених твердих часток від рідини шляхом пропускання суспензії через пористе середовище, у якому тверді частки затримуються, а рідина протікає наскрізь. У керамічній промисловості використовуються такі типи фільтрів, як глибинні фільтри, фільтри-преси та обертові вакуумні фільтри.

**Абсорбція активованим вугіллям:** цей вид очищення базується на здатності вуглецю інтенсивно поглинати молекули органічних сполук, присутні у воді. Ця система дуже добре підходить для видалення органічних сполук, які не піддаються біохімічному розкладанню.

**Хімічне осадження:** це процес для видалення розчинених компонентів шляхом їх осадження у вигляді нерозчинних сполук за допомогою реагентів, таких як вапно.

**Коагуляція та флокуляція:** мета такої обробки – забезпечити розпад колоїдної суспензії та агломерацію часток, наприклад, за допомогою галунів чи поліелектроліту та/або поєднання вапна і солей металів.

**Іонний обмін та зворотний осмос:** ці процеси призначені для видалення бору з очисної води, що надходить від ділянок глазурування та нанесення покриття. Зворотний осмос також використовується для зменшення об'єму технологічних стічних вод, що викидаються.

Застосування цих заходів – окремо або у поєднанні один з одним – дає змогу значно зменшити викиди технологічних стічних вод і знизити споживання води (також див. Таблицю 4.8).

#### Міжсередовищні наслідки

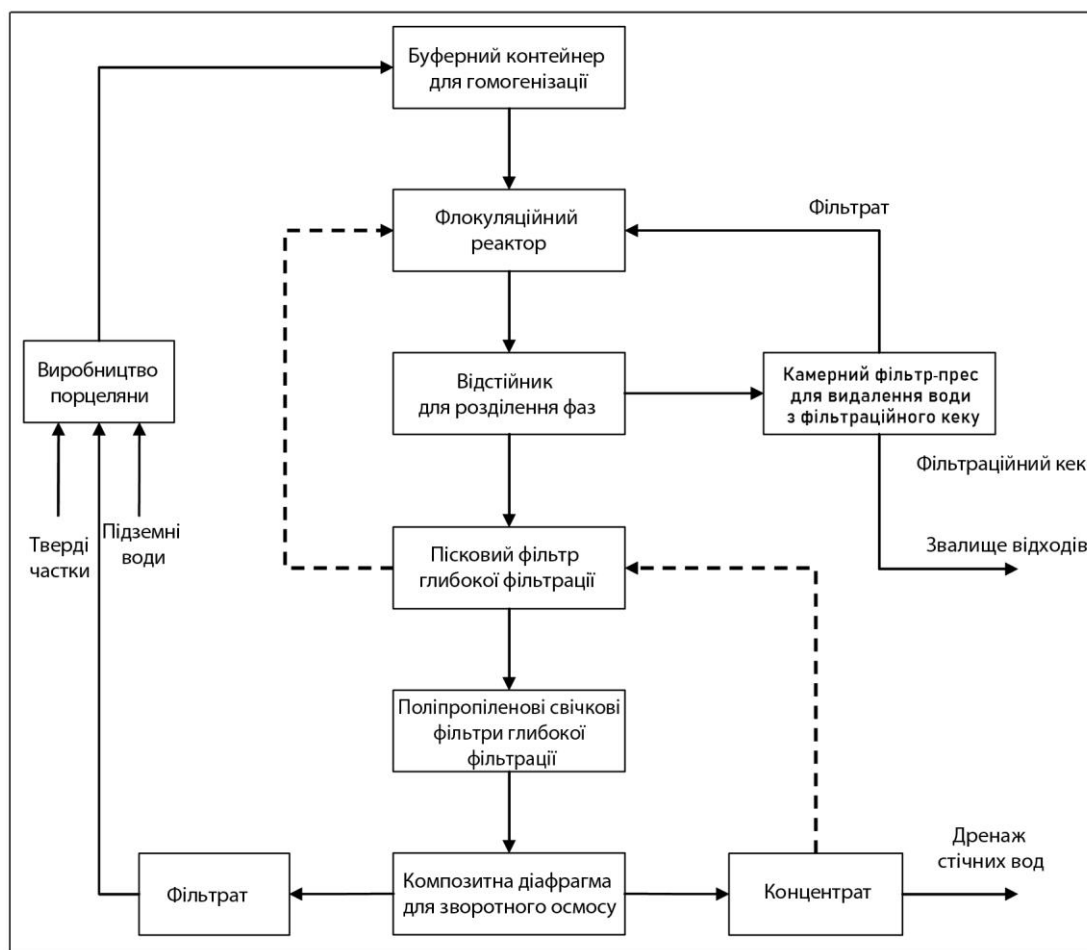
Осад / залишки фільтрування потрібно утилізувати, якщо їх не можна використати повторно (особливо якщо використовуються флокулянти, осаджувачі або абсорбенти).

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Системи очищення технологічних стічних вод можна застосовувати у всіх секторах керамічної промисловості, однак потрібно враховувати їх конкретне завдання:

- якщо технологічні стічні води будуть повторно використовуватися у процесі підготовки керамічної маси, очищення, в принципі, не потрібне, проте потрібен бак для гомогенізації, щоб забезпечити підтримання якомога більш сталих характеристик;
- якщо вода буде повторно використовуватися для очищення обладнання, якість води повинна бути вищою, тому необхідно виконати осадження, а потім аерацію, з наступною хімічною обробкою або без неї для усунення неприємних запахів;
- для надлишку технологічних стічних вод, який потрібно утилізувати за межами заводу, зазвичай потрібно застосувати поєднання операцій гомогенізації, флокуляції, осадження та фільтрування. Для зменшення об'єму технологічних стічних вод, що викидаються, після цих операцій також застосовується зворотний осмос.

У якості прикладу на наступному рисунку зображена технологічна схема установки очищення технологічних стічних вод на підприємстві з виробництва порцелянового столового посуду. Ця установка складається зі згаданих вище систем очищення технологічних стічних вод [4, УВА, 2001].



**Рисунок 4.16. Технологічна схема установки очищення технологічних стічних вод**

Стосовно цього питання див. Таблицю 3.38, у якій наведено відповідний аналіз технологічних стічних вод для кількох етапів технологічного процесу, та Таблицю 3.39, у якій наведено аналіз технологічних стічних вод для заводу з виробництва побутової кераміки, де очищення води здійснюється за допомогою процесу хімічного осадження.

Також див. Таблицю 3.49, де наведено аналіз очищених технологічних стічних вод, що надходять від процесу виробництва технічної кераміки (електроізоляторів), у якому очищення технологічних стічних вод здійснюється шляхом флокуляції, сепарації у відстійнику з відбійними перегородками та фільтрування за допомогою фільтр-преса, у той час як в Таблиці 3.50 також наведені концентрації забруднюючих речовин у технологічних стічних водах від підприємства, що виготовляє електроізолятори, після флокуляції, але без фільтрування.

### Економіка

Якщо технологічні стічні води потрібно утилізувати за межами заводу, для дотримання граничних рівнів, вказаних в існуючому законодавстві, необхідно застосовувати дороге поєднання кількох згаданих вище етапів очищення, серед яких – відстоювання, хімічне осадження, флокуляція та остаточна обробка на основі іонного обміну або зворотного осмосу.

Якщо очищену воду, що надходить від систем очищення технологічних стічних вод, можна повторно використати, витрати на свіжу воду зменшуються. За допомогою поєднання заходів з переробки / повторного використання технологічних стічних вод та заходів з оптимізації технологічного процесу, націлених на мінімізацію споживання води, можна заощадити кошти, що витрачаються на утилізацію відходів, утворених у результаті описаних вище операцій очищення.



### Рушій для впровадження

- вимоги законодавства;
- заощадження води та сировини.

### Приклади заводів та довідкова література

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Наварро, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [31, Пробст (Probst), 2005]

## **4.5. Технологічні втрати/відходи**

### **4.5.1. Шлам, що утворюється у ході виготовлення керамічних виробів**

#### **4.5.1.1. Системи переробки шламу**

##### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Переробка полягає у повторному використанні шламу в керамічних масах, як це відбувається з водними суспензіями та шлікерами, що містять керамічні матеріали, – наприклад, у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги (також див. розділ 2.3.5 та 3.3.5).

Системи переробки шламу можна легко реалізувати на об'єктах, де підготовка сировини здійснюється шляхом мокрого помолу, оскільки у цьому випадку шлам можна безпосередньо використати без будь-якої додаткової обробки або лише з простою фізичною чи фізико-хімічною обробкою. Додатковою перевагою є те, що воду, яка міститься у шламі, можна використати як воду для помолу. Якщо використовується сухий процес підготовки керамічної маси, то, хоча додавання шламу й не становить проблеми, керування стає складнішим, оскільки шлам потрібно попередньо висушити.

На наступному рисунку зображена схема установки для переробки шламу на заводі з виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги (з мокрим процесом) [4, UBA, 2001]. Шлам перекачується насосом зі складу шламу у 2-ступеневу просіювальну установку. Після цього він проходить через фільтр для видалення заліза, а потім подається на установку попереднього відкачування місткістю 3 м<sup>3</sup>. Звідси шлам перекачується у два буферні басейни місткістю 200 м<sup>3</sup>, які заповнюються поперемінно. Після перевірки характеристик шламу та отримання позитивного результату аналізу шлам подається в основний басейн для зберігання місткістю 400 м<sup>3</sup>. Керамічний шлам напівавтоматично транспортується з основного басейну для зберігання в контейнери для відмірювання пропорцій, звідки він подається у барабанні млини для різних порцій сировини.

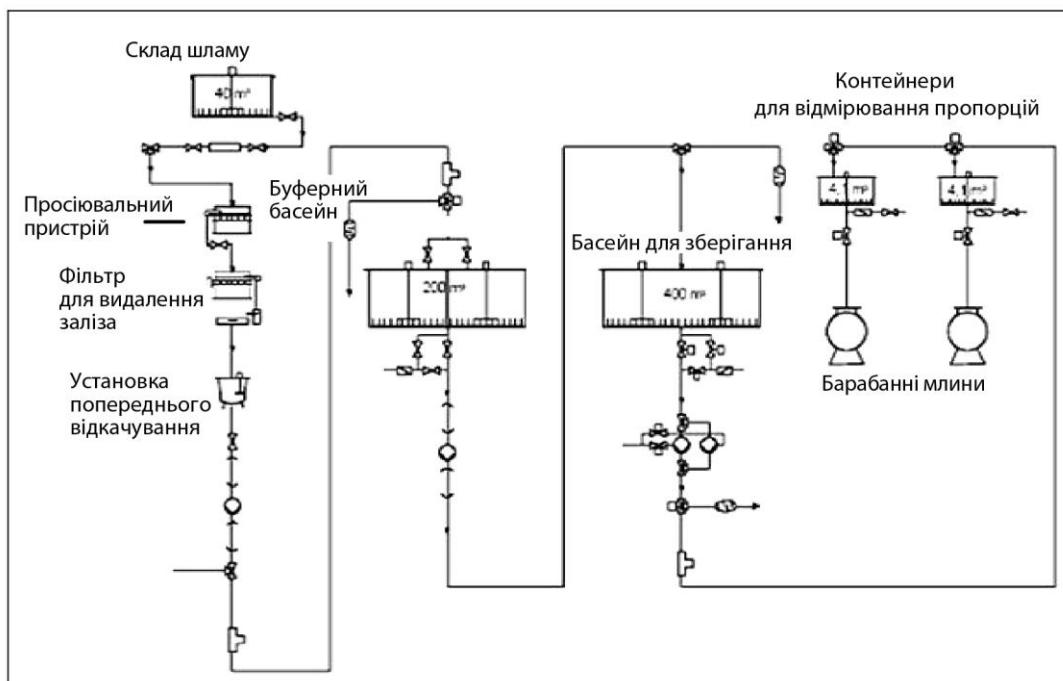


Рисунок 4.17. Схема установки для переробки шламу

Застосування системи переробки шламу дає змогу не лише зменшити споживання сировини та води, а й скоротити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

#### Міжсередовищні наслідки

Якщо перед повторним використанням шлам потрібно висушити, споживання енергії зростає. Необхідно звернути увагу на можливі негативні наслідки того факту, що забруднюючі речовини, які утворюються на даному етапі/ділянці технологічного процесу / заводу, такому як підготовка та нанесення глазури, вносяться на інший етап/ділянку, такий як підготовка керамічної маси. Належним рішенням для запобігання таким негативним наслідкам є засоби контролю газоподібних викидів та технологічних стічних вод.

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Кількість шламу, що утворюється на підприємстві з виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, варіюється в діапазоні 0,09 – 0,15 кг/м<sup>2</sup> готового виробу у перерахунку на суху речовину, тобто для виробу з керамічною масою 15 – 20 кг/м<sup>2</sup> вона відповідно становить 0,4 – 1,0 % (кг сухого шламу / кг керамічної маси). Якщо весь шлам від очищення стічних вод, що утворилися у ході процесу, повторно використовується у процесі підготовки керамічної маси, додана кількість шламу відносно кількості сировини, з якої складається керамічна маса, відповідно становить близько 0,4 – 1,0 % у перерахунку на суху речовину. Виявлено, що додавання 1 – 1,5 відсотка шламу до керамічних мас, підготовлених для виробництва плитки, у цілому не впливає на поведінку виробів під час процесу виробництва [10, Наварро, 1998], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

Відповідно, використання всього шламу у процесах мокрої помолу є технічно можливим і полегшує керування технологічним процесом – як з точки зору балансу мас, так і з точки зору результатуючих змін у поведінці виробів.

У випадку використання мокрих процесів, у яких завод з підготовки керамічної маси є окремим підприємством або розташований окремо від виробничих потужностей, шлам можна повертати автомобільним транспортом. Водні суспензії та шлам можна повертати у цистернах або передавати по трубопроводу.

Теоретично дуже доцільним здається використання шламу, що містить відходи глазурі, у якості складової глазурі. Проте основним недоліком цього процесу є суттєва неоднорідність складу шламу в різні моменти часу, зумовлена різноманітністю глазурей, що зазвичай одночасно використовуються у виробництві в більшості компаній. Крім того, такий шлам не може бути єдиним компонентом глазурі – він вважається добавкою (наприклад, використовується як флюс). Хоча це рішення може бути дуже доцільним у деяких випадках – особливо якщо на об'єкті використовується лише одна або декілька різних глазурей – використання цього виду шламу у підготовці глазурі не можна вважати універсальним рішенням.

Таким чином, повторне використання шламу може застосовуватися не у всіх випадках. За наявності особливих вимог до якості чи експлуатаційних показників шлам можна повторно використовувати лише в інших виробках (див. розділ 4.5.1.2).

#### Економіка

Переробка / повторне використання шламу позбавляє витрат на утилізацію, а отже, заощаджує кошти.

#### Рушій для впровадження

Заощадження коштів шляхом заощадження сировини і води та позбавлення відходів.

#### Приклади заводів та довідкова література

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [6, Тімелліні, 2004], [10, Наварро, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

### **4.5.1.2. Повторне використання шламу в інших виробках**

#### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Шлам можна повторно використовувати у секторах керамічної промисловості, відмінних від того сектора керамічного виробництва, в якому він утворюється, оскільки такі рішення можуть становити технічний інтерес або бути економічно вигідними. Наприклад, шлам від виробництва побутової кераміки чи сантехніки можна вносити як сировину/добавку у процес виготовлення керамічних блоків та виробництво спучених керамічних заповнювачів.

Це дає змогу, з одного боку, позбавитися відходів, а з іншого боку, заощадити сировину.

#### Міжсередовищні наслідки

Якщо перед повторним використанням шлам потрібно висушити, споживання енергії зростає. Необхідно звернути увагу на можливі негативні наслідки того факту, що забруднюючі речовини, які утворюються на даному етапі/ділянці технологічного процесу / заводу / галузі промисловості, такому як підготовка та нанесення глазурі у виробництві побутової кераміки, вносяться на інший етап/ділянку/сектор, такий як підготовка керамічної маси на цегельних заводах. Належним рішенням для запобігання таким негативним наслідкам є засоби контролю газоподібних викидів та технологічних стічних вод.

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Якщо шлам буде повторно використовуватися у виробництві будівельних матеріалів, необхідно врахувати температури плавлення глазурей, які входять до його складу, та його розріджувальні властивості, оскільки вони можуть впливати на властивості цих виробів.

## Економіка та рушій для впровадження

Заощадження коштів шляхом заощадження сировини та зменшення витрат на утилізацію.

### Приклади заводів та довідкова література

[3, CERAME-UNIE, 2003], [13, SYKE, 2004], [22, SYKE, 2004], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005]

#### **4.5.2. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи**

У цьому розділі розглядаються можливості зменшення кількості твердих відходів, що утворюються на кількох етапах технологічних процесів виробництва керамічної продукції. У цьому документі вже розглядалися установки/технології, які є джерелом технологічних втрат твердих речовин – наприклад, у частинах 2 та 4, де йдеться про технології зниження викидів пилу.

##### **4.5.2.1. Загальні міркування щодо повторного використання технологічних втрат твердих речовин у якості сировини**

Пил, зібраний під час навантаження, розвантаження, транспортування, механічних маніпуляцій та обробки сировини, зазвичай можна повторно використати у якості сировини. Наприклад, весь пил від фільтрів, зібраний під час зберігання сировини, можна повернути безпосередньо у процес виробництва або в силос, якщо застосовується місцеве очищення повітря за допомогою верхнього фільтра у даху силосу. Проте безпосереднє повернення пилу може бути неможливим у випадку роботи центральних пиловловлювачів, оскільки при цьому змішуються різні види сировини.

Крім того, технологічні втрати, які утворюються перед випалюванням, зазвичай можна повторно використати у якості сировини, додавши їх до суміші сировини. Основними технологічними втратами, що утворюються у процесі формування, є обрізки, використані гіпсові форми, а також пил. Шматки, обрізані пресом, часто зіштовхуються з пресувального стола, збираються під пресом і повертаються безпосередньо в місце зберігання матеріалів для пресу. Крім того, пил або обрізки часто повертаються як компоненти шихти у шлікер для лиття або у кам'яні маси. Використані гіпсові форми можуть бути повторно використані у цементній промисловості або, після дроблення та розмелювання, частково використані у промисловості з виробництва добрив.

Пил, що утворюється в системі очищення димових газів, можна повторно використати лише за певних умов, оскільки цей пил може містити високі концентрації сірки та фтору. Додавання цього пилу до суміші сировини може збільшити викиди HF та SOX у процесі випалювання. Крім того, пил від системи очищення димових газів може містити частки адсорбента, такого як вапно – наприклад, якщо використовується адсорбційна система, що містить вапно, – які впливають на властивості виробів. Тому окреме відведення різних потоків відпрацьованих газів дає змогу оптимально використати технологічні втрати, які містять багато пилу. У виробництві спучених керамічних заповнювачів пил у більшості випадків можна переробити.

Гіпс, що утворюється під час очищення димових газів, особливо у виробництві спучених керамічних заповнювачів або у цегляній та черепичній промисловості, не можна повторно використати у тому ж процесі, проте можна використати у цементній промисловості у якості регулятора твердіння. Матеріали, які неможливо переробити тут же на заводі, вивозяться з заводу для використання в інших галузях промисловості або на підприємства з переробки або утилізації відходів.

Випалені вироби, які не підходять для продажу (розбита продукція) та зламана пічна арматура, а також розбитий вогнетривкий матеріал з печей, у деяких випадках можна повторно використати як сировину після розмелювання. Розбиті вироби, які не можна повторно використати в цьому ж процесі, іноді можна використати як вхідну сировину в інших галузях промисловості – наприклад, розбиті неорганічні абразивні круги зі зв'язкою використовуються як вогнетривкий матеріал у сталеплавильних печах або як заповнювач у будівництві доріг. Розбиту цеглу можна використовувати, наприклад, як субстрат для озеленених дахів, тенісних кортів, або як заповнювач для спеціального бетону.

У порівнянні з утилізацією відходів на звалищах, повторне використання технологічних втрат твердих речовин забезпечує такі переваги:

- зменшення кількості сировини, що використовується;
- скорочення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище;
- повторне використання технологічних втрат твердих речовин позбавляє витрат на утилізацію та деяких витрат на сировину, а отже, заощаджує кошти.

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [26, UBA, 2005], [28, Шорхт, 2005]

#### **4.5.2.2. Загальні міркування щодо гіпсових форм, пічної арматури та розбитих виробів – уникнення / заміна / зменшення кількості відходів**

Застосування сучасних технологій у процесах формування відкриває значні можливості для запобігання утворенню відходів. Такі процеси, як лиття зі шлікеру в гіпсові форми, можна замінити установкою для лиття зі шлікеру під тиском у полімерні форми. Цей метод позбавляє необхідності використовувати гіпсові форми, а крім того, дає змогу заощадити до 20 % сировини і зменшує кількість утвореного білого шламу. Використання ізостатичних пресів з полімерними формами також дозволяє відмовитися від гіпсових форм. У деяких секторах – наприклад, у виробництві черепиці – замість відкритих гіпсових форм можна використовувати закриті металеві форми. Проте заміна гіпсових форм можлива лише за умови будівництва нової ливарної установки або докорінної модернізації старої, а це дорого і тому складно, особливо для підприємств з малим об'ємом виробництва. У деяких випадках використання гіпсових форм може створювати проблеми з якістю, оскільки для них властиве утворення гострих країв. Крім того, у металевих формах вода, що виходить з глини у процесі лиття в форму, вичерпується значно повільніше, ніж у гіпсових формах.

Кількість використаних гіпсових форм також можна зменшити шляхом збільшення терміну служби гіпсових форм. За допомогою автоматичних мішалок для гіпсу та вакуумних мішалок для гіпсу можна виготовляти твердіші гіпсові форми, а це означає, що термін служби форм збільшується вдвічі-втричі. Проте, наприклад, у процесі мокрого пресування керамічної черепиці твердість гіпсу зазвичай неможливо збільшити. Потрібно віднайти оптимальний компроміс між пористістю та твердістю поверхні, щоб забезпечити дотримання вимог до видалення води та зносостійкості.

У процесі випалювання також існують заходи для безпосереднього запобігання утворенню відходів за допомогою сучасних технологій. Якщо замість випалювання у тунельній печі в капсулах чи на стелажах використовуються системи швидкого випалювання, як-от печі з роликівим подом, можна зменшити кількість (використаної) пічної арматури, проте у цьому випадку слід враховувати, що термін служби пічної арматури залежить від температури (яка у печах з роликівим подом зазвичай вища) та від вантажних операцій (які при швидкому випалюванні виконуються частіше, оскільки час випалювання коротший). Крім того, при швидкому випалюванні виникає більше бракованих керамічних виробів – наприклад, плитки, – якщо форма виробу складна, оскільки цей процес підходить головним чином для плоских виробів, а тому застосовний не у всіх випадках.

Частку виробів, розбитих у процесі випалювання, можна зменшити шляхом точного електронного регулювання кривої випалювання та оптимізації садки [4, UBA, 2001], [23, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

## 4.6. Загальні міркування щодо шуму

У цьому розділі розглядаються можливості зниження рівня шуму, що створюється на кількох етапах технологічних процесів виробництва керамічної продукції. З одного боку, в цьому документі вже розглядалися деякі установки, що створюють шум / технології, що застосовуються для боротьби з ним, а з іншого боку, багато аспектів шуму практично не залежать від конкретних секторів.

Випромінювання шуму часто можна знизити шляхом вживання заходів безпосередньо у джерелі шуму. Основними джерелами шуму є, наприклад, пневматичні системи очищення фільтрів, компресори, двигуни агрегатів для підготовки матеріалів, а також агрегати для вантажних операцій. Захист від шуму можна забезпечити шляхом огороження агрегатів, що створюють шум, або шляхом будівництва шумозахисних стін. Дуже ефективними є подвійні стіни або обшивка конструкціями з двома оболонками, оскільки додатковий шар повітря між першою та другою стіною гарантує вищий ступінь захисту від шуму.

Вібрації та шум, що створюються кількома видами обладнання (наприклад, пресами, обладнанням для дроблення та перемішування), не можна ефективно знизити за допомогою згаданих вище заходів, тому необхідно запобігати поширенню вібрацій та шуму шляхом влаштування віброізоляції. Ефективними заходами для зменшення вібрації та шуму є металеві підвіски, гумо-металеві з'єднання та компоненти, виготовлені з повсті, гуми або пробки, а також віброізоляція всієї опорної плити шаром бітуму чи влаштування окремого фундаменту двигуна. Серед інших заходів зі зниження шумового випромінювання біля агрегатів – встановлення глушників на джерелах шуму та заміна вентиляторів, які швидко обертаються, більшими вентиляторами, які обертаються повільніше.

Якщо вказані вище заходи для захисту від шуму неможливо застосувати, і якщо агрегати, що створюють багато шуму, неможливо перемістити в інше місце всередині будівлі, необхідно вжити вторинних заходів для захисту від шуму – часто пов'язаних із самою будівлею. Захист можна забезпечити шляхом збільшення товщини стін та влаштування звукоізоляції вікон (використання багатопакетних вікон, які також допомагають зменшити витрати на опалення), які потрібно тримати зачиненими під час шумних операцій. Однак у цьому контексті слід зазначити, що необхідність закривання вікон часто призводить до встановлення (дорогих та енергоємних) вентиляційних систем, що диктується умовами на робочих місцях. Крім того, вікна, ворота та надвірні установки, які створюють багато шуму, можна перенести подалі від сусідніх житлових територій.

На шумове випромінювання також впливає манера роботи працівників. Якщо через ворота немає постійного наскрізного руху, вони повинні бути закриті, а обережне водіння вантажівок та вилкових навантажувачів на майданчику також зменшує шумове випромінювання. Окрім цього, роботи, які створюють багато шуму, повинні бути обмеженими в часі – наприклад, ввечері та вночі слід уникати звалювання розбитих виробів або руху вилкових навантажувачів під відкритим небом. Зниженню рівня шуму також сприяє регулярне технічне обслуговування агрегатів шляхом змащування, а також вчасна заміна глушників [4, UBA, 2001].

Оскільки рушієм для впровадження заходів для захисту від шуму зазвичай є вимоги законодавства (захист околиць або робочих місць), з економічної точки зору їх впровадження є головним чином питанням витрат, особливо якщо воно потребує будівельних заходів.



## 4.7. Інструменти керування навколишнім середовищем

### Опис

Найкращі екологічні показники зазвичай досягаються шляхом встановлення найкращих технологій і максимально дієвої та ефективної їх експлуатації. Це відображається у визначенні «технологій» у Директиві щодо Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС): ними вважаються «*як технології, що використовуються на установці, так і способи проектування, будівництва, технічного обслуговування, експлуатації установки та її виведення з експлуатації*».

Для установок комплексного запобігання та контролю забруднень система керування навколишнім середовищем (EMS) є інструментом, за допомогою якого оператори можуть систематично і очевидно вирішувати ці питання, пов'язані з проектуванням, будівництвом, технічним обслуговуванням, експлуатацією та виведенням з експлуатації. Система керування навколишнім середовищем охоплює організаційну структуру, обов'язки, практичні підходи, процедури, процеси та ресурси для розробки, реалізації, підтримки, аналізу та моніторингу екологічної політики. Системи керування навколишнім середовищем є найбільш дієвими та ефективними у тому випадку, коли вони є невід'ємною частиною загального керування та експлуатації установки.

У Європейському Союзі багато організацій добровільно вирішили впровадити системи керування навколишнім середовищем за стандартом EN ISO 14001:2004 або Схему екологічного менеджменту та аудиту ЄС (EMAS). Схема екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) містить вимоги до систем керування, встановлені стандартом EN ISO 14001, проте акцентує додаткову увагу на дотриманні законодавчих вимог, екологічних показників та залученні працівників; вона також вимагає зовнішньої верифікації системи керування та затвердження публічного звіту про вплив на навколишнє середовище (у стандарті EN ISO 14001 альтернативою зовнішній верифікації є самодекларація). Також існує багато організацій, які вирішили впровадити нестандартизовані системи керування навколишнім середовищем.

Як стандартизовані системи (за стандартом EN ISO 14001:2004 та Схемою екологічного менеджменту та аудиту – EMAS), так і нестандартизовані («індивідуальні») системи, по суті, розглядають *організацію* у цілому, у той час як в даному документі використовується більш вузький підхід: цей документ не охоплює всі види діяльності організацій (наприклад, пов'язані з їх продукцією та послугами), оскільки у Директиві з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС) регульованою господарською одиницею є *установка* (згідно з визначенням у Статті 2).

Система керування навколишнім середовищем (EMS) для установки комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС) може складатися з таких компонентів:

- (a). визначення екологічної політики;
- (b). планування та встановлення цілей і цільових показників;
- (c). впровадження і виконання процедур;
- (d). заходи з перевірки та усунення порушень;
- (e). аналіз системи керування;
- (f). підготовка регулярних звітів про вплив на навколишнє середовище;
- (g). затвердження сертифікаційним органом або стороннім перевіряльником систем керування навколишнім середовищем;
- (h). проектні міркування щодо виведення заводу з експлуатації після завершення його життєвого циклу;
- (i). розробка екологічно чистіших технологій;
- (j). бенчмаркінг (еталонне порівняння).

Ці функції дещо детальніше пояснені нижче. Для отримання детальної інформації щодо компонентів з (a) по (g), кожен з яких входить до складу Схеми екологічного менеджменту та аудиту (EMAS), читачу пропонується скористатися довідковою літературою, вказаною нижче.



## (a) Визначення екологічної політики

Керівництво вищої ланки відповідальне за те, щоб визначити екологічну політику для установки та переконатися, що вона:

- відповідає характеру та масштабу відповідних видів діяльності, а також їх впливу на навколишнє середовище;
- містить зобов'язання запобігати та контролювати забруднення;
- містить зобов'язання дотримуватися всіх актуальних і застосовних законів та норм щодо охорони навколишнього середовища, а також інших вимог, до яких організація приєдналася;
- забезпечує механізм для встановлення та аналізу екологічних цілей та цільових показників;
- задокументована і повідомлені всім працівникам;
- доступна громадськості і всім зацікавленим сторонам.

## (b) Планування, тобто:

- процедури визначення екологічних аспектів діяльності установки для визначення тих видів діяльності, які суттєво впливають або можуть впливати на навколишнє середовище, та підтримання цієї інформації в актуальному стані;
- процедури для визначення і отримання доступу до правових та інших вимог, до яких приєдналася організація, і які стосуються екологічних аспектів її діяльності;
- встановлення та аналіз задокументованих екологічних цілей та цільових показників з урахуванням правових та інших вимог і точок зору зацікавлених сторін;
- встановлення і регулярне оновлення програми керування навколишнім середовищем, включно з розмежуванням відповідальності за досягнення цілей та цільових показників для кожної відповідної функції та рівня, а також засобів та часових рамок, у межах яких їх необхідно досягти.

## (c) Впровадження і виконання процедур

Важливо мати у розпорядженні системи, які дають змогу переконатися, що про процедури знають, їх розуміють і дотримуються. Тому ефективне керування навколишнім середовищем охоплює такі складові:

## (i) Структура та відповідальність

- визначення, документування та повідомлення ролей, обов'язків та повноважень, у тому числі призначення одного конкретного представника керівництва;
- надання ресурсів, необхідних для реалізації та контролю системи керування навколишнім середовищем, включно з кадровими ресурсами та спеціалізованою кваліфікацією, технологіями і фінансовими ресурсами.

## (ii) Навчання, обізнаність та компетенція

- визначення потреб у навчанні персоналу, яке гарантуватиме, що весь персонал, чия робота може суттєво впливати на наслідки діяльності для навколишнього середовища, пройшов належне навчання.

## (iii) Зв'язок

- впровадження та підтримання процедур для внутрішнього зв'язку між різними рівнями та функціями установки, а також процедур, які сприяють діалогу зі сторонніми зацікавленими особами, та процедур для отримання, документування та, якщо це доцільно, відповіді на відповідні повідомлення від зовнішніх зацікавлених осіб.

## (iv) Залучення працівників

- залучення працівників у процес, націлений на досягнення високого рівня екологічних показників, шляхом організації різних форм участі, таких як система книг пропозицій або проектна групова діяльність чи комісії з охорони навколишнього середовища.

- (v) Документація
    - створення та підтримання в актуальному стані інформації у паперовій чи електронній формі для опису ключових елементів системи керування та їх взаємодії і для надання посилань на пов'язану документацію.
  - (vi) Ефективне керування технологічними процесами
    - належне керування технологічними процесами у всіх режимах роботи, тобто під час підготовки, пуску, штатної експлуатації, зупинки та в аномальних умовах;
    - визначення ключових робочих показників та методів вимірювання і контролю цих параметрів (наприклад, витрати, тиску, температури, складу та кількості);
    - документування та аналіз аномальних умов експлуатації з метою виявлення корінних причин та їх наступного усунення для виключення повторного виникнення цих подій (цього можна досягти, впровадивши політику відмови від пошуку винних, у якій визначення причин є більш важливим, ніж пошук винної особи).
  - (vii) Програма технічного обслуговування
    - впровадження структурованої програми технічного обслуговування на основі технічних описів обладнання, норм, тощо, а також усіх відмов обладнання та їх наслідків;
    - доповнення програми технічного обслуговування належними системами ведення записів та діагностичним випробуванням;
    - чітке розмежування відповідальності за планування та виконання технічного обслуговування.
  - (viii) Аварійна готовність та реагування
    - впровадження та підтримка процедур для визначення потенційних нештатних та аварійних ситуацій і реагування на них та для запобігання і пом'якшення впливів на навколишнє середовище, які можуть бути з ними пов'язані.
- (d) Заходи з перевірки та усунення порушень, тобто:
- (i) Моніторинг та вимірювання
    - впровадження та підтримка документально оформлених процедур для регулярного моніторингу і вимірювання ключових характеристик операцій та видів діяльності, які можуть суттєво впливати на навколишнє середовище, серед яких – реєстрація інформації для відстежування робочих показників, відповідні засоби оперативного контролю та дотримання екологічних цілей та цільових показників установки (*також див. Довідковий документ з моніторингу викидів*);
    - впровадження та підтримка документально оформленої процедури для періодичної оцінки дотримання відповідного законодавства та норм щодо охорони навколишнього середовища;
  - (ii) Заходи з усунення та профілактики порушень
    - впровадження та підтримка процедур для розмежування відповідальності та повноважень при усуненні та розслідуванні невідповідностей умовам надання дозволу, іншим правовим вимогам, а також цілям та цільовим показникам, для вживання заходів для пом'якшення будь-яких спричинених наслідків та для ініціювання і доведення до кінця заходів з усунення та профілактики порушень, які відповідають величині проблеми і сумірні з виявленим впливом на навколишнє середовище.
  - (iii) Ведення записів
    - впровадження та підтримка процедур для пошуку, зберігання та розпорядження розбірливими, доступними для ідентифікації та відстежуваними записами про навколишнє середовище, включно з записами про навчання та результатами аудитів та аналізів.

## (iv) Аудит

- впровадження та підтримка програм(и) та процедур для проведення періодичних аудитів системи керування навколишнім середовищем, до складу яких входять обговорення з персоналом, огляд робочих умов і обладнання та аналіз записів і документації, і за результатами яких складається письмовий звіт, – неупереджено та об'єктивно самим персоналом (внутрішні аудити) або сторонніми організаціями (зовнішні аудити) – з метою визначення, чи відповідає система керування навколишнім середовищем запланованим механізмам, і чи правильно вона реалізована та підтримується. Ці програми та процедури встановлюють обсяг, частоту та методики аудиту, а також відповідальність та вимоги до проведення аудитів та звітування про результати;
- проведення аудиту або циклу аудиту (залежно від конкретних обставин) з періодичністю не більше, ніж три роки, залежно від характеру, масштабу та складності видів діяльності, значимості відповідних впливів на навколишнє середовище, важливості та терміновості проблем, виявлених у ході попередніх аудитів, та історії екологічних проблем – для складніших видів діяльності, які більш суттєво впливають на навколишнє середовище, аудит проводиться частіше;
- забезпечення наявності належних механізмів, які дають змогу переконатися, що результати аудиту були належним чином враховані.

## (v) Періодична оцінка дотримання законодавства

- аналіз дотримання застосовного законодавства щодо охорони навколишнього середовища, та умов надання природоохоронного дозволу (дозволів), виданих для установки;
- документальне оформлення оцінки.

## (e) Аналіз системи керування, тобто:

- аналіз керівництвом верхньої ланки з визначеною ним періодичністю системи керування навколишнім середовищем, метою якого є переконатися, що вона продовжує бути придатною, повноцінною та дієвою;
- перевірка на предмет того, чи зібрана вся необхідна інформація, за допомогою якої керівництво зможе виконати цю оцінку.
- документальне оформлення аналізу.

## (f) Підготовка регулярних звітів про вплив на навколишнє середовище:

- підготовка звіту про вплив на навколишнє середовище, у якому особлива увага звернена на результати, яких досягла установка з огляду на її екологічні цілі та цільові показники. Цей звіт складається регулярно – раз на рік або рідше, залежно від важливості викидів, утворення відходів, тощо. Він враховує інформаційні потреби відповідних зацікавлених сторін і знаходиться у відкритому доступі (наприклад, в електронних публікаціях, у бібліотеках, тощо).

При складанні звіту оператор може використовувати відповідні існуючі екологічні показники, переконавшись, що вибрані показники:

- i. дають точну оцінку результатів роботи установки;
- ii. зрозумілі і недвозначні;
- iii. можуть бути порівняні за різні роки для оцінки розвитку екологічних показників установки;
- iv. за потреби можуть бути порівняні з галузевими, національними або регіональними орієнтирами;
- v. за потреби можуть бути порівняні з нормативними вимогами.

(g) Затвердження сертифікаційним органом або стороннім перевіряльником систем керування навколишнім середовищем:

- перевірка та затвердження системи керування, процедури аудиту та звіту про вплив на навколишнє середовище акредитованим сертифікаційним органом або стороннім перевіряльником систем керування навколишнім середовищем, може, за умови правильного виконання, підвищити достовірність результатів, які надає система.

(h) Проектні міркування щодо виведення заводу з експлуатації після завершення його життєвого циклу:

- якщо вплив майбутнього виведення установки з експлуатації на навколишнє середовище заздалегідь врахований на етапі проектування нового заводу, виведення з експлуатації буде простішим, екологічно чистішим і дешевшим;
- виведення з експлуатації породжує ризик для навколишнього середовища, пов'язаний з забрудненням землі (та підземних вод). Крім того, при цьому утворюється велика кількість твердих відходів. Профілактичні технології залежать від конкретного процесу, проте загальні міркування можуть охоплювати такі моменти:
  - i. уникнення влаштування підземних конструкцій;
  - ii. реалізація особливостей, які полегшують демонтаж;
  - iii. вибір таких видів покриття поверхонь, які можна легко очистити від забруднень;
  - iv. використання конфігурації обладнання, яка мінімізує затримання пилу і забезпечує можливість зливання води або миття;
  - v. проектування гнучких, автономних агрегатів, які можна закривати поетапно;
  - vi. використання за можливості біорозкладних матеріалів та матеріалів, які можна переробити.

(i) Розробка екологічно чистіших технологій:

- захист навколишнього середовища повинен бути невід'ємною складовою усіх видів діяльності з проектування процесу, що виконуються оператором, оскільки технології, реалізовані на якомога ранішому етапі проектування, є водночас найефективнішими і найдешевшими. Розробку екологічно чистіших технологій можна розглянути, наприклад, за допомогою науково-дослідної діяльності або вишукувань. У якості альтернативи внутрішнім роботам можна вжити заходів, щоб іти в ногу та, якщо це доцільно, делегувати роботу іншим операторам або дослідним інститутам, що працюють у відповідній сфері.

(j) Бенчмаркінг, тобто:

- виконання систематичних та регулярних порівнянь з галузевими, національними чи регіональними орієнтирами, зокрема, стосовно енергоефективності та заходів з енергозбереження, вибору вхідних матеріалів, викидів у повітря та скидів у воду (користуючись, наприклад, Європейським реєстром викидів забруднюючих речовин – EPER), споживання води та утворення відходів.

Стандартизовані та нестандартизовані системи керування навколишнім середовищем:

Система керування навколишнім середовищем (EMS) може бути реалізована як стандартизована або нестандартизована («індивідуальна») система. Реалізація та дотримання визнаної на міжнародному рівні стандартизованої системи, такої як EN ISO 14001:2004, може посилити достовірність результатів, отриманих за допомогою системи керування навколишнім середовищем, особливо якщо вона пройшла належним чином виконану зовнішню верифікацію. Схема екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) додатково посилює достовірність завдяки взаємодії з громадськістю через звіти про вплив на навколишнє середовище та механізм забезпечення дотримання застосовного законодавства щодо охорони навколишнього середовища. Проте нестандартизовані системи можуть, в принципі, бути не менш ефективними, за умови, що вони належним чином спроектовані та реалізовані.

Вигоди для навколишнього середовища, яких вдається досягти

Реалізація та дотримання системи керування навколишнім середовищем зосереджує увагу оператора на екологічних показниках установки. Зокрема, технічне обслуговування та дотримання чітких експлуатаційних процедур як у нормальних, так і в аномальних ситуаціях, і відповідні сфери відповідальності повинні забезпечувати дотримання в будь-який момент часу умов надання дозволів на установку та інших екологічних цільових показників і цілей.

Системи керування навколишнім середовищем зазвичай забезпечують постійне покращення екологічних показників установки. Чим гірша початкова ситуація, тим більш помітних короточасних покращень можна очікувати. Якщо установка вже має хороші загальні екологічні показники, система допомагає оператору підтримувати показники на високому рівні.

Міжсередовищні наслідки

Технології керування навколишнім середовищем призначені для контролю загального впливу на навколишнє середовище, як і передбачено комплексним підходом Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІППС).

Експлуатаційні параметри

Конкретної інформації не надходило.

Застосовність

Описані вище компоненти зазвичай можуть застосовуватися до всіх установок комплексного запобігання та контролю забруднень. Обсяг (наприклад, ступінь деталізації) та характер системи керування навколишнім середовищем (наприклад, стандартизована чи нестандартизована) загалом пов'язаний з характером, масштабом та складністю установки та діапазоном впливів на навколишнє середовище, які вона може створювати.

Економіка

Вартість та економічні переваги впровадження та підтримання хорошої системи керування навколишнім середовищем важко точно визначити. Нижче наведено кілька досліджень. Проте це лише приклади, і їх результати не повністю узгоджені. Вони можуть відображати ситуацію не для всіх секторів на території ЄС, тому на них слід зважати обережно.

У шведському дослідженні, проведеному в 1999 році, було опитано всі 360 компаній у Швеції, сертифікованих за стандартом ISO та зареєстрованих у Схемі екологічного менеджменту та аудиту (EMAS). З урахуванням того, що відповіді було отримано від 50 % компаній, було зроблено, зокрема, такі висновки:

- витрати на впровадження та використання систем керування навколишнім середовищем високі, проте не настільки, щоб це було невинуватим, за винятком дуже маленьких компаній. Очікується, що в майбутньому витрати будуть зменшуватися;
- можливий спосіб зниження витрат вбачається у вищому ступені координації та інтеграції систем керування навколишнім середовищем з іншими системами керування;
- половина всіх екологічних цілей та цільових показників окупаються протягом одного року за рахунок заощадження витрат та/або збільшення прибутку;
- великих заощаджень коштів вдалося досягти за рахунок скорочення витрат на енергію, обробку відходів та сировину;
- більшість компаній вважають, що система керування навколишнім середовищем посилила їх позицію на ринку. Третина компаній повідомляють про збільшення прибутку завдяки системі керування навколишнім середовищем.

У деяких країнах-членах з установки стягується менший збір за нагляд, якщо вона сертифікована.

Ряд досліджень<sup>1</sup> показали, що між розміром компанії та вартістю реалізації системи керування навколишнім середовищем існує зворотна залежність. Подібна зворотна залежність існує між періодом окупності інвестованого капіталу. З обох цих моментів випливає, що відношення «затрати-вигоди» від реалізації системи керування навколишнім середовищем менш сприятливе для малого та середнього бізнесу, ніж для великих компаній.

Згідно зі шведським дослідженням, середня вартість створення та використання системи за стандартом ISO 14001 може різнитися:

- для компаній з 1-49 працівниками: 64000 швейцарських франків (44000 євро) для створення системи керування навколишнім середовищем та 16000 швейцарських франків (11000 євро) на рік для її використання.
- для промислового об'єкта з більш ніж 250 працівниками: 367000 швейцарських франків (252000 євро) для створення системи керування навколишнім середовищем та 155000 швейцарських франків (106000 євро) на рік для її використання.

Ці середні цифри не обов'язково відображають фактичні витрати для окремо взятого промислового об'єкта, оскільки ці витрати суттєво залежать від кількості значимих елементів (забруднюючих речовин, споживання енергії...) та від складності проблем, які потрібно дослідити.

У нещодавньому німецькому дослідженні (Шальтеггер, Штефан (Schaltegger, Stefan) та Вагнер, Маркус (Wagner, Marcus), *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen – der aktuelle Stand der Praxis* («Керування навколишнім середовищем у німецьких компаніях – сучасний стан справ на практиці»), лютий 2002, с. 106) наведені наступні витрати на впровадження Схеми екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) для різних галузей. *Можна помітити, що ці цифри набагато нижчі, ніж у процитованому вище шведському дослідженні. Це підтверджує складність визначення витрат на створення системи керування навколишнім середовищем.*

#### Витрати на створення (євро):

мінімум – 18750  
максимум – 75000  
середнє значення – 50000

#### Витрати на затвердження (євро):

мінімум – 5000  
максимум – 12500  
середнє значення – 6000

У дослідженні Німецького інституту підприємців (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung – Öko-Audit in der mittelstandischen Praxis – Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis* («Дослідження керування навколишнім середовищем – Екологічний аудит у практиці середнього бізнесу – Оцінка та підходи до підвищення ефективності систем керування навколишнім середовищем на практиці»), Бонн) наведена інформація про середні заощадження, досягнуті для Схеми екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) за рік, та середній час окупності. Наприклад, дослідження виявило, що для витрат на впровадження, які становлять 80000 євро, середні заощадження становлять 50000 євро на рік, а отже, відповідний час окупності становить приблизно півтора року.

<sup>1</sup> Наприклад: Диллік (Dyllick) та Хамшмідт (Hamschmidt) (2000, 73) цитата за джерелом: Клеміш Х. (Klemisch H.) та Р. Хольгер (R. Holger), *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen – Befunde bisheriger Umsetzung* («Системи керування навколишнім середовищем в малому та середньому бізнесі – результати попереднього впровадження»), KNI Papers 01/02, січень 2002 року, с. 15; Клаусен Дж. (Clausen J.), М, Кейль (M. Keil) та М. Юнгвірт (M. Jungwirth), *The State of EMAS in the EU. Eco-Management as a Tool for Sustainable Development – Literature Study* («Місце Схеми екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) в екологічному менеджменті ЄС у якості інструмента для сталого розвитку – Дослідження літератури»), Інститут екологічно-економічних досліджень (Берлін) та Екологічний інститут міжнародної та європейської екологічної політики (Берлін), 2002, с. 15.



Зовнішні витрати, пов'язані з верифікацією системи, можна оцінити за методичним керівництвом, випущеним Міжнародним форумом з акредитації (<http://www.iaf.nu>).

#### Рушії для впровадження

Системи керування навколишнім середовищем можуть надавати ряд переваг, наприклад:

- краще розуміння екологічних аспектів діяльності компанії;
- краща основа для прийняття рішень;
- краща мотивація персоналу;
- додаткові можливості зниження експлуатаційних витрат та покращення якості продукції;
- кращі екологічні показники;
- краща репутація компанії;
- зменшення витрат, зумовлених відповідальністю, страхових витрат та стягнень за недотримання вимог;
- більша привабливість для працівників, клієнтів та інвесторів;
- посилення довіри регулюючих органів, яке може призвести до зменшення регуляторного нагляду;
- кращі стосунки з групами захисників навколишнього середовища.

#### Приклади заводів

Функції, описані вище у пунктах з (а) по (е), є елементами стандарту EN ISO 14001:2004 та Схеми екологічного менеджменту та аудиту Європейської спільноти (EMAS), в той час як функції (f) та (g) притаманні лише для Схеми екологічного менеджменту та аудиту (EMAS). Ці дві стандартизовані системи застосовуються у багатьох установках комплексного запобігання та контролю забруднень. Наприклад, у липні 2002 року в галузі виробництва хімічних речовин та хімічної продукції у ЄС (код 24 за Європейським класифікатором видів економічної діяльності – NACE) було зареєстровано 357 організацій, більшість з яких експлуатують установки комплексного запобігання та контролю забруднень.

У Великій Британії Агентство з охорони навколишнього середовища Англії та Уельсу у 2001 році провело опитування серед власників установок, регламентованих Директивою з комплексного контролю забруднень (IPC), яка була попередником Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (IPPC). Опитування показало, що 32 % респондентів були сертифіковані за стандартом ISO 14001 (що відповідає 21 % всіх установок комплексного контролю забруднень), а 7 % були зареєстровані у Схемі екологічного менеджменту та аудиту (EMAS). Усі цементні заводи у Великій Британії (близько 20) сертифіковані за стандартом ISO 14001, і більшість з них зареєстровані в EMAS. У Ірландії, де впровадження системи керування навколишнім середовищем (не обов'язково стандартизованої) необхідне для отримання ліцензій з комплексного контролю забруднень, орієнтовно на 100 з приблизно 500 ліцензованих установок впроваджені системи керування навколишнім середовищем за стандартом ISO 14001, у той час як для решти 400 установок були вибрані нестандартизовані системи керування навколишнім середовищем.

#### Довідкова література

(Регламент (ЄС) № 761/2001 Європейського парламенту та Ради, що дозволяє добровільну участь організацій у Схемі екологічного менеджменту та аудиту Європейської спільноти (EMAS), OJ L 114, 24.04.2001, [http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm))

(EN ISO 14001:2004, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>:  
<http://www.tc207.org>)





## 5. НАЙКРАЩІ ДОСТУПНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Для розуміння цього розділу та його змісту читачу варто знову звернути увагу на передмову цього документа і, зокрема, п'ятий розділ передмови: «Як слід розуміти і використовувати цей документ». Технології та відповідні рівні викидів та/або споживання ресурсів чи діапазони цих рівнів, наведені у цьому розділі, були оцінені за допомогою ітеративного процесу, що складався з таких кроків:

- визначення ключових питань охорони навколишнього середовища для галузі керамічного виробництва;
- оцінка технологій, які є найбільш актуальними для вирішення цих ключових питань;
- визначення найкращих рівнів екологічних показників на основі доступних даних у Європейському Союзі та по всьому світу;
- вивчення умов, за яких були досягнуті ці рівні показників, таких як витрати, міжсередовищні наслідки та основні рушійні сили, що впливали на впровадження технологій;
- вибір «найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ)» та відповідних рівнів викидів та/або споживання ресурсів для галузі керамічного виробництва у загальному розумінні цілком відповідно до Статті 2 (11) та Додатку IV цієї Директиви.

Для кожного з цих кроків і для способу представлення інформації у цьому документі ключову роль відіграло експертне судження Європейського бюро з комплексного запобігання та контролю забруднень і відповідної Технічної робочої групи (TRG).

На основі цієї оцінки у цій частині наведені технології та, наскільки це можливо, рівні викидів та споживання ресурсів, пов'язані з використанням НДТМ, які вважаються доцільними для галузі керамічного виробництва у цілому і в багатьох випадках відображають поточні показники деяких установок у цій галузі. У випадках, коли наведені рівні викидів чи споживання ресурсів, «пов'язані з найкращими доступними технологіями та методами управління», це слід розуміти таким чином, що вказані рівні відображають екологічні показники, яких можна було б очікувати у результаті застосування в цій галузі описаних технологій з урахуванням балансу невід'ємних витрат та переваг, що випливають з визначення НДТМ. Проте ці рівні не є граничними значеннями викидів або споживання ресурсів, і їх не слід розуміти таким чином. У деяких випадках може бути технічно можливо досягти кращих рівнів викидів чи споживання ресурсів, проте з огляду на пов'язані з ними витрати чи міжсередовищні міркування вони не вважаються доцільними у якості НДТМ для галузі керамічного виробництва у цілому. Проте такі рівні можуть виявитися виправданими в окремих випадках, у яких присутні особливі рушійні сили.

Рівні викидів та споживання ресурсів, пов'язані з використанням НДТМ, слід розглядати разом з будь-якими вказаними вихідними умовами (наприклад, періодами усереднення).

Поняття «рівнів, пов'язаних з НДТМ» слід відрізнити від терміна «досяжний рівень», що використовується в інших місцях цього документа. Якщо рівень описаний як «досяжний» за допомогою певної технології чи поєднання технологій, це слід розуміти таким чином, що досягнення цього рівня можна очікувати через значний період часу в установці чи технологічному процесі з належним рівнем технічного обслуговування та експлуатації, у яких використовуються ці технології.

Дані про витрати, якщо вони доступні, наведені разом з описами технологій, викладених у попередній частині. Вони дають приблизне уявлення про величину відповідних витрат. Проте фактична вартість застосування технології суттєво залежить від конкретної ситуації з огляду, наприклад, на податки, збори та технічні характеристики відповідної установки. Такі фактори, характерні для конкретних об'єктів, неможливо повністю оцінити у цьому документі. Якщо дані про витрати відсутні, висновки про рентабельність технологій робляться на основі спостережень за існуючими установками.

Передбачається, що загальні НДТМ, наведені у цій частині, стануть опорною точкою, у порівнянні з якою будуть оцінюватися поточні показники існуючої установки або пропозиції щодо нової установки. Таким чином вони допоможуть визначити належні умови «на основі НДТМ» для установки або при встановленні загальних обов'язкових правил згідно зі Статтею 9 (8). Передбачається, що нові установки можна проектувати такими, щоб їх робочі показники були такими ж або навіть кращими, ніж наведені тут загальні рівні НДТМ. Також враховується, що існуючі установки можуть рухатися до загальних рівнів НДТМ або досягати навіть кращих показників за умови технічної та економічної застосовності технологій у кожному випадку.

Хоча довідкові документи з НДТМ не встановлюють юридично обов'язкових стандартів, їх метою є надання інформації, якою підприємства галузі, країни-члени ЄС та громадськість зможуть керуватися у питаннях досяжних рівнів викидів та споживання ресурсів при використанні вказаних технологій. Належні граничні значення для кожного конкретного випадку потрібно визначати з урахуванням цілей Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС) та місцевих міркувань.

У цьому документі висновки щодо НДТМ для галузі керамічного виробництва викладені на двох рівнях. У розділі 5.1 наведені загальні висновки щодо НДТМ, тобто висновки, які загалом стосуються всієї керамічної промисловості. У розділі 5.2 містяться конкретні висновки щодо НДТМ, тобто висновки для кожного з дев'яти основних секторів керамічної промисловості у рамках цього документа. «Найкращі доступні технології та методи управління» для конкретної установки зазвичай полягають у використанні окремої технології або заходу чи поєднання технологій та заходів, перелічених у цій частині в загальному розділі та розділах для конкретних секторів (розділи 5.1 та 5.2).

Якщо технології, визначені як окремі НДТМ, можна використовувати у поєднанні, вплив таких поєднань слід врахувати при формулюванні висновків щодо умов надання дозволу на основі НДТМ для конкретних випадків.

#### **Рекомендація для зручності користувачів/читачів цього документа:**

Частину 5 бажано читати разом з частиною 4, оскільки потрібно враховувати не лише застосовність, а й обмеження застосування технологій і заходів, наведені у частині 4. Для зручності читача у частину 5 додані посилання на частину 4.

Стосовно стандартних умов вимірювання об'ємних витрат та концентрацій див. перелічені нижче визначення, які також наведені у «Словнику термінів»:

М <sup>3</sup> /год.	об'ємна витрата: якщо у цьому документі не зазначено інше, об'ємна витрата вказана для об'ємної частки кисню 18% та стандартного стану.
мг/м <sup>3</sup>	концентрація: якщо у цьому документі не зазначено інше, концентрації газоподібних речовин або сумішей речовин вказані для сухих димових газів з об'ємною часткою кисню 18% та у стандартному стані, а концентрації бензолу вказані для об'ємної частки кисню 15% та стандартного стану.
стандартний стан	Означає стан за температури 273 К та тиску 1013 гПа.

Слід ще раз наголосити, що, як це було повніше описано у ПЕРЕДМОВІ, цей документ не пропонує граничних значень викидів. При визначенні належних умов, передбачених у дозволі, будуть враховуватися місцеві фактори, властиві для конкретного майданчика, такі як технічні характеристики відповідної установки, її географічне розташування та місцеві умови навколишнього середовища. Якщо мова йде про існуючі установки, потрібно також врахувати рентабельність та технічну доцільність їх модернізації. Для досягнення навіть єдиної мети – забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища у цілому – часто необхідно приймати судження, що передбачають компроміс між різними видами впливу на навколишнє середовище, і на ці судження часто впливає місцева специфіка.

Хоча у цьому документі й робиться спроба розглянути деякі з цих питань, їх неможливо повністю охопити в цьому документі. Тому технології та рівні, наведені у частині 5, не обов'язково підходять для всіх установок. З іншого боку, з обов'язку забезпечити високий ступінь захисту навколишнього середовища включно з мінімізацією забруднень на великі відстані та транскордонних забруднень випливає, що умови надання дозволу не можна встановити виключно на базі місцевої специфіки. Тому вкрай важливо в повному обсязі врахувати інформацію, яка міститься у цьому документі.

## 5.1. Загальні найкращі доступні технології та методи управління

Цей розділ містить загальні висновки щодо НДТМ, які стосуються всіх дев'яти секторів, пояснених і описаних у цьому документі. «Найкращі доступні технології та методи управління» для конкретної установки зазвичай полягають у використанні окремої технології або заходу чи поєднання технологій та заходів, перелічених у відповідній частині в цьому загальному розділі та розділах для конкретних секторів (розділ 5.2).

Найкращі доступні технології та методи управління і наведені діапазони рівнів викидів або споживання ресурсів, пов'язані з найкращими доступними технологіями та методами управління (діапазони ВРВ НДТМ), стосуються установок з різними розмірами печей, різними видами роботи печі (наприклад, з неперервною чи переривчастою роботою) та різною кількістю годин роботи на рік. Міркування з приводу місцевих особливостей неможливо врахувати в повній мірі. ВРВ НДТМ не встановлюють і не пропонують граничних значень викидів (ГЗВ).

Частина 5 бажано читати разом з частиною 4, оскільки потрібно враховувати не лише застосовність, а й обмеження застосування технологій і заходів, наведені у частині 4. Висновки щодо НДТМ, наведені у даній частині 5, можна правильно витлумачити лише в тому випадку, якщо ця частина читається разом з частиною 4. Для зручності читача у частину 5 додані посилання на частину 4.

### 5.1.1. Керування охороною навколишнього середовища

У якості НДТМ визначено ряд технологій керування навколишнім середовищем. Обсяг (наприклад, ступінь деталізації) та характер системи керування навколишнім середовищем (наприклад, стандартизована чи нестандартна) загалом пов'язаний з характером, масштабом та складністю установки та діапазоном впливів на навколишнє середовище, які вона може створювати.

**НДТМ полягає в тому, щоб реалізувати і дотримуватися системи керування навколишнім середовищем (EMS), яка охоплює, залежно від конкретних обставин, такі функції (див. розділ 4.7):**

- a) визначення керівництвом верхньої ланки екологічної політики для установки (зобов'язання керівництва верхньої ланки розцінюється як необхідна передумова успішного застосування інших функцій системи керування навколишнім середовищем);
- b) планування та встановлення необхідних процедур;
- c) реалізація процедур з особливою увагою до таких моментів:
  - I. структура та відповідальність;
  - II. навчання, обізнаність та компетенція;
  - III. зв'язок;
  - IV. залучення працівників;
  - V. документація;
  - VI. ефективне керування технологічними процесами;
  - VII. програма технічного обслуговування;
  - VIII. аварійна готовність та реагування;
  - IX. забезпечення дотримання законодавства щодо охорони навколишнього середовища;

- d) перевірка робочих показників та вживання заходів для усунення порушень з особливою увагою до таких моментів:
- I. моніторинг та вимірювання (див. також Довідковий документ з моніторингу викидів);
  - II. заходи з усунення та профілактики порушень;
  - III. ведення записів;
  - IV. незалежний (якщо це доцільно) внутрішній аудит, метою якого є визначити, чи відповідає система керування навколишнім середовищем запланованим механізмам, і чи правильно вона реалізована та підтримується;
- e) аналіз керівництвом верхньої ланки.

Три наступні функції, які можуть поетапно доповнювати наведені вище функції, вважаються допоміжними заходами. Проте їх відсутність загалом не є несумісною з НДТМ. До них належать такі три додаткові кроки:

- f) перевірка та затвердження системи керування і процедури аудиту акредитованим сертифікаційним органом або стороннім перевіряльником систем керування навколишнім середовищем;
- g) підготовка та публікація (і, можливо, зовнішнє затвердження) регулярного звіту про вплив на навколишнє середовище, у якому описані всі важливі екологічні аспекти діяльності установки, і який дає змогу порівнювати показники для різних років з екологічними цілями та цільовими показниками, а також за потреби з галузевими орієнтирами;
- h) реалізація та дотримання визнаної на міжнародному рівні добровільної системи, такої як Схема екологічного менеджменту та аудиту (EMAS) та стандарт EN ISO 14001:2004. Цей добровільний крок може посилити достовірність результатів, отриманих від системи керування навколишнім середовищем. Зокрема, Схема екологічного менеджменту та аудиту (EMAS), у якій реалізовані всі згадані вище функції, забезпечує кращу достовірність. Проте нестандартизовані системи можуть, в принципі, бути не менш ефективними, за умови, що вони належним чином спроектовані та реалізовані.

Конкретно для галузі керамічного виробництва також важливо врахувати такі потенційні функції системи керування навколишнім середовищем:

- i) врахування впливу майбутнього виведення установки з експлуатації на навколишнє середовище на етапі проектування нового заводу;
- j) розробка екологічно чистіших технологій;
- k) у випадках, коли це доцільно – регулярне застосування бенчмаркінгу за секторами стосовно енергоефективності та заходів з енергозбереження, вибору вхідних матеріалів, викидів у повітря, скидів у воду, споживання води та утворення відходів.

### 5.1.2. Споживання енергії

Загальні міркування щодо споживання енергії наведені у розділі 3.2.1.

- a) **НДТМ полягає в тому, щоб зменшити споживання енергії, застосовуючи поєднання таких технологій:**
- I. вдосконалена конструкція печей та сушарок. Стосовно цього питання див. розділ 4.1.1, у якому описано кілька різних заходів, які можна застосовувати до систем печей/сушарок окремо або у поєднанні один з одним;
  - II. регенерація надлишкового тепла, що виділяється печами, особливо їх зоною охолодження (див. розділ 4.1.2). Зокрема, надлишкове тепло печі, що надходить із зони охолодження у вигляді гарячого повітря, можна використовувати для нагрівання сушарок;

- III. перехід на інші види палива у технологічному процесі випалювання в печі (заміна важкого мазуту та твердих видів палива паливами з низьким рівнем викидів). Стосовно цього питання див. розділ 4.1.4, у якому описано переведення процесу випалювання в печі на газоподібні палива чи мазут сорту EL;
  - IV. модифікація керамічних мас. Стосовно цього питання див. розділ 4.1.5, у якому описано кілька можливостей та застосовність модифікації керамічних мас.
- б) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити споживання енергії від первинних джерел шляхом влаштування установок для комбінованого виробництва тепла та електроенергії / теплоелектроцентралей (див. розділ 4.1.3) відповідно до потреби у корисному теплі в рамках схем енергетичного регулювання, які є економічно доцільними.**

### 5.1.3. Викиди пилу

Загальні міркування щодо викидів пилу наведені у розділі 3.1.1.1.

#### 5.1.3.1. Дифузні викиди пилу

**НДТМ полягає в тому, щоб скоротити викиди пилу, застосовуючи поєднання таких технологій:**

- а) заходи для операцій, що супроводжуються утворенням пилу. Стосовно цього питання див. розділ 4.2.1, у якому описано кілька різних заходів, які можна застосовувати окремо або у поєднанні один з одним;
- б) заходи для ділянок зберігання насипом. Стосовно цього питання див. розділ 4.2.2, у якому описано кілька різних заходів, які можна застосовувати окремо або у поєднанні один з одним;

#### 5.1.3.2. Напрявлені викиди пилу в результаті операцій, які супроводжуються утворенням пилу

Викиди пилу в результаті операцій, що супроводжуються утворенням пилу, відмінних від сушіння, розпилювального сушіння чи випалювання.

**НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу в результаті операцій, які супроводжуються утворенням пилу (див. розділ 4.2.3, у якому описані технології, націлені виключно на видалення пилу), до 1-10 мг/м<sup>3</sup>, що відповідає середньому значенню за півгодини, за допомогою рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2). Проте цей діапазон може бути вищим залежно від конкретних умов роботи.**

#### 5.1.3.3. Викиди пилу у результаті процесів сушіння

Викиди пилу, що утворюються в результаті процесів сушіння.

**НДТМ полягає в тому, щоб утримувати викиди пилу, що виникають у результаті процесів сушіння, в діапазоні середньодобових значень 1-20 мг/м<sup>3</sup> шляхом очищення сушарки, запобігання накопиченню залишків пилу у сушарці та впровадження належних протоколів технічного обслуговування (див. розділ 4.2).**

#### 5.1.3.4. Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі

Викиди пилу, що утворюються в результаті процесів випалювання у печі.

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди пилу (твердих часток) з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, до середньодобового значення 1-20 мг/м<sup>3</sup> за допомогою поєднання таких первинних заходів/технологій:

- a) використання малозольних видів палива – наприклад, природного газу, зрідженого природного газу, зрідженого вуглеводневого газу та мазуту сорту «надлегкий» (див. розділ 4.1.4);
- b) зведення до мінімуму утворення пилу, зумовленого завантаженням виробів у піч для випалювання (див. розділ 4.2).

Якщо застосовується сухе очищення димових газів за допомогою фільтра (див. розділ 4.3.4.3), НДТМ (ВРВ НДТМ) визначається як рівень викидів пилу менше 20 мг/м<sup>3</sup> в очищених димових газах.

Якщо застосовуються каскадні адсорбери з ущільненим шаром адсорбента (див. розділ 4.3.4.1), НДТМ (ВРВ НДТМ) визначається як рівень викидів пилу менше 50 мг/м<sup>3</sup> в очищених димових газах.

Для спучених керамічних заповнювачів див. НДТМ для конкретного сектора (див. розділ 5.2.4).

#### 5.1.4. Газоподібні сполуки

Загальні міркування щодо викидів газоподібних сполук наведені у розділі 3.1.1.2.

##### 5.1.4.1. Первинні заходи/технології

- a) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних сполук (тобто HF, HCl, SOX, летких органічних речовин, важких металів) з димовими газами, що утворюються у процесі випалювання в печі, шляхом застосування окремо або у поєднанні таких первинних заходів/технологій:
  - I. внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини. Стосовно цього питання див. розділ 4.3.1, у якому описано кілька можливостей внесення меншої кількості прекурсорів, з яких утворюються забруднюючі речовини.
  - II. оптимізація кривої нагрівання. Стосовно цього питання див. розділ 4.3.3.1, у якому описано кілька аспектів оптимізації технологічного процесу шляхом оптимізації кривої нагрівання у процесі випалювання.
- b) НДТМ полягає в тому, щоб утримувати викиди NO<sub>x</sub> з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, нижче середньодобового значення 250 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, для температур газів у печі нижче 1300 °С, або нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, для температур газів у печі 1300 °С і вище шляхом застосування поєднання первинних заходів/технологій (див. розділи 4.3.1 та 4.3.3, зокрема, щодо внесення меншої кількості прекурсорів NO<sub>x</sub>), за винятком спучених керамічних заповнювачів.
- c) НДТМ полягає в тому, щоб утримувати викиди NO<sub>x</sub> з відпрацьованими газами двигунів комбінованого виробництва енергії нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу (див. розділи 4.1.3 та 4.3.1).



#### 5.1.4.2. Вторинні заходи/технології окремо та у поєднанні з первинними заходами/технологіями:

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування одного з таких вторинних заходів/технологій:

- каскадні адсорбери з ущільненим шаром адсорбента (див. розділ 4.3.4.1);
- сухе очищення димових газів за допомогою фільтра (рукавного фільтра чи електростатичного фільтра, див. розділ 4.3.4.3).

При застосуванні поєднання первинних заходів/технологій, як зазначено у розділі 5.1.4.1.a, та/або вторинних заходів/технологій, як зазначено у цьому розділі, ВРВ НДТМ визначаються як наступні рівні викидів газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі:

Параметр	Одиниця вимірювання, у якості середньодобового значення	ВРВ НДТМ <sup>1)</sup>
Фториди, виражені як HF	мг/м <sup>3</sup>	1 – 10 <sup>2)</sup>
Хлориди, виражені як HCl	мг/м <sup>3</sup>	1 – 30 <sup>3)</sup>
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub> Вміст сірки у сировині ≤ 0,25 %	мг/м <sup>3</sup>	<500
SO <sub>x</sub> , виражені як SO <sub>2</sub> Вміст сірки у сировині >0,25 %	мг/м <sup>3</sup>	500 – 2000 <sup>4)</sup>
<sup>1)</sup> Діапазони залежать від вмісту забруднюючої речовини (прекурсора) у сировині, тобто для процесів випалювання керамічних виробів з низьким вмістом забруднюючої речовини (прекурсора) у сировині найкращими доступними технологіями та методами управління (НДТМ) вважаються нижні рівні в межах діапазону, а для процесів випалювання керамічних виробів з високим вмістом забруднюючої речовини (прекурсора) у речовині відповідним рівнем викидів для найкращої доступної технології або методу управління (ВРВ НДТМ) вважаються верхні рівні у межах діапазону.		
<sup>2)</sup> Верхній рівень НДТМ може бути нижчим залежно від характеристик сировини.		
<sup>3)</sup> Верхній рівень НДТМ може бути нижчим залежно від характеристик сировини. Крім того, верхній ВРВ НДТМ повинен дозволяти повторне використання стічних вод.		
<sup>4)</sup> Верхній рівень НДТМ стосується лише сировини з дуже високим вмістом сірки.		

**Таблиця 5.1. Відповідні рівні викидів газоподібних неорганічних сполук з димовими газами у процесах випалювання в печах для НДТМ**

#### 5.1.5. Технологічні стічні води (викиди та споживання)

Загальні міркування щодо технологічних стічних вод (викиди та споживання ресурсів) наведені у розділі 3.1.2 та у розділі 3.2.2.

- НДТМ полягає в тому, щоб зменшити споживання води шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу. Стосовно цього питання див. розділ 4.4.5.1, у якому описано кілька заходів оптимізації технологічного процесу, які можна застосовувати окремо або у поєднанні один з одним;
- НДТМ полягає в тому, щоб очищати технологічні стічні води шляхом застосування систем очищення технологічних стічних вод. Стосовно цього питання див. розділ 4.4.5.2, у якому описано кілька систем очищення технологічних стічних вод, які можна застосовувати окремо або у поєднанні, щоб гарантувати належне очищення води для повторного використання у процесі виробництва або скидання безпосередньо у води чи опосередковано у міську каналізаційну систему.

- с) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити навантаження забруднюючими речовинами викидів у скидах стічних вод. ВРВ НДТМ визначаються як наступні рівні викидів у скидах стічних вод:

Параметр	Одиниця вимірювання	ВРВ НДТМ (усереднена проба за 2 години)
Зважені тверді	мг/л	50,0
АОХ	мг/л	0,1
Свинець (Pb)	мг/л	0,3
Цинк (Zn)	мг/л	2,0
Кадмій (Cd)	мг/л	0,07

Таблиця 5.2. Відповідні рівні викидів забруднюючих речовин у скидах стічних вод для НДТМ

Якщо понад 50% технологічних вод повторно використовуються у процесах виробництва, вищі концентрації цих забруднюючих речовин все ще можуть вважатися ВРВ НДТМ, за умови, що конкретне навантаження забруднюючою речовиною на об'єм виробництва (кг обробленої сировини) не перевищує навантаження забруднюючою речовиною у випадку, коли ступінь переробки води нижчий, ніж 50%.

#### 5.1.6. Шлам

Загальні міркування щодо шламу наведені у розділі 3.1.3.

НДТМ полягає в тому, щоб переробляти / повторно використовувати шлам шляхом застосування однієї з наступних технологій або їх поєднання:

- системи переробки шламу (див. розділ 4.5.1.1);
- повторне використання шламу в іншій продукції (див. розділ 4.5.1.2).

#### 5.1.7. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи

Загальні міркування щодо технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів наведені у розділі 3.1.3.

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити технологічні втрати твердих речовин / кількість твердих відходів, застосовуючи поєднання таких технологій:

- повернення незмішаної сировини назад у процес (див. розділ 4.5.2.1);
- повернення розбитих виробів назад у процес виробництва (див. розділ 4.5.2.1);
- використання технологічних втрат твердих речовин в інших галузях промисловості (див. розділ 4.5.2.1);
- електронне регулювання випалювання (див. розділ 4.5.2.2);
- застосування оптимізованої садки (див. розділ 4.5.2.2).

#### 5.1.8. Рівень шуму

Загальні міркування щодо шуму наведені у розділі 3.1.4.

НДТМ полягає в тому, щоб знизити рівень шуму, застосовуючи поєднання таких технологій (див. розділ 4.6):

- огороження агрегатів кожухами;

- b) влаштування віброізоляції агрегатів;
- c) використання глушників та вентиляторів з малою швидкістю обертання;
- d) розташування вікон, воріт та агрегатів, які голосно шумлять, подалі від сусідів;
- e) звукоізоляція вікон та стін;
- f) закривання вікон та воріт;
- g) виконання шумових (надвірних) робіт лише у денний час;
- h) хороше технічне обслуговування заводу.

## 5.2. Найкращі доступні технології та методи управління для конкретних секторів

У цьому розділі наведені конкретні висновки щодо НДТМ для кожного з дев'яти секторів, пояснених і описаних у цьому документі. «Найкращі доступні технології та методи управління» для конкретної установки зазвичай полягають у використанні окремої технології або заходу чи поєднання технологій та заходів, перелічених у відповідній частині в цьому розділі для конкретних секторів та у загальному розділі (розділ 5.1).

Найкращі доступні технології та методи управління і наведені діапазони рівнів викидів або споживання ресурсів, пов'язані з найкращими доступними технологіями та методами управління (діапазони ВРВ НДТМ), стосуються установок з різними розмірами печей, різними видами роботи печі (наприклад, з неперервною чи переривчастою роботою) та різною кількістю годин роботи на рік. Міркування з приводу місцевих особливостей неможливо врахувати в повній мірі. ВРВ НДТМ не встановлюють і не пропонують граничних значень викидів (ГЗВ).

Частина 5 бажано читати разом з частиною 4, оскільки потрібно враховувати не лише застосовність, а й обмеження застосування технологій і заходів, наведені у частині 4. Висновки щодо НДТМ, наведені у даній частині 5, можна правильно витлумачити лише в тому випадку, якщо ця частина читається разом з частиною 4.

Для зручності читача у частину 5 додані посилання на частину 4.

### 5.2.1. Цегла та черепиця

#### 5.2.1.1. Газоподібні сполуки / первинні заходи/технології

НДТМ полягає в тому, щоб скоротити викиди газоподібних сполук (тобто HF, HCl, SO<sub>x</sub>) з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом додавання добавок з великим вмістом кальцію (див. розділ 4.3.2), якщо це не впливає на якість кінцевої продукції.

#### 5.2.1.2. Леткі органічні сполуки

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання – з їх концентраціями у неочищених газах понад 100-150 мг/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищеного газу, наприклад, його складу, температури, – до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст С, шляхом застосування термічного допалювання в одно- або трикамерному терморекторі (див. розділ 4.3.5.1).

### 5.2.2. Оскловані керамічні труби

#### 5.2.2.1. Напрявлені викиди пилу

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу, які виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або спечених пластинчастих фільтрів (див. розділ 4.2.3.3).

### 5.2.3. Вогнетривкі вироби

#### 5.2.3.1. Леткі органічні сполуки

- а) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук у малих об'ємах відпрацьованого газу, що утворилися внаслідок обробки органічними сполуками, шляхом застосування фільтрів з активованим вугіллям (див. розділ 4.3.4.5).  
Для великих об'ємів відпрацьованого газу НДТМ полягає у тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук, які утворилися внаслідок обробки органічними сполуками, шляхом застосування термічного допалювання (див. розділ 4.3.5.1) до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст С.
- б) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання – з їх концентраціями у неочищених газах понад 100-150 мг/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищеного газу, наприклад, його складу, температури, – до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст С, шляхом застосування термічного допалювання в одно- або трикамерному терморекторі (див. розділ 4.3.5.1).

#### 5.2.3.2. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити кількість технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів у вигляді використаних гіпсових форм, що залишаються після формування, шляхом застосування одного з перелічених нижче заходів чи їх поєднання (див. розділ 4.5.2.2):

- заміна гіпсових форм полімерними формами;
- заміна гіпсових форм металевими формами;
- використання вакуумних мішалок для гіпсу;
- повторне використання відпрацьованих гіпсових форм в інших галузях промисловості.

### 5.2.4. Случені керамічні заповнювачі

#### 5.2.4.1. Напрявлені викиди пилу

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити спрявлені викиди пилу з відпрацьованими газами до середньодобового значення 5-50 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування електростатичних фільтрів (див. розділ 4.2.3.5) або мокрих пиловловлювачів (див. розділ 4.2.3.4).

#### 5.2.4.2. Газоподібні сполуки / первинні заходи/технології

НДТМ полягає в тому, щоб утримувати викиди NO<sub>x</sub> з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання в обертових печах, нижче середньодобового значення 500 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як NO<sub>2</sub>, шляхом застосування поєднання первинних заходів/технологій (див. розділи 4.3.1 та 4.3.3).

### 5.2.5. Стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги

#### 5.2.5.1. Напрявлені викиди пилу

- а) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити спрявлені викиди пилу, які виникають у процесах розпилювального сушіння, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-30 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або до 1-50 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування циклонів (див. розділ 4.2.3.1) у поєднанні з мокрими пиловловлювачами (див. розділ 4.2.3.4) для існуючих установок, якщо промивальну воду можна використовувати повторно.

- б) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу, які виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або спечених пластинчастих фільтрів (див. розділ 4.2.3.3).

#### 5.2.5.2. Викиди пилу у результаті процесів випалювання в печі

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди пилу (твердих часток) з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання в печі, до середньодобового значення 1-5 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра (див. розділ 4.3.4.3), яке також використовується для видалення фторидів.

#### 5.2.5.3. Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології

- а) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди HF з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, до середньодобового значення 1-5 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування, наприклад, сухого очищення димових газів за допомогою рукавного фільтра (див. розділ 4.3.4.3).
- б) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування модульних адсорберів (див. розділ 4.3.4.2), особливо за низьких витрат димових газів (нижче 18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій у неочищеному газі неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl), та пилу.

#### 5.2.5.4. Повторне використання технологічних стічних вод

НДТМ полягає в тому, щоб повторно використовувати технологічні стічні води у процесі виробництва з часткою переробки технологічних стічних вод 50-100 % (залежно від типу плитки, що виготовляється, див. розділ 4.4.5.1) шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу у поєднанні з системами очищення технологічних стічних вод, як зазначено у розділі 4.4.5.

#### 5.2.5.5. Повторне використання шламу

НДТМ полягає в тому, щоб повторно використовувати шлам, який утворюється в результаті очищення технологічних стічних вод, у процесі підготовки керамічної маси, у відносній кількості 0,4-1,5% доданого сухого шламу на вагу керамічної маси, шляхом застосування системи переробки шламу (див. розділ 4.5.1.1), якщо вона передбачена.

#### 5.2.6. Столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка)

##### 5.2.6.1. Направлені викиди пилу

- а) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу, які виникають у процесах розпилювального сушіння, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-30 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або до 1-50 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування циклонів (див. розділ 4.2.3.1) у поєднанні з мокрими пиловловлювачами (див. розділ 4.2.3.4) для існуючих установок, якщо промивальну воду можна використовувати повторно.

- б) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу, які виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або спечених пластинчастих фільтрів (див. розділ 4.2.3.3).

#### 5.2.6.2. Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування модульних адсорберів (див. розділ 4.3.4.2), особливо за низьких витрат димових газів (нижче 18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій у неочищеному газі неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl), та пилу.

#### 5.2.6.3. Повторне використання технологічних стічних вод

НДТМ полягає в тому, щоб повторно використовувати технологічні стічні води у процесі виробництва з часткою переробки технологічних стічних вод 30-50 % шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу у поєднанні з системами очищення технологічних стічних вод, як зазначено у розділі 4.4.5.

#### 5.2.6.4. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити кількість технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів у вигляді використаних гіпсових форм, що залишаються після формування, шляхом застосування одного з перелічених нижче заходів чи їх поєднання (див. розділ 4.5.2.2):

- a) заміна гіпсових форм полімерними формами;
- b) заміна гіпсових форм металевими формами;
- c) використання вакуумних мішалок для гіпсу;
- d) повторне використання відпрацьованих гіпсових форм в інших галузях промисловості.

### 5.2.7. Сантехніка

#### 5.2.7.1. Направлені викиди пилу

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити напрямлені викиди пилу, які виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або спечених пластинчастих фільтрів (див. розділ 4.2.3.3).

#### 5.2.7.2. Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування модульних адсорберів (див. розділ 4.3.4.2), особливо за низьких витрат димових газів (нижче 18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій у неочищеному газі неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl), та пилу.



### 5.2.7.3. Повторне використання технологічних стічних вод

НДТМ полягає в тому, щоб повторно використовувати технологічні стічні води у процесі виробництва з часткою переробки технологічних стічних вод 30-50 % шляхом застосування заходів оптимізації технологічного процесу у поєднанні з системами очищення технологічних стічних вод, як зазначено у розділі 4.4.5.

### 5.2.7.4. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити кількість технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів у вигляді використаних гіпсових форм, що залишаються після формування, шляхом застосування одного з перелічених нижче заходів чи їх поєднання (див. розділ 4.5.2.2):

- a) заміна гіпсових форм полімерними формами;
- b) заміна гіпсових форм металевими формами;
- c) використання вакуумних мішалок для гіпсу;
- d) повторне використання відпрацьованих гіпсових форм в інших галузях промисловості.

## 5.2.8. Технічна кераміка

### 5.2.8.1. Напрявлені викиди пилу

- a) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити спрявлені викиди пилу, які виникають у процесах розпилювального сушіння, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-30 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або до 1-50 мг/м<sup>3</sup> шляхом застосування циклонів (див. розділ 4.2.3.1) у поєднанні з мокрими пиловловлювачами (див. розділ 4.2.3.4) для існуючих установок, якщо промивальну воду можна використовувати повторно.
- b) НДТМ полягає в тому, щоб зменшити спрявлені викиди пилу, які виникають у процесах глазурування пульверизацією, до рівня, що відповідає середньому значенню за півгодини 1-10 мг/м<sup>3</sup>, шляхом застосування рукавних фільтрів (див. розділ 4.2.3.2) або спечених пластинчастих фільтрів (див. розділ 4.2.3.3).

### 5.2.8.2. Газоподібні сполуки / вторинні заходи/технології

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди газоподібних неорганічних сполук з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, шляхом застосування модульних адсорберів (див. розділ 4.3.4.2), особливо за низьких витрат димових газів (нижче 18000 м<sup>3</sup>/год.) та за низьких концентрацій у неочищеному газі неорганічних сполук, відмінних від HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl), та пилу.

### 5.2.8.3. Леткі органічні сполуки

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання – з їх концентраціями у неочищених газах понад 100-150 мг/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищеного газу, наприклад, його складу, температури, – до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст С, шляхом застосування термічного допалювання в одно- або трикамерному терморекторі (див. розділ 4.3.5.1).

#### 5.2.8.4. Технологічні втрати твердих речовин / тверді відходи

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити кількість технологічних втрат твердих речовин / твердих відходів у вигляді використаних гіпсових форм, що залишаються після формування, шляхом застосування одного з перелічених нижче заходів чи їх поєднання (див. розділ 4.5.2.2):

- a) заміна гіпсових форм полімерними формами;
- b) заміна гіпсових форм металевими формами;
- c) використання вакуумних мішалок для гіпсу;
- d) повторне використання відпрацьованих гіпсових форм в інших галузях промисловості.

#### 5.2.9. Неорганічні абразиви зі зв'язкою

##### 5.2.9.1 Леткі органічні сполуки

НДТМ полягає в тому, щоб зменшити викиди летких органічних сполук з димовими газами, які утворюються у процесах випалювання – з їх концентраціями у неочищених газах понад 100-150 мг/м<sup>3</sup>, залежно від характеристик неочищеного газу, наприклад, його складу, температури, – до середньодобового значення 5-20 мг/м<sup>3</sup>, вираженого як загальний вміст С, шляхом застосування термічного допалювання в одно- або трикамерному терморекторі (див. розділ 4.3.5.1).



## 6. ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

### 6.1. Пальники з радіаційними трубами

Зниження вмісту водяної пари у пічних газах зазвичай призводить до зменшення рівня викидів фторидів, оскільки основним механізмом виділення фтору з глинистих мінералів є пірогідроліз. Ця реакція протікає за температур 800 °C і вище.

Лабораторні випробування показали, що зниження вмісту води в атмосфері печі дійсно призвело до зменшення викидів HF, а також SO<sub>x</sub>. На практиці зниження вмісту води в атмосфері печі технічно важко досягти, враховуючи, що вода утворюється під час спалювання горючих корисних копалин для нагрівання печі. Такого утворення води можна уникнути шляхом опосередкованого нагрівання печі газовими пальниками з радіаційними трубами (див. розділ 4.3.3.2).

Пальники з радіаційними трубами для застосування у керамічній промисловості виготовляються з карбиду кремнію, який має високу теплопровідність і високу термічну стійкість до температур, які значно коливаються. За допомогою цих пальників з радіаційними трубами печі нагріваються опосередковано (за винятком зони попереднього нагрівання у печі), а полум'я пальника знаходиться у жаростійкій трубі, у якій відбувається згорання. Передавання тепла від пальника у технологічний процес здійснюється головним чином за рахунок теплового випромінювання; відповідні високі значення теплового потоку знаходяться в діапазоні 70-120 кВт/м<sup>2</sup>.

Пальники з радіальними трубами, по суті, можна застосовувати у галузях виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, столового посуду та декоративних виробів, сантехніки, технічної кераміки та неорганічних абразивів зі зв'язкою, проте у галузях виробництва цегли та черепиці, осклованих керамічних труб, вогнетривких виробів та спучених керамічних заповнювачів масштаб виробництва для них надто великий. Досвід реалізації проєктів показав, що такі пальники можна застосовувати у печах з роликівим подом та печах з висувним подом, хоча ця технологія ще не перевірена для тунельних печей.

У пілотному проєкті в Нідерландах, у якому піч з роликівим подом була обладнана пальниками з радіаційними трубами для виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, спостерігалися викиди HF від 0,7 мг/м<sup>3</sup> (виробництво стінної облицювальної плитки) до 1,2 мг/м<sup>3</sup> (виробництво плитки для підлоги), а коефіцієнти питомих викидів HF варіювалися від 3 до 6 мг/кг. Оцінені додаткові витрати на обладнання пальниками з радіаційними трубами та експлуатацію печі з потужністю виробництва 500000 м<sup>2</sup> плитки на рік, склали понад 450000 євро [5, Центр знань InfoMil, 2003].

### 6.2. Випалювання за допомогою мікрохвильового випромінювання та мікрохвильові сушарки

Випалювання або спікання керамічних виробів – це критично важливий крок у процесі виробництва. Значні маси продукції, навантажені на великі пічні вагонетки, ускладнюють теплопередачу ззовні всередину садки та до центру окремих цеглин. Температурні градієнти можуть призводити до появи теплових напружень та пошкодження виробів – температури на поверхні часто вищі, ніж у центрі окремих виробів або садки.

Було проведено багато досліджень щодо застосування мікрохвильової енергії для нагрівання керамічної продукції. У цьому процесі вироби нагріваються безпосередньо – у тому числі й центри окремих виробів. Щоб уникнути зайвих втрат тепла внаслідок його поглинання конструкцією печі, мікрохвильову енергію використовують у поєднанні зі звичайним нагріванням – наприклад, за допомогою газу чи електроенергії.

Перш ніж цей процес можна буде рентабельно використовувати у печах для повномасштабного виробництва, потрібно вирішити технічні проблеми, у тому числі пов'язані з безпекою. Також потрібно враховувати порівняно великі витрати на електроенергію. Проте у ході експериментальної роботи було виявлено ряд значних переваг, які слід розвинути у майбутньому:

- мінімізація теплових напружень протягом усього циклу випалювання;
- значно збільшуються об'єми пропускання виробів, тобто цикли випалювання набагато скорочуються;
- значно зменшується споживання енергії у процесі випалювання – проте водночас може залишатися менше надлишкового тепла для сушіння;
- зменшення технологічних втрат твердих речовин / кількості твердих відходів;
- покращення якості, у тому числі суттєве поліпшення механічних властивостей;
- краще видалення в'язучої речовини (з вогнетривких виробів);
- знижені викиди за рахунок меншого споживання енергії та більшої продуктивності;
- менші викиди фторидів, які тісно пов'язані з часом перебування виробів в умовах температур понад 800 °С.

Мікрохвильову енергію, в принципі, також можна використовувати для сушіння керамічної продукції (див. розділ 2.2.5.8). Переваги та недоліки, перелічені вище для випалювання, також дійсні для процесів сушіння за допомогою мікрохвильових печей. Дослідження показали, що сушіння за допомогою мікрохвильового випромінювання не підходить для складних форм виробів, а лише для форм малої товщини [20, CERAME-UNIE, 2004] [28, Шорхт, 2005] [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005].

### 6.3. Новий тип сушильної системи для вогнетривких виробів

#### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

Сушіння вогнетривких конструкційних компонентів великого розміру, таких як кришки ковшів або склепіння електродугових печей, може бути енергоємним і займати дуже багато часу. Такий компонент можна сушити зсередини, помістивши у вогнетривку суміш, які потрібно заливати, жаростійку фольгу з нержавіючої сталі (за температур нагрівання до 1100 °С) або вуглецеве волокно (за нижчих температур – менше 250 °С) у якості нагрівального елемента. Фольга або вуглецеве волокно адаптується до структури виробу і не створює завад.

Оскільки виріб сушиться зсередини назовні, вода рухається у тому ж напрямку, що й температурний фронт. Це значно скорочує тривалість сушіння.

Регулювання температури садки суттєво покращує якість конструкційних компонентів: воно забезпечує більш рівномірне сушіння з меншою кількістю тріщин від пересушування та покращену конструктивну стійкість. Покращити вдалося такі параметри:

- міцність при холодному роздавлюванні: +50 %
- міцність при згинанні: +50 %
- стійкість до стирання: +70 %
- подовження терміну служби: +50 %.

Ця технологія сушіння забезпечує значне заощадження енергії, яке можна зробити ще більшим – особливо у випадку дуже великих конструкційних компонентів – шляхом ізоляції вогнетривких виробів під час сушіння.

#### Міжсередовищні наслідки

Немає проблем.

### Експлуатаційні параметри та застосовність

Вуглецеве волокно можна використовувати за температур приблизно до 250 °С, а металеву фольгу – за вищих температур, до 1100 °С. Випробування з 9-тонним конструкційним компонентом показали, що попередня потреба в енергії для сушіння з залишковим вмістом води 6 % складала 77000 кВт·год. Встановлення нагрівальної фольги та ізоляції під час сушіння зменшило потребу в енергії до 2000 кВт·год., що відповідає заощадженню 97 % енергії. Час сушіння зменшився приблизно з п'яти днів до приблизно трьох днів.

### Економіка

Завдяки меншому споживанню енергії можна значно заощадити кошти, особливо у випадку дуже великих конструкційних компонентів вагою до 20 тонн.

### Рушій для впровадження

- краща якість і довший термін служби конструкційних компонентів;
- заощадження коштів;
- заощадження часу.

### Приклади заводів та довідкова література

Ця технологія використовується кількома виробниками – наприклад, компанією «Вольф ГмбХ» (Wolf GmbH), Урбар, Німеччина, [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005] [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

## 6.4. Удосконалене керування технологічними стічними водами з інтегрованою регенерацією глазури

На керамічній фабриці була споруджена інноваційна модельна система очищення стічних вод, яка значно зменшила кількість забруднюючих речовин і дала змогу заощадити на виробництві сантехніки, столового посуду, стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги.

Нова система очищення технологічних стічних вод складається з п'яти модулів:

- мікрофільтрація: технологічні стічні води від найбільших процесів глазурування (біле глазурування, 80 % загального споживання глазури) пропускаються через установку мікрофільтрації для регенерації глазури. Регенована глазур повертається на етап підготовки глазури;
- очищення притоку технологічних стічних вод: технологічні стічні води від процесу підготовки пасти у виробництві стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги – у малому об'ємі, проте сильно забруднені – передаються на окрему очисну установку. Отриманий у результаті шлам стічних вод, що містить високоякісні компоненти, які покращують здатність керамічної маси до спікання, пересилається на етап підготовки пасти, у той час стоки надходять на установку очищення міських стічних вод для видалення біорозкладних складових;
- застосування існуючих відстійних баків: технологічні стічні води від процесу підготовки глазури пропускаються через систему відстійних баків, модернізованих за допомогою додаткових заходів, моніторинг яких здійснюється автоматично. Отриманий у результаті шлам стічних вод також повертається на етап підготовки пасти для виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги, а технологічні стічні води надходять на нову, значно меншу установку очищення технологічних стічних вод;
- будівництво нової центральної установки очищення технологічних стічних вод: попередня установка очищення технологічних стічних вод обробляла до 3500 м<sup>3</sup> технологічних стічних вод на добу. Коли на початку 1970-х років була побудована перша установка очищення стічних вод, ділянка виробництва стінної облицювальної плитки та плитки для підлоги була забудована конструкціями навісів, які не дозволяли розділяти дощові стічні води та виробничі стічні води. Нова централізована установка, побудована на сучасному рівні, збирає технологічні стічні води з фабрики і перекачує їх у нову надземну систему, тож вони не змішуються з дощовою водою. Завдяки зменшенню об'ємів технологічних стічних вод до 700-800 м<sup>3</sup>/добу, зниженню навантаження забруднюючими речовинами у потоках технологічних стічних вод та вдосконаленню технології цю систему вдалося сконструювати у вигляді повністю автоматизованої установки, для експлуатації якої потрібно лише 20 % від початкової потреби у персоналі, і яка дає змогу значно заощадити на енергії та флокулянтах. Частину шламу стічних вод, що надходить з цієї установки, також можна повторно використати у виробництві плитки. Цей шлам менш навантажений забруднюючими речовинами і містить менше води (максимум 25 %) завдяки новому камерному фільтру-пресу, тому решту шламу можна без жодного ризику зберігати на власному майданчику фабрики для скидання відходів. Випробування показали, що цей матеріал також можна використовувати як компонент мінерального ущільнювального шару у системах остаточного покриття звалищ;
- відділення дощової води: оскільки технологічні стічні води відокремлені від підземної каналізаційної системи, старі каналізаційні колектори та шахти не потребують дорогої модернізації. Скорочення використання флокулянтів та автоматизація флокуляції є перспективними з точки зору значного заощадження матеріалів та коштів.

Реконструкція системи має такі переваги для навколишнього середовища:

- регенерація білої глазури та її повторне використання у межах процесу;
- економія місткості звалища;
- більше не потрібно використовувати біоциди та фільтри з активованим вугіллям;
- сильно забруднені технологічні стічні води очищаються окремо;
- переробка шламу стічних вод тут же на заводі;
- фракції технологічних стічних вод, забруднені біологічними речовинами, подаються на установку очищення міських стічних вод;



- відсутні ризики, пов'язані з присутністю забруднених технологічних стічних вод у старій каналізаційній системі;
- заощадження енергії завдяки адаптації установок;
- заощадження флокулянтів, що використовуються для відділення шламу.

#### Переваги з точки зору витрат

- зменшення витрат на персонал до 20 % від початкової кількості потрібного персоналу завдяки автоматизації;
- зменшення витрат на енергію;
- зменшення використання хімічних добавок;
- регенерація глазури, яку можна повторно використати;
- зменшення витрат на звалище.

Загальні витрати на систему очищення технологічних стічних вод склали 2,8 мільйона євро. З огляду на результуючі заощадження, очікуваний період окупності становить 3-4 роки.

#### Потенційні недоліки

Хоча представлену тут систему можна охарактеризувати як модельну систему, ризики, які можуть виникнути, якщо обставини будуть відрізнятися від описаних, можуть призвести до таких економічних та якісних недоліків:

- витрати на енергію, потрібну для роботи технології фільтрації, можуть перевищити заощадження на регенерації сировини (залежно від початкового співвідношення витрат сировини);
- неправильно спроектована установка мікрофільтрації може призвести до надмірних інвестиційних витрат або мати недостатню потужність;
- тривалий етап досліджень щодо використання регенованої глазури (може бути необхідно коригувати її колір);
- змішування притоків можливе лише обмеженою мірою, інакше будуть втрачені заощадження, які досягаються завдяки високоякісній регенерації;
- уся система потребує високого рівня технічної компетентності;
- на етапі планування потрібно врахувати заходи з резервування.

Висновок: цей вид реалізації сучасної екологічної технології залишається промисловим дослідним зразком модельного характеру, використання якого обмежене строго визначеними умовами [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005] [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006].

## **6.5. Безсвинцеве глазурування високоякісної столової порцеляни**

### Опис та переваги для навколишнього середовища, яких вдасться досягти

У минулому свинцеві глазури використовувалися головним чином для виготовлення високоякісної столової порцеляни. Серед переваг свинцевого глазурування – бездоганна поверхня та прості технології обробки, зокрема характеристики плавлення та змочування, властиві для глазурей, які містять свинець.

Виробник столового посуду розробив композиції безсвинцевої глазури на основі лужно-борних силікатів, які дуже подібні до систем, що містять свинець, з точки зору якості та властивостей при нанесенні. Завдяки цьому вдалося заощадити 60 тонн оксиду свинцю на рік. У процесі використовується мінімальна кількість органічних добавок: це дає змогу великою мірою виключити вплив на навколишнє середовище внаслідок викидів органічних сполук під час випалювання.

Глазурі наносяться шляхом мокрого розпилювання глазурувальних суспензій з адаптованими реологічними властивостями. Утворені в розпилювальному боксі потоки технологічних стічних вод – як-от надлишок глазури, що не осів на виріб, та вода, що використовувалася для очищення бокса та стелажа – а також глазур у вигляді пилу, отримана з сухого сепаратора, очищаються і повторно використовуються для глазурування разом із свіжою глазур'ю. Цей замкнений цикл глазурування дав змогу оптимізувати вхідний потік глазури (втрати глазури та фактична потреба в глазури). Подальші теплові процеси – сушіння та випалювання – адаптовані до нових глазурувальних систем і оптимізовані.

Прості рисунки не потребують додаткового випалювання, і їх можна обпалювати разом з глазур'ю за допомогою підглазурної технології. Складні та кольорові надглазурні і внутрішньоглазурні рисунки потрібно обпалювати окремо.

#### Міжсередовищні наслідки

Для очищення та регенерації технологічних стічних вод, що утворилися при нанесенні глазури, потрібно більше енергії.

#### Експлуатаційні параметри та застосовність

Ця технологія використовується для виготовлення високоякісної столової порцеляни. Вона поки що не підходить для нанесення різнокольорових підглазурних рисунків, або ж для цього потрібні додаткові інвестиції.

#### Економіка

За допомогою цієї технології виробник наразі заощаджує 60 тонн оксиду свинцю в рік на двох виробничих майданчиках. Перехід на цю технологію був здійснений у рамках докорінної оптимізації всього процесу. Реалізація цієї технології у складі сучасної технології процесу підвищила рентабельність та конкурентоспроможність підприємства на світовому ринку.

#### Рушій для впровадження

Заощадження коштів на вхідній сировині та запобігання викидам свинцю.

#### Приклади заводів та довідкова література

«Віллерой & Бох АГ» (Villeroy & Boch AG), Німеччина, [30, Технічна робоча група «Кераміка», 2005], [32, Технічна робоча група «Кераміка», 2006]

## 7. ЗАКЛЮЧНІ ЗАУВАЖЕННЯ

### Графік процесу роботи

Обмін інформацією щодо найкращих доступних технологій та методів управління для керамічного виробництва здійснювався з кінця 2003 року до початку 2006 року у рамках створеної з цією метою міжнародної технічної робочої групи (ТРГ). Створення ескізної версії та розробка цього документа на основі наданої інформації та коментарів, висловлених на двох консультаціях та заключному засіданні ТРГ, зайняли приблизно два з половиною роки. Таблиця 7.1. У Таблиці 7.1 наведені основні етапи роботи.

Початок роботи над Довідковим документом з НДТМ для кераміки	Жовтень 2003 року
Установче засідання	1-2 грудня 2003 року
Ескіз 1	Жовтень 2004 року
Коментарі до ескізу 1	Січень 2005 року
Ескіз 2	Червень 2005 року
Коментарі до ескізу 2	Вересень 2005 року
Зміна автора Довідкового документа з НДТМ	Вересень 2005 року
Заключне засідання ТРГ	14-17 лютого 2006 року
Остаточна версія	Вересень 2006 року

**Таблиця 7.1. Графік процесу роботи над Довідковим документом з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF) для керамічного виробництва**

### Джерела інформації та розробка цього документа

Цей документ базується на більш ніж 30 джерелах інформації, що містять ключову інформацію як від підприємств галузі, так і від країн-членів ЄС. Деякі звіти були складені ще до установчого засідання з метою надання цільової інформації для розробки цього документа; багато внесків також було надано після установчого засідання. Звіти, які можна вважати структурними блоками цього документа, були надані організацією CERAME UNIE – галузевою асоціацією, у якій представлені більшість європейських виробників кераміки, – та країнами-членами ЄС: Австрією, Бельгією, Фінляндією, Німеччиною, Італією, Нідерландами, Португалією та Іспанією.

Додаткова корисна інформація була отримана в результаті відвідувань виробничих майданчиків в Австрії, Бельгії, Данії, Фінляндії, Франції, Німеччині, Італії та Іспанії, які зазвичай організовувалися учасниками ТРГ і здійснювалися у їх супроводі.

Цей документ було розроблено на основі близько 1000 коментарів до першого ескізу та більш ніж 750 коментарів до другого ескізу майже від усіх учасників ТРГ. У цьому контексті слід зазначити, що обмін інформацією, по суті, здійснювався між країнами ЄС-15, оскільки 10 нових країн-членів ЄС, що входять до складу ЄС-25, за кількома винятками не брали активної участі в обговоренні.

З огляду на надану інформацію та отримані коментарі, сфера застосування та структура цього документа були вибрані так, щоб документ охоплював дев'ять основних секторів керамічної промисловості. До них належать:

- стінна облицювальна плитка та плитка для підлоги;
- цегла та черепиця;
- столовий посуд та декоративні вироби (побутова кераміка);
- вогнетривкі вироби;
- сантехніка;
- технічна кераміка;
- оскловані керамічні труби;
- спучені керамічні заповнювачі;
- неорганічні абразиви зі зв'язкою.

Порядок частин у цьому документі («Резюме для керівництва», «Передмова», «Сфера застосування», частини 1-9, включно з «НДТМ» – частина 5 та «Заключними зауваженнями» – частина 7) відповідає стандартному порядку у Плані та методичному посібнику для Довідкових документів з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF). Цей План та методичний посібник для Довідкових документів з найкращих доступних технологій та методів управління був наданий Форумом з обміну інформацією (IEF), створеним Європейською комісією для сприяння інформаційному обміну (на цю тему див. також «Передмову»).

### **Інформаційні прогалини, які досі існують**

Незважаючи те, що була отримана велика кількість дуже корисної інформації та багато коментарів, необхідно відзначити деякі проблеми з даними та відповідні наслідки для цього документа у кількох питаннях:

- певною мірою, нестача узгодженої кількісної інформації щодо фактичних економічних даних (вартості) для деяких технік зниження викидів, відмінних від технологій очищення димових газів, у контексті відповідних робочих показників. Через це деякі економічні судження були радше якісними, ніж кількісними, особливо у частині 4 і, відповідно, у деяких висновках щодо НДТМ, які наразі базуються головним чином на якісному підході;
- велике різноманіття груп виробів та окремих етапів процесу виробництва також змусило вдаватися радше до якісних, ніж кількісних суджень, особливо у висновках щодо енергоефективності НДТМ. Дані, надані у цьому контексті, висвітлили багато конкретних аспектів або подробиць, проте привели до висновку, що наразі з приводу цього питання навряд чи можна висловити загальні кількісні судження;
- стосовно використання альтернативних (наприклад, біогаз/біомаса) та твердих видів палива (наприклад, вугілля, нафтовий кокс) було надано мало даних про викиди та споживання, і більшість із них надійшли на дуже пізньому етапі процесу розробки цього документа – деякі дані навіть були отримані під час заключного засідання ТРГ, – а тому їх не вдалося повністю врахувати.

### **Рівень згоди на заключному засіданні ТРГ**

Основними питаннями для обговорення на заключному засіданні ТРГ були висновки щодо НДТМ, які робилися на двох рівнях:

- загальні висновки щодо НДТМ, тобто висновки, які загалом стосуються всієї керамічної промисловості;
- висновки щодо НДТМ для конкретних секторів, тобто висновки для дев'яти основних секторів керамічної промисловості у рамках цього документа.

Пропозиції щодо НДТМ обговорювалися окремо для кожного випадку, і в цьому контексті також було обговорено і вирішено, що частина «НДТМ» не встановлює і не пропонує граничних значень викидів, а лише рекомендує значення споживання ресурсів та викидів, пов'язані з використанням вибраних НДТМ, та що «найкращі доступні технології та методи управління» для конкретної установки зазвичай будуть полягати у використанні однієї окремої технології чи заходу або поєднання технологій та заходів, перелічених у частині «НДТМ» в загальному розділі та розділі для конкретних секторів.

Ще одним предметом обговорення була пряма вказівка на труднощі з використанням інформації, отриманої дуже пізно, у частині «Заклучні зауваження». Це особливо стосується нафтового коксу у якості палива для процесу випалювання в печі разом з рекомендацією далі збирати інформацію, щоб допомогти оновити цей документ для керамічної галузі.

Під час заключного засідання ТРГ був досягнутий високий рівень згоди, розбіжностей у точках зору не було зафіксовано, а отже – як видно і в ретроспективі за весь період обміну інформацією – процес обміну інформацією можна вважати успішним.

### **Рекомендації для майбутньої роботи**

Обмін інформацією та його результат, тобто цей документ, став важливим кроком вперед у забезпеченні комплексного запобігання та контролю забруднень, що виникають у результаті виробництва кераміки. Подальша робота може продовжити цей процес шляхом збору інформації від усіх країн-членів ЄС-25, включно з фактичними даними про вартість технологій зниження викидів та іншими даними про енергоефективність, пов'язану з відповідними технологіями.

Для досягнення повного розуміння динаміки викидів у майбутній редакції цього документа також буде потрібна детальніша інформація про альтернативні та тверді види палива, у тому числі всі можливі дані про викиди та споживання ресурсів, наприклад, реальні виміряні значення викидів.

Крім того, для переробки цього документа потрібно рецензувати відповідні рівні викидів для НДТМ (ВРВ НДТМ) – зокрема, верхній діапазон ВРВ НДТМ для викидів SOX у процесах випалювання в печі при використанні сировини з високим вмістом сірки – з урахуванням технологій зниження викидів, які вдосконалюються.

Для переробки цього документа у якості опорного рівня слід прийняти рівень кисню 17 %.

### **Рекомендовані теми для майбутніх науково-дослідницьких робіт**

Деякі майбутні науково-дослідницькі роботи досі необхідні і будуть корисними – зокрема, стосовно технологій, описаних у частині «Перспективні технології» (частині 6), щоб ці технології можна було врахувати у визначенні НДТМ для керамічного виробництва.

Окрім цього, рамках своїх науково-дослідницьких та дослідно-конструкторських програм Європейська комісія запускає і підтримує серію проектів, присвячених екологічно чистим технологіям, перспективним технологіям очищення та переробки стоків і стратегіям керування. Ці проекти потенційно здатні зробити корисний внесок у майбутні редакції довідкових документів з найкращих доступних технологій та методів управління (BREF). Тому Європейське бюро комплексного запобігання та контролю забруднень (EIPPCB) запрошує читачів цього документа повідомляти про будь-які результати досліджень, що стосуються змісту цього документа (також див. передмову цього документа).



## 8. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 BMLFUW (Федеральне міністерство сільського, лісового, водного господарства та охорони довкілля Австрії) (2003). "Austrian Study on State of the Art of Manufacturing Ceramic Goods by Firing" («Австрійське дослідження сучасного технічного рівня виробництва керамічної продукції шляхом випалювання»).
- 2 VITO (Фламандський інститут технологічних досліджень) (2003). "The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version - published in 1999" («Фламандський звіт про НДТМ у керамічній промисловості (цегельна та черепична промисловість, переклад частин оригінальної голандської версії на англійську мову – опубліковано у 1999 році»).
- 3 CERAME-UNIE (Європейська асоціація підприємств керамічної промисловості) (2003). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003" («Довідковий документ (BREF) з запропонованих найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) для європейської керамічної промисловості, ред. від листопада 2003 року»).
- 4 UBA (Німецьке агентство з охорони навколишнього середовища) (2001). "Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents" («Зразкове дослідження стану практичної реалізації комплексного захисту навколишнього середовища у керамічній галузі з дотриманням Директиви IPPC та розробкою Довідкових документів з НДТМ»).
- 5 Центр знань InfoMil (2003). "Dutch Fact Sheets for the Production of Ceramics" («Голландський інформаційний бюлетень для виробництва кераміки»).
- 6 Тімелліні Дж. (Timellini, G.), Канетті А. (Canetti, A.) (2004). "The Italian Ceramic Tile Industry. Contribution to the identification and specification of the Best Available Techniques" («Італійська галузь виробництва керамічної плитки. Внесок у визначення та конкретизацію найкращих доступних технологій та методів управління»).
- 7 Додд А. (Dodd, A.), Мерфін Д. (Murfin, D.) (1994). "Dictionary of Ceramics" («Словник керамічної промисловості»), Інститут матеріалів.
- 8 Енциклопедія Ульмана (Ullmann's) (2001). "Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition" («Енциклопедія промислової хімії, шосте видання»), «Вайлі Ві-Сі-Ейч Ферлаг ГмбХ» (Wiley-VCH Verlag GmbH), Вайнгайм, Німеччина.
- 10 Наварро, Дж. Е. (Navarro, J. E.) (1998). "Integrated Pollution Prevention and Control in the Ceramic Tile Industry. Best Available Techniques (BAT)" («Комплексне запобігання та контроль забруднень у галузі виробництва керамічної плитки. Найкращі доступні технології та методи управління (НДТМ)»).
- 11 Шрив, Р. Н. (Shreve, R. N.) (1945). "The Chemical Process Industries, The Ceramic Industries" («Галузі хімічної промисловості, галузі керамічної промисловості»), Хіміко-технологічна серія, видавництво «Мак-Гро Хілл» (McGraw-Hill).
- 12 СТСВ (Технологічний центр кераміки та скла) (2004). "Portuguese Ceramic Industry Data" («Дані про португальську керамічну промисловість»).
- 13 SYKE (Фінський екологічний інститут) (2004). "The contribution of Finland to the exchange of information in the EU on the use of BAT to control the environmental impact of the manufacture of ceramic products, DRAFT June 28, 2004" («Внесок Фінляндії в обмін інформацією у ЄС щодо використання НДТМ для контролю впливу виробництва керамічної продукції на навколишнє середовище»).
- 14 UBA (Німецьке агентство з охорони навколишнього середовища) (2004). "Production of inorganic bonded abrasives" («Виробництво неорганічних абразивів зі зв'язкою»).



- 17 Буркарт М. (Burkart, M.) (2004). "Personal Communication by site visits" («Особисте спілкування шляхом відвідування об'єктів»).
- 20 CERAME-UNIE (Європейська асоціація підприємств керамічної промисловості) (2004). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Jan. 2004" («Довідковий документ (BREF) з запропонованих найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) для європейської керамічної промисловості, ред. від січня 2004 року»).
- 21 Алмейда М. (Almeida, M.), Ваз С. (Vaz, S.), Байо Д. (Baio, D.) (2004). "Impactes Ambientais e Comercio de Emissoes Industria Ceramica – Un caso de estudo" («Вплив на навколишнє середовище та торгівля квотами на викиди у керамічній промисловості – дослідження конкретного випадку»).
- 22 SYKE (Фінський екологічний інститут) (2004). "Report on Best Available Techniques in the Finnish ceramic industry" («Звіт про найкращі доступні технології та методи управління у фінській керамічній промисловості»).
- 23 Технічна робоча група «Кераміка» (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1" («Об'єднана та відсортована зведена таблиця коментарів до ескізу 1»).
- 24 Інститут фон Кармана – Німеччина (VKI-Germany) (2004). "Breviary Technical Ceramics" («Конспект з технічної кераміки»).
- 25 Воланд Т. (Volland, T.), Лоєнбергер К. (Leuenberger, C.), Роке Р. (Roque, R.) (2004). "Statistic correlations between two methods of pollutant emission evaluation" («Статистичні кореляції між двома методами оцінки викидів забруднюючих речовин»), L'INDUSTRIE CERAMIQUE & VERRIERE («КЕРАМІЧНА І СКЛЯНА ПРОМИСЛОВІСТЬ»), № 994 – травень-червень 2004 року, с. 54-66.
- 26 UBA (Німецьке агентство з охорони навколишнього середовища) (2005). "Basic information and data on the expanded clay industry in Germany" («Основна інформація та дані про виробництво спученої глини у Німеччині»), укладено німецькою національною робочою групою та німецькими підприємствами у галузі виробництва спученої глини.
- 27 VDI (Асоціація німецьких інженерів) (2004). "Emission control ceramic industry, VDI Guideline 2585, Draft July 2004" («Контроль викидів у керамічній промисловості. Методичний посібник VDI 2585, ескіз, липень 2004 року»).
- 28 Шорхт Ф. (Schorcht, F.) (2005). "Personal Communication by site visits" («Особисте спілкування шляхом відвідування об'єктів»).
- 29 ІМА-Еуропа (Асоціація промислових мінералів Європи) (2005). "IMA-Europe's comments on the inclusion of calcined clays, 4. May 2005" («Коментарі Асоціації промислових мінералів Європи щодо додавання обпалених глин, 4 травня 2005 року»).
- 30 Технічна робоча група «Кераміка» (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 2" («Об'єднана та відсортована зведена таблиця коментарів до ескізу 2»).
- 31 Пробст Р. (Probst, R.) (2005). "Development of processes for cleaning ceramic waste water" («Розробка процесів очищення стічних вод керамічної промисловості»), Міжнародний форум з кераміки (CFI), Звіти Німецького керамічного товариства (Deutschen Keramischen Gesellschaft).
- 32 Технічна робоча група «Кераміка» (2006). "Final TWG meeting Ceramics" («Заключне засідання Технічної робочої групи „Кераміка“»).

## 9. СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
абсорбція	Об'ємний процес, у якому одна речовина просочується в іншу (вбирається нею).
кислота	Донор протонів. Речовина, яка більш-менш активно віддає іони водню у водному розчині.
підкислення	Додавання кислоти до речовини для отримання кислотних властивостей.
гострий вплив	Несприятливий вплив на будь-який живий організм, у якому важкі симптоми розвиваються швидко і часто спадають після припинення впливу.
гостра токсичність	Несприятливі наслідки, які розвиваються у результаті однократної дози або однократного впливу хімічної речовини; будь-яка токсична дія, що розвивається протягом короткого періоду часу – зазвичай менше 96 годин. Цей термін зазвичай використовується для опису дії на піддослідних тварин.
адсорбція	Поверхневий процес; накопичення молекул газу або рідини, які утворюють тонку плівку на поверхні твердої речовини (асиміляція поверхнею).
аерація	Процес змішування рідини з повітрям (киснем).
аеробний	Біологічний процес, який протікає у присутності кисню.
луг	Акцептор протонів. Речовина, яка більш-менш активно приймає іони водню у водному розчині.
анаеробний	Біологічний процес, який протікає за відсутності кисню.
АОСІ	Адсорбовані органічні сполуки хлору.
АОХ	Адсорбовані органічні сполуки галогенів. Загальна концентрація у міліграмах на літр, виражена через хлор, усіх сполук галогенів (окрім фтору), присутніх у пробі води, які можуть бути поглинені активованим вугіллям.
атм.	Нормальна атмосфера (1 атм. = 101325 Н/м <sup>2</sup> ).
бар	Бар (1,013 бар = 1 атм.)
НДТМ	Найкращі доступні технології та методи управління
ВРВ НДТМ	Відповідний рівень викидів для НДТМ
П	Періодична флокуляція
ЖВК	Живильна вода котла для утворення пари.
біохімічні речовини	Хімічні речовини, які зустрічаються у природі або ідентичні речовинами, що зустрічаються у природі. Прикладами таких речовин є гормони, феромони та ферменти. Біохімічні речовини використовуються як пестициди неотруйної і несмертельної дії – наприклад, порушують цикл розмноження комах, регулюють ріст або діють як відлякувальні засоби.
біорозкладний	Здатний до фізичного та/або хімічного розкладу під дією мікроорганізмів. Наприклад, біорозкладними є багато хімічних речовин, харчові відходи, бавовна, вовна та папір.

<b>ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ</b>	<b>ЗНАЧЕННЯ</b>
біологічне різноманіття	Кількість та різноманіття різних організмів в екологічних комплексах, у яких вони зустрічаються в природі. Організми організовані на багатьох рівнях – від цілих екосистем до біохімічних структур зі спадкуванням на молекулярній основі. Таким чином, цей термін охоплює різні екосистеми, види та гени, які повинні бути присутні у здоровому навколишньому середовищі. Велика кількість видів повинна утворювати харчові ланцюжки, що складаються з багатьох відносин «хижак-жертва».
бісквіт	(1) Випалені, але ще не глазуровані гончарні вироби. (2) Це слово зі значенням «неглазурований» використовується у складених термінах, таких як «бісквітне обпалювання».
БПК	Біохімічна потреба кисню: кількість розчиненого кисню, потрібна мікроорганізмам, щоб розкласти органічну речовину. Одиниця вимірювання – O <sub>2</sub> /л. У Європі БПК зазвичай вимірюється через 3 (БПК <sub>3</sub> ), 5 (БПК <sub>5</sub> ) або 7 (БПК <sub>7</sub> ) днів.
керамічна маса	(1) Суміш сировини, що очікує формування у керамічні вироби. (2) Внутрішня частина гончарних виробів, на відміну від глазури.
BREF	Довідковий документ з НДТМ.
BTEX	Бензол, толуол, етилбензол, ксилол
BTX	Бензол, толуол, ксилол
кальцит	Кристалічна форма карбонату кальцію
касета	Вид пічних припасів спеціальної форми, що слугує опорою,
CEN	Європейський комітет зі стандартизації
кераміка	Термін «кераміка» (керамічні вироби) загалом означає неорганічні матеріали (можливо, з деяким вмістом органічних речовин), виготовлені з неметалевих сполук і зроблені твердими за допомогою процесу випалювання.
крейда	Аморфна форма карбонату кальцію
глина	Природний матеріал, що характеризується пластичністю, у тому вигляді, в якому він був видобутий з глиняного кар'єру, або після розмелювання та змішування з водою.
Хімічне споживання кисню (ХСК)	Хімічне споживання кисню: кількість дихромату калію, вираженого через кисень, потрібна для хімічного окиснення речовин, що містяться у стічних водах, за температури приблизно 150 °С.
міжсередовищні наслідки	Розрахунок впливів на навколишнє середовище викидів у воду/повітря/грунт, використання енергії, споживання сировини, шуму та забору води (тобто всього, що встановлено Директивою з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС)).

ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
dH	Градус жорсткості води
дифузні викиди	Викиди, що утворюються внаслідок безпосереднього контакту летких чи легких пилоподібних сполук з навколишнім середовищем (атмосфера, за нормальних робочих умов). Вони можуть бути зумовлені такими факторами: <ul style="list-style-type: none"> <li>- особливості конструкції самого обладнання (наприклад, фільтри, сушарки, тощо);</li> <li>- умови роботи (наприклад, під час транспортування матеріалу між контейнерами);</li> <li>- тип роботи (наприклад, операції технічного обслуговування);</li> </ul>
дифузні джерела	Джерела подібних дифузних або безпосередніх викидів, яких є кілька, і які розподілені в межах заданої області.
Ду	Номінальна ширина.
доломіт	Тип вапняку, у карбонатній фракції якого переважає мінерал доломіт – карбонат магнію-кальцію, CaMg(CO <sub>3</sub> ).
СТР	Суха тверда речовина (вміст). Маса матеріалу, що залишився після сушіння, визначена стандартним методом випробування.
EK50	Напівефективна концентрація. Концентрація, за якої дія речовини спостерігається у 50 % піддослідної популяції після прийняття однократної дози. Дія може проявлятися як знерухомлення дафній, пригнічення росту, поділ клітин чи утворення біомаси або вироблення хлорофілу водоростями.
стік	Фізична рідина (повітря або вода разом із забруднюючими речовинами), що утворює викид.
ЕІРРСВ	Європейське бюро комплексного запобігання та контролю
викид	Безпосереднє або опосередковане виділення речовин, створення вібрацій, випромінювання тепла або шуму окремими або дифузними джерелами на установках у повітря, воду або землю.
граничні значення викидів	Маса, виражена через певні питомі параметри, концентрація та/або рівень викидів, які не повинні перевищуватися протягом одного або кількох періодів часу.
технологія у місці скидання	Технологія, яка скорочує остаточні викиди або споживання ресурсів за допомогою певного додаткового процесу, проте не змінює принцип роботи основного процесу. Синоніми: «вторинна технологія», «технологія зниження викидів». Антоніми: «технологія, інтегрована у технологічний процес», «первинна технологія» (технологія, яка певним чином змінює спосіб роботи базового процесу, і таким чином зменшує рівень неочищених
ангоб	Покриття зі шлікеру, біле або кольорове, що наноситься на пористу керамічну масу для поліпшення її зовнішнього вигляду.
ЕСФ	Електростатичний фільтр.
евтрофікація	Забруднення водойми каналізаційними стоками, змитими з земель добривами та промисловими відходами (неорганічними нітратами та фосфатами). Ці сполуки стимулюють ріст водоростей, зменшуючи вміст кисню у воді, і таким чином вбивають тварин з великою потребою в кисні.

ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
існуюча установка	Установка, що експлуатується, або, згідно з існуючим законодавством на дату набуття чинності цією Директивою, установка, на яку наданий дозвіл, або для якої, з точки зору компетентного органу, поданий повністю обґрунтований запит на надання дозволу, за умови, що ця установка вводиться в експлуатацію не пізніше, ніж через один рік після дати набуття чинності цією Директивою.
випалювання	Процес термічної обробки керамічної продукції у печі для утворення склоподібних або кристалічних зв'язків, які надають продукції властивості, характерні для керамічного матеріалу.
димовий газ	Відпрацьований газ, що утворюється у процесах випалювання/згорання.
флюс	Речовина, яка навіть у малих кількостях знижує точку плавлення матеріалу, в якому вона присутня у природному стані (наприклад, луги у глині), або матеріалу, до якого вона була додана (наприклад, тетраборат натрію, доданий до глазури).
фрита	Керамічна суміш, розплавлена, загартована до стану скла і зазвичай гранульована.
мазут сорту EL	Надлегкий мазут.
неконтрольований викид	Викид, зумовлений негерметичністю обладнання / виток: викид у навколишнє середовище внаслідок поступової втрати герметичності елементом обладнання, розрахованим на утримання всередині рідини (газоподібної чи рідкої), зумовлений, по суті, різницею тисків та результируючим виток. Приклади неконтрольованих викидів: виток з фланця, насоса, герметизованого чи ущільненого обладнання, тощо.
ВВП	Валовий внутрішній продукт.
ГДж	Гігаджоуль.
скло	Тверда речовина без дальнього порядку у розташуванні її атомів.
глазур	Тонкий склоподібний шар, утворений на поверхні керамічного виробу шляхом випалювання нанесеного покриття.
глазурний	Це слово зі значенням «глазуrowаний» використовується у складених термінах, таких як «глазурні вироби» та «глазурне випалювання».
сира продукція	Сформовані, але не висушені і не випалені керамічні вироби.
ВМ	Важкий мазут.
гПа	Гектопаскаль.
ІЕФ	Форум з обміну інформацією (неформальний консультаційний орган, що діє у рамках Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС)).
іммісія	Потрапляння та рівень забруднюючої речовини, неприємного запаху або шуму у навколишньому середовищі.

ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
установка	Стаціонарна технічна одиниця, на якій виконується один або кілька видів діяльності, перелічених у Додатку I Директиви з комплексного запобігання та контролю забруднень (ІРРС), та будь-які інші безпосередньо пов'язані з ними види діяльності, технічно пов'язані з діяльністю, що здійснюється на об'єкті та може впливати на викиди і забруднення.
ІРРС	Комплексне запобігання та контроль забруднень.
I-TEQ	Еквівалент токсичності діоксину/фурану.
К	Кельвін ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$ ).
каолін	Назва, що походить від китайського «Као-Лін» – високий гірський хребет, де вперше була відкрита ця біла вогнетривка глина (також її називають «порцелянова глина»).
ккал	Кілокалорія ( $1\text{ ккал} = 4,19\text{ кДж}$ ).
піч	Високотемпературна установка, що використовується для випалювання керамічної продукції.
місткість печі	Об'єм зони випалювання печі.
пічні припаси	Загальний термін для предметів з вогнетривких матеріалів, що слугують опорою для керамічних виробів під час випалювання у печі («пічна арматура»).
облицювальна цегла	Тип будівельної цегли, що може мати якість як цегли підвищеної міцності, так і будівельної цегли, з низьким водопоглинанням та високою міцністю при роздавлюванні.
кВт·год.	Кіловат-година ( $1\text{ кВт}\cdot\text{год.} = 3600\text{ кДж} = 3,6\text{ МДж}$ ).
LAS	Лінійний алкілбензолсульфонат
ЛК50	Напівлетальна концентрація. Найнижча концентрація речовини у воді або навколишньому повітрі на літр, якої достатньо, щоб призвести до загибелі 50 % піддослідної популяції протягом заданого періоду (наприклад, 96 годин для риб, 48 годин для дафній).
ЛД50	Напівлетальна доза. Найнижча доза речовини, прийнята тваринами таких видів, як миші та щури, якої достатньо, щоб призвести до загибелі 50 % піддослідної популяції протягом заданого періоду (не більше 14 днів), виражена у міліграмах речовини, яка випробовується, на кілограм маси тіла.
вапняк	Мінеральна гірська порода, що складається лише з $\text{CaCO}_3$ ; використовується у початковому вигляді або як сировина для виробництва негашеного вапна (оксиду кальцію) шляхом декарбонізації або негашеного вапна і гашеного вапна (гідроксиду кальцію) шляхом гідратації.
ЗПГ	Зріджений природний газ.
ЛОЕС	Найнижча спостережена ефективна концентрація. Найнижча експериментально визначена концентрація речовини, що випробовується, за якої може спостерігатися її несприятлива дія.
ЗВГ	Зріджений вуглеводневий газ.
LWA	Легкий керамзит: спучений керамічний заповнювач, виготовлений шляхом раптового нагрівання придатних для цього глин в обертовій печі або у горні для спікання.
м <sup>3</sup> /год.	Об'ємна витрата: якщо у цьому документі не зазначено інше, об'ємна витрата вказана для об'ємної частки кисню 18% та стандартного стану.
магнезія	Оксид магнію ( $\text{MgO}$ ).



ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
магнезит	Карбонат магнію ( $MgCO_3$ ).
мг/м <sup>3</sup>	Концентрація: якщо у цьому документі не зазначено інше, концентрації газоподібних речовин або сумішей речовин вказані для сухих димових газів з об'ємною часткою кисню 18% та у стандартному стані, а концентрації бензолу вказані для об'ємної частки кисню 15% та стандартного стану.
МДж	Мегаджоуль (1 МДж = 1000 кДж = 106 Дж).
моніторинг	Процес, призначений для оцінки або визначення фактичного значення та коливань рівня викидів або іншого параметра, що базується на процедурах систематичного, періодичного або точкового спостереження, огляду, відбору проб, вимірювання або інших методів оцінки, призначених для отримання інформації про кількість викидів та/або тенденції у викидах забруднюючих речовин.
МПа	Мегапаскаль.
багатосередовищні наслідки	Див. міжсередовищні наслідки.
н/з	не застосовується
н/д	недоступно
нафталіни	Вуглеводні, що містять у своїх молекулах одне або кілька насичених кілець з 5 або 6 атомів вуглецю, до яких прикріплюються ланцюжки парафінового ряду (прикметник: нафталіновий).
н/д	немає даних
N-Кj	Кількість азоту, визначена за методом К'ельдаля.
м <sup>3</sup> н.у.	Кубічний метр у нормальних умовах (273 К, 1013 гПа).
NOAC	Концентрація гострого ефекту не спостерігається.
NOEC	Ефективна концентрація не спостерігається.
відпрацьований газ	Загальний термін для газу/повітря, що виділяється у процесах згорання або у процесах екстракції за температур навколишнього середовища.
оператор	Будь-яка фізична чи юридична особа, яка експлуатує чи керує установкою, або, якщо це передбачено національним законодавством, якій делегована вирішальна господарська влада над технічним функціонуванням установки.
тверді частки	Пил.
pH	Показник кислотності або лужності розчину. Це число, еквівалентне десятковому логарифму величини, оберненої до концентрації іонів водню у водному розчині.
забруднююча речовина	Окрема речовина або група речовин, які можуть шкодити або впливати на навколишнє середовище.
гончарні вироби	Під цим терміном зазвичай розуміють домашні керамічні вироби.
млн <sup>-1</sup>	Кількість часток на мільйон.
первинний Захід/технологія.	Технологія, яка певним чином змінює спосіб роботи базового процесу, і таким чином зменшує рівень неочищених викидів або споживання ресурсів (див. технологію у місці скидання).
ПТФЕ	Політетрафторетилен (тефлон).
об./хв.	Кількість оборотів за хвилину.
вторинний Захід/технологія.	Див. технологію у місці скидання.



ТЕРМІН УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	ЗНАЧЕННЯ
щільність садки	Маса продукції, яка випалюється без допоміжних засобів в об'ємі зони випалювання печі, відносно загального об'єму зони випалювання печі.
спікання	Загальний термін, що означає ущільнення порошкового брикету під дією тепла для утворення полікристалічної маси.
шлікер	Суспензія глини та/або інших керамічних матеріалів у воді.
шлам	Суспензія з порівняно високим вмістом твердих часток.
МСБ	Малий та середній бізнес.
поглинання	Процес, у якому одна речовина вбирає або утримує іншу шляхом абсорбції або адсорбції.
питомий викид	Викид, віднесений до опорного показника, такого як потужність виробництва або фактичний об'єм виробництва (наприклад, маса на тону або на одиницю виготовленої продукції).
ЗТР	Зважена тверда речовина (її вміст) (у воді) (також див. СЗТР).
стандартний стан	Означає стан за температури 273 К та тиску 1013 гПа.
ТДж	Тераджоуль.
ЗОВ	Загальний органічний вуглець.
СТР	Сумарна тверда речовина (вміст). Кількість твердої речовини перед сушінням матеріалу.
СЗТР	Сумарна зважена тверда речовина (її вміст) (у воді) (також див. ЗТР).
ТРГ	Технічна робоча група.
склоподібний	Цей термін зі значенням «такий, що має властивості скла» застосовується до керамічної продукції, яка має дуже низьку пористість внаслідок високого ступеня склування (на відміну від спікання).
склування	Поступове часткове плавлення глини або керамічної маси у результаті процесу випалювання.
ЛОС	Леткі органічні сполуки.
об'ємний %	Відсоток за об'ємом.
Вт/(м·К)	Теплопровідність.
ваговий %	Відсоток за вагою.
мкг	Мікрограм.
мкСм	Мікросіменс.

## ХІМІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Al... Алюміній	H <sub>2</sub> O... Вода	PbO... Оксид свинцю
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... Оксид алюмінію	HCl... Хлористий водень	Pr... Празеодим
BaO... Оксид барію	HCN... Синильна кислота	Pt... Платина
BN... Нітрид бору	HF... Фтористий водень	Rh... Родій
Ca... Кальцій	K <sub>2</sub> O... Оксид калію	S... Сірка
Ca(OH) <sub>2</sub> ... Гідроксид	MgCO <sub>3</sub> ... Карбонат магнію	Sb... Сурма
CaCl <sub>2</sub> ... Хлорид кальцію	MgO... Оксид магнію	Si... Кремній
CaCO <sub>3</sub> ... Карбонат кальцію	Mn... Марганець	SiC... Карбід кремнію
CaF <sub>2</sub> ... Фторид кальцію	Mo... Молібден	SiO <sub>2</sub> ... Діоксид кремнію
CaO... Оксид кальцію	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ... Карбонат натрію	Sn... Олово
CaSO <sub>3</sub> ... Сульфід кальцію	Na <sub>2</sub> O... Оксид натрію	SO <sub>2</sub> ... Діоксид сірки
CaSO <sub>4</sub> ... Сульфат кальцію	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ... Сульфат натрію	SO <sub>3</sub> ... Триоксид сірки
Cd... Кадмій	NaCl... Хлорид натрію	SO <sub>x</sub> ... Оксиди сірки
Ce... Церій	NaF... Фторид натрію	Ti... Титан
Co... Кобальт	NaHCO <sub>3</sub> ... Гідрокарбонат натрію	TiN... Нітрид титану
CO... Чадний газ	NaOH... Гідроксид натрію	TiO <sub>2</sub> ... Діоксид титану
CO <sub>2</sub> ... Вуглекислий газ	NH <sub>3</sub> ... Аміак	V... Ванадій
Cr... Хром	Ni... Нікель	W... Вольфрам
Cu... Мідь	NO <sub>2</sub> ... Діоксид азоту	WB <sub>2</sub> ... Борид вольфраму
F... Фтор	NO <sub>x</sub> ... Оксиди азоту	Zn... Цинк
Fe... Залізо	O <sub>2</sub> ... Кисень	Zr... Цирконій
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... Оксид заліза	Pb... Свинець	ZrO <sub>2</sub> ... Діоксид цирконію