

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ

**Зміст дисципліни, методичні вказівки і індивідуальні
контрольні завдання для студентів спеціальності
192 "Будівництво і цивільна інженерія" спеціалізації "Технологія
будівельних конструкцій, виробів і матеріалів"**

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Технологія будівельної кераміки» є базовою при підготовці студентів по спеціалізації «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів».

Мета вивчення дисципліни - формування інженерних знань і забезпечення достатньої спеціальної підготовки студентів в області сучасного виробництва кераміки.

Основними завданнями при вивченні дисципліни є:

- ознайомлення з роллю керамічних матеріалів в народному господарстві і подальшими перспективами розвитку керамічної технології в Україні і за кордоном;

- вивчення сучасних уявлень про структуру кераміки і найважливіші властивості керамічних матеріалів у взаємозв'язку з їх будовою;

- вивчення основних сировинних матеріалів в керамічній технології і оцінка сировинної бази України;

- вивчення теоретичних основ і технологічних аспектів найважливіших процесів і методів керамічної технології;

- ознайомлення з додатковими процесами специфічних і допоміжних виробництв керамічних матеріалів, а також покриттями по кераміці різного призначення;

- ознайомлення з основними положеннями охорони праці, протипожежної техніки і охорони навколишнього середовища при виробництві кераміки.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати основні положення фізико-хімії твердого стану і будови кераміки; вплив макро- і мікроструктури на властивості керамічних матеріалів; основні діаграми фазового стану систем, що мають значення для керамічної технології; види і основні родовища мінеральної сировини для керамічної промисловості; основні процеси і методи керамічної технології; фізико-хімічні основи перенесення речовини при сушці і спіканні; реакції в твердих фазах; покриття по кераміці різного призначення.

Студент повинен уміти використовувати учбову і методичну літературу, довідкові дані; методи аналізу процесів технології керамічного виробництва, визначення якісного і кількісного фазового складу матеріалу на основі фазових діаграм багатокomпонентних систем.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен набути досвіду вибору раціональної технологічної схеми виробництва заданого виду керамічної продукції; заміни мінеральної сировини різних типів у виробництві за умови забезпечення заданого хімічного складу; прогнозування початкових складів сумішей для синтезу керамічних матеріалів із заданими властивостями.

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

За учбовим планом дисципліна «Технологія будівельної кераміки» вивчається в 10-му (очна форма навчання) і 12-му (заочна) семестрах. Об'єм навчальної роботи включає:

- вивчення матеріалу (як самостійно, так і на лекціях);
- відпрацювання практичних занять;
- виконання індивідуальної роботи;
- екзамен.

Студенти-заочники вивчають дисципліну в основному самостійно за затвердженою програмою, користуючись підручниками, навчальними посібниками, технічною літературою і іншими джерелами. Для успішного опрацювання і засвоєння матеріалу студентові рекомендується вести записи у вигляді короткого конспекту по окремих розділах дисципліни. Після засвоєння основних положень курсу студент виконує контрольну роботу (відповідно до варіанту і правил оформлення) і надає її на кафедру для рецензування. Рецензія повинна бути отримана до початку екзаменаційної сесії. При виконанні роботи студент може отримати необхідну консультацію на кафедрі у викладача.

Під час сесій студенти-заочники прослуховують лекції з дисципліни і виконують практичні роботи в об'ємі, передбаченому робочою програмою дисципліни. Передбачено виконання індивідуальної роботи, направленої на закріплення отриманих знань і придбання навиків аналізу літератури, технологічних розрахунків, вибору і обґрунтування раціональних технологічних процесів для отримання кераміки. Глибоке розуміння взаємозв'язку між властивостями початкових матеріалів, параметрами технологічного процесу, структурою і властивостями готових виробів, здатність аналізувати фізико-хімічні процеси, що відбуваються в матеріалах, є основою для подальшого вдосконалення технології керамічного виробництва підготовленими фахівцями.

Для контролю знань, отриманих при вивченні курсу, учбовим планом передбачені:

- 1) консультації по індивідуальній роботі;
- 2) співбесіди на практичних заняттях;
- 3) захист індивідуальної роботи;
- 4) екзамен зі всього курсу.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вступ

Зміст, завдання і основні розділи дисципліни. Історичні відомості про кераміку і керамічну технологію. Класифікація керамічних матеріалів за експлуатаційною ознакою, їх роль і значення в народному господарстві. Завдання керамічної промисловості і перспективи її розвитку в Україні. Питання по техніці безпеки і охороні навколишнього середовища при виробництві керамічних матеріалів.

Література: [1-3, 7, 10, 11].

Тема 1. Будова керамічних матеріалів

1.1. Структура кераміки. Характеристика і роль структурних складових в кераміці (кристалічна, склоподібна і газова фази).

1.2. Текстура, макро- і мікроструктура кераміки. Кількісний і просторовий розподіл складових фаз. Монофазні і поліфазні керамічні матеріали. Дефекти кристалічної решітки (об'ємні, поверхневі, лінійні і точкові), їх вплив на будову і властивості кераміки.

1.3. Взаємозв'язок фазового складу кераміки з діаграмою стану системи. Використання діаграм фазового стану для проектування складів і визначення температури синтезу керамічних матеріалів з потрібними фазовим складом і властивостями.

1.4. Застосування фізико-хімічних методів для дослідження фазового складу і структури керамічних матеріалів (хімічний, диференціально-термічний, рентгенофазовий, рентгеноструктурний аналіз, оптична і електронна мікроскопія, спектральні методи (ІКС, КР і ін.).

Література: [1, 3-5, 7, 9, 14, 18, 19, 24-26].

Тема 2. Властивості керамічних матеріалів

2.1. Щільність, пористість і водопоглинання кераміки. Класифікація пор за виглядом і розмірами, проникність системи. Вплив пористості на експлуатаційні властивості кераміки. Експериментальні і розрахункові методи оцінки пористості.

2.2. Механічні і пружні властивості. Взаємозв'язок механічних властивостей з будовою кристалічної решітки. Методи оцінки межі

міцності керамічних зразків при різних видах механічних дій. Залежність механічних властивостей кераміки від температури. Деформаційні властивості кераміки при навантаженнях і високих температурах. Короткочасна міцність при високій температурі, температура деформації під навантаженням, явище повзучості, його механізм, способи оцінки.

2.3. Теплофізичні і термічні властивості: теплоємність, теплопровідність, температурний коефіцієнт лінійного розширення. Постійність об'єму і маси при нагріванні. Вогнетривкість кераміки. Термостійкість. Стадії термічного руйнування. Розрахункові і експериментальні методи оцінки термостійкості. Морозостійкість, визначальні її чинники.

2.4. Хімічна стійкість кераміки. Класифікація видів хімічної стійкості (до шлаків, розплавів, розчинів, газових середовищ). Процеси, що відбуваються при хімічній корозії, зокрема високотемпературної при взаємодії з розплавами, і чинники, що впливають на швидкість процесів. Методи оцінки хімічної стійкості.

2.5. Електрофізичні властивості. Електроопір, електропровідність, їх механізм і залежність від температури. Кристалохімічні аспекти поляризації матеріалів, її види. Діелектрична проникність. Діелектричні втрати і їх види, взаємозв'язок із структурою матеріалу. Електрична міцність кераміки. Сегнето-, п'єзоелектричні і магнітні властивості кераміки.

Література: [1-4, 8, 9, 14-16, 18, 21, 22].

Тема 3. Основні сировинні матеріали для виробництва кераміки

3.1. Глинисті матеріали. Визначення, класифікація, походження. Речовий склад глин. Будова глиноутворюючих мінералів, мінеральний тип глин. Хімічний і гранулометричний склад глин. Домішки в глинах. Система «глина - вода». Властивості глин (водні, механічні, сушильні, термічні, технологічні). Зв'язок між складом, властивостями глин і областями їх використання (діаграма А. І. Августиника). Основні родовища глин і каолінів, сировинна база України.

3.2. Непластичні матеріали. Їх класифікація за призначенням. Природні і штучні опіснювачі. Призначення, властивості, отримання. Плавні (флюсуючі матеріали), їх види, хімічний і фазовий склад, властивості. Вибір плавнів для різних видів кераміки. Вигоряючі компоненти, їх призначення, види. Використання відходів промисловості як вторинна сировина у виробництві керамічних виробів. Охорона праці при використанні відходів.

3.3. Спеціальні матеріали для регулювання технологічних властивостей керамічних мас. Технологічні зв'язки, пластифікатори, їх призначення. Вимоги, що пред'являються до зв'язок, їх складів і реологічних властивостей. Види зв'язок і способи їх введення в керамічні маси. Фізико-хімічний механізм взаємодії зв'язки з керамічною масою. Електроліти, стабілізатори, коагулятори, поверхнево-активні речовини, їх призначення і види.

Література: [1-6, 9-11, 13, 15, 16].

Тема 4. Основні процеси і методи підготовки керамічних мас і отримання напівфабрикату

4.1. Загальна послідовність технологічних процесів. Призначення і коротка характеристика кожного процесу.

4.2. Основні способи збагачення керамічної сировини і попередня підготовка матеріалів. Отримання компонентів в подрібненому стані. Зерновий склад матеріалів, способи його характеристики і визначення. Основні типи зернових складів для різних варіантів керамічної технології. Енергетика, кінетика і інтенсифікація тонкого подрібнення. Основні заходи щодо охорони праці і захисту навколишнього середовища при процесах подрібнення.

4.3. Змішування матеріалів і підготовка мас. Методи оцінки однорідності керамічних мас. Основні схеми підготовки грубозернистих (напівсухих і пластичних) і тонкозернистих (напівсухих, пластичних і шлікерів) мас. Процеси зневоднення шлікерів при мокрому способі підготовки маси (фільтрування, електрофорез, розпилювальна сушка). Вакуумування і вилежування пластичних мас, призначення і режими цих процесів.

4.4. Процеси і методи формування керамічних напівфабрикатів. Загальні характеристики формувальних сумішей. Пресування порошкоподібних мас. Структура і властивості прес-порошків. Послідовність процесів, що відбуваються при пресуванні. Причини нерівної щільності пресувань і шляху її усунення. Спеціальні види пресування (ізостатичне, квазіізостатичне, вібропресування, гаряче пресування і ін.), їх відмінні особливості.

Формування пластичних мас. Основні поняття теорії пластичності дисперсних систем. Найважливіші характеристики керамічних мас в пластичному стані. Процес розвитку і види деформацій при пластичному формуванні. Способи пластичного формування (витискування або протяжка через профільні мундштуки,

допресування або пресштампівка, розкочування в тіла обертання). Особливості формування пластичних безглинистих мас.

Лиття керамічних напівфабрикатів з рідиннотекучих мас. Класифікація методів лиття і їх теоретичні основи, загальні вимоги до шлікерів. Лиття з водних лікерів у пористі форми. Регулювання властивостей водних глинистих і неглинистих шлікерів. Фізико-хімічна роль електролітів в розрідженні шлікерів. Види електролітів і підбір їх оптимальної кількості. Основні особливості гарячого лиття з шлікерів на термопластичному зв'язуючому. Лиття тонких керамічних плівок з шлікерів на полімерних зв'язках.

Література: [1-7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 26].

Тема 5. Процеси і методи термічної обробки керамічних матеріалів і виробів

5.1. Сушка керамічних напівфабрикатів. Стадії процесу сушки. Способи регулювання внутрішньої і зовнішньої дифузії вологи. Чинники, що визначають допустиму швидкість видалення вологи при сушці. Методи і режими сушки в керамічній технології для різних видів виробів. Шляхи інтенсифікації процесів сушки. Способи і режими видалення органічних пластифікаторів з напівфабрикатів.

5.2. Процеси спікання і випалювання кераміки. Визначення і критерії процесу спікання. Термодинамічний опис процесів, що протікають при випалюванні. Рушійна сила процесу спікання. Класифікація процесів по структурних складових, що визначають явище спікання і механізм перенесення речовини.

Рідинне спікання. Процес ущільнення, який визначається в'язким перебігом рідини і фізико-хімічною взаємодією твердої і рідкої фаз. Вплив властивостей і будови розплаву на процес спікання. Регулювання і інтенсифікація процесу рідинно-фазного спікання.

Твердофазове спікання. Механізми перенесення речовини: пластична деформація зерен, випаровування-конденсація, поверхнева і об'ємна дифузія. Процес рекристалізації при спіканні. Методи інтенсифікації процесу твердофазового спікання. Роль мінералізаторів при спіканні. Спікання під тиском (гаряче пресування). Реакційне спікання при взаємодії з газовим середовищем випалення.

5.3. Випалювання керамічних виробів. Чинники, що визначають вибір режиму випалювання виробів (температура, швидкість підйому температури, ізотермічна витримка, швидкість охолодження). Роль термічної напруги і процесів масообміну при підборі температурно-часових параметрів. Заходи щодо охорони праці і навколишнього

середовища, здійснювані на підприємствах при випалюванні керамічних виробів.

Література: [1-4, 7-10, 12-14, 26, 27].

Тема 6. Додаткові технологічні процеси в керамічній технології

6.1. Отримання пористих керамічних структур. Типи пористих структур, їх призначення і основні характеристики. Методи поризації структури (введення вигоряючих добавок, піноутворювачі в концентровану суспензію, газоутворення за рахунок хімічних реакцій в керамічній масі, використання порожнистих мікросфер). Особливості отримання пористої кераміки з високою проникністю для фільтрації рідких і газоподібних середовищ.

6.2. Отримання мінеральних волокон і їх застосування в керамічній технології. Вимоги до волокон. Основні сировинні матеріали. Отримання мінеральних розплавів і типи вживаних установок. Способи волокнутворення (дугтьовий горизонтальний і вертикальний, відцентровий і відцентрово-дугтьовий).

6.3. Отримання безвипалювальних і неформованих керамічних матеріалів і виробів. Наповнювачі і їх призначення. Вплив зернового складу наповнювача на щільність виробів.

6.4. Механічна обробка кераміки. Призначення процесу і початкові механічні характеристики кераміки. Види обробки (різання, шліфування, обробка ультразвуком). Характер руйнування кераміки при шліфуванні. Вживані абразивні матеріали і їх властивості. Шліфувальні порошки, пасти, суспензії.

6.5. Виготовлення гіпсових форм. Вимоги до формувального гіпсу і гіпсових форм. Приготування і процес тверднення гіпсового розчину. Послідовність виготовлення форм для литва і пластичного формування. Недоліки гіпсових форм. Використання інших пористих матеріалів (металокерамічних і полімерних композицій) для виготовлення форм.

Література: [1, 2, 6-8, 10-13, 20].

Тема 7. Покриття по кераміці

7.1. Глазурування кераміки. Типи глазурі і їх властивості. Склади і методи розрахунку складів і властивостей глазурі. Сировинні матеріали і методи приготування фритованих і сирих глазур. Основні критерії підбору глазурі до керамічного черепка. Способи нанесення глазурі на поверхню виробів. Дефекти глазурованих покриттів, їх

причини і способи усунення.

7.2. Ангобування керамічних виробів. Ангоби і їх призначення. Склади і вживані сировинні матеріали. Способи приготування і нанесення ангобів на поверхню виробів.

7.3. Декорування керамічних виробів. Матеріали, вживані для декорування. Керамічні пігменти, класифікація, вихідні матеріали, технологія отримання. Керамічні фарби, надглазурні і підглазурні. Технологія їх приготування. Препарати благородних металів, люстри. Методи декорування (трафаретний друк, декалькоманія, аерографія і ін.). Закріпне випалювання декору.

7.4. Металізація і отримання металокерамічних вузлів. Призначення металізації. Вимоги до металевих покриттів по кераміці різного призначення. Використовувані метали і металовмісні пасти. Варіанти технології металізації (метод випалювання металу або солі металу; полум'яне, плазмове і вакуумно-плазмове напилення; термокомпресійна і дифузійна зварка кераміки і металу).

Література: [1-3, 6, 7, 9-12, 15, 16].

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Якість керамічних виробів, технологія їх виробництва базуються на складах мас, прийнятих для виготовлення даного виду виробів. Правильність вибору складу шихти визначається технологічними властивостями маси, які повинні забезпечувати раціональний процес виробництва і високу якість продукції при мінімальних енергетичних і матеріальних витратах.

Уміння правильно розраховувати склади, здійснювати своєчасне коректування при зміні вологості сировинних матеріалів, заміні окремих компонентів шихти і так далі є підґрунтям випуску якісної продукції.

1. Розрахунок вмісту речовини, вологості матеріалів і керамічних мас

1.1. Перерахунок кількості вологого матеріалу на суху речовину

При розрахунку кількості вологих матеріалів використовують такі характеристики, як абсолютна і відносна вологість.

Абсолютну вологість W_a , або вологість, віднесену до висушеного до постійної ваги наважки, знаходять за формулою:

$$W_a = \frac{q_0 - q_1}{q_1} \cdot 100\%,$$

де q_0 - маса вологого матеріалу; q_1 - маса матеріалу, висушеного до постійного значення.

Відносну вологість W , або вологість, віднесену до маси вологого матеріалу, визначають за формулою:

$$W = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100\%.$$

Співвідношення між абсолютною і відносною вологістю виражається залежностями:

$$W = \frac{100W_a}{100 + W_a}; \quad W_a = \frac{100W}{100 - W}.$$

Приклад. Визначити відносну кар'єрну вологість глини, якщо наважка масою 20,35 г після сушіння в сушильній шафі зменшилася до 15,72 г.

$$W = \frac{20,35 - 15,72}{20,35} \cdot 100\% = 22,75\%.$$

Абсолютна вологість завжди має більше значення і для даної глини складає: $W_a = 29,45\%$.

На практиці всі технологічні розрахунки з матеріалами проводяться по сухій речовині, тобто склади матеріалів перераховуються на продукт, що не містить механічно зв'язаної води. Перерахунок ведуть за такою формулою:

$$X_c = \frac{q_{вл} \cdot (100 - W)}{100},$$

де X_c - вихідна маса сухого матеріалу, г; $q_{вл}$ - вихідна маса вологого матеріалу, г; W - вологість матеріалу, %.

Приклад. Розрахувати кількість сухої речовини, що міститься в 1850 кг глини з вологістю 22%.

$$X_c = \frac{1850 \cdot (100 - 22)}{100} = 1443 \text{ кг.}$$

Перерахунок на суху речовину суміші (шихти), що містить декілька компонентів, проводиться за формулами:

$$X_c = \sum_{i=1}^N \frac{a_i \cdot (100 - W) \cdot 100}{100b}$$

(якщо склад не перерахований на 100%)

$$X_c = \sum_{i=1}^N \frac{a_i \cdot (100 - W)}{100}$$

(якщо склад приведений до 100%)

де X_c – вихідна маса сухої речовини в суміші; a_i - вміст окремої складової частини, %; $100b$ - загальна сума складових частин шихти a_i , %.

Приклад. Розрахувати кількість сухої речовини, що міститься в шихті складу, мас. %: глина - 70; гранітний відсів - 15; металургійний шлак - 10; шамот - 5, якщо вологість глини - 24; гранітного відсіву - 7; шлаку - 5; шамоту - 0,5%. Маса шихти – 450 кг.

$$X_c = \frac{450 \cdot 0,7 \cdot (100 - 24)}{100} + \frac{450 \cdot 0,15 \cdot (100 - 7)}{100} + \frac{450 \cdot 0,1 \cdot (100 - 5)}{100} + \frac{450 \cdot 0,05 \cdot (100 - 0,5)}{100} = 239,4 + 62,8 + 42,7 + 22,4 = 367,3 \text{ кг.}$$

1.2. Перерахунок вмісту сухої речовини на вологий матеріал

Перерахунок здійснюється за формулою:

$$X_{\text{вл}} = \frac{q_c \cdot 100}{100 - W},$$

де $X_{\text{вл}}$ - маса вологого матеріалу, яку знаходять; q_c - вихідна маса сухого матеріалу; W - відносна вологість.

Іноді на практиці перерахунки сухого матеріалу на вологий проводять, приймаючи масу сухого матеріалу за 100%. Тоді:

$$X_{\text{вл}} = \frac{q_c \cdot (100 + W_a)}{100}.$$

Приклад. Визначити масу матеріалу при його зволоженні до 16%. Початкова вологість 0%. Кількість матеріалу 850 кг

$$X_{\text{вл}} = \frac{850 \cdot 100}{100 - 16} = 1011,9 \text{ кг.}$$

3.1.3. Перерахунок матеріалу з однієї вологості на іншу

Такий розрахунок необхідний при зміні в технологічному процесі вологості матеріалу, наприклад при розпуску глини, обезводненні шлікера і ін. Здійснюється за формулою:

$$X_{\text{вл}} = \frac{q \cdot (100 - W)}{100 - W_1},$$

де $X_{\text{вл}}$ - маса матеріалу з новою вологістю, яку знаходять; q - маса матеріалу з вихідною вологістю; W - вихідна вологість матеріалу; W_1 - вологість матеріалу після його переробки.

Приклад. Дана природна глина масою 300 кг і вологістю 15%. Необхідно визначити її масу після зволоження до 24%.

$$X_{\text{вл}} = \frac{300 \cdot (100 - 15)}{100 - 24} = 335,5 \text{ кг.}$$

Приклад. Суспензію фарфорової (порцелянової) маси (4500 кг) з вологістю 55% пропустили через фільтрпрес. Вологість коржів після зневоднення склала 22%. Визначити масу коржів.

$$X_{\text{корж}} = \frac{4500 \cdot (100 - 55)}{100 - 22} = 2596,15 \text{ кг.}$$

Приклад. Даний склад фарфорової (порцелянової) маси, мас. %: глина часов'ярська - 16; каолін просянівський - 35; кварцовий пісок - 25; польовий шпат - 24. Вихідні матеріали мають вологість %: глина - 20; каолін - 18; кварцовий пісок - 0,5; польовий шпат - 1. Потрібно розрахувати необхідну кількість матеріалів і води для отримання 100кг маси з вологістю 22%.

Необхідна кількість сухих матеріалів (глини) складає:

$$\frac{100 \cdot 0,16 \cdot (100 - 22)}{100} = 12,5 \text{ кг.}$$

Аналогічно визначається кількість інших матеріалів, кг: каоліну - 27,3; польового шпату - 18,7; кварцового піску - 19,5. Кількість води в масі складе:

$$100 - 12,5 - 27,3 - 18,7 - 19,5 = 22 \text{ кг (або } 100 \times 0,22 = 22 \text{ кг).}$$

З урахуванням вологості кількість матеріалів складе:

- глини - $(12,5 \times 100) / (100 - 20) = 15,6$ кг (вода в глині складе: $15,6 - 12,5 = 3,1$ кг);
- каоліну - 33,3кг (води в каоліні - 6,0 кг);
- польового шпату - 18,9(вода в польовому шпаті - 0,2 кг);
- кварцового піску - 19,6(вода в кварцовому піску - 0,1 кг).

При цьому в масу потрібно буде додати воду в кількості:

$$22 - 3,1 - 6,0 - 0,2 - 0,1 = 12,6 \text{ кг}$$

Цих же значень кількості матеріалів можна набути з формули перерахунку матеріалу з однієї вологості на іншу. Наприклад, для глини:

$$X_{\text{гл}} = \frac{100 \cdot 0,16 \cdot (100 - 22)}{100 - 20} = 15,6 \text{ кг.}$$

Розрахунок необхідної кількості суспензії і порошку для приготування керамічної маси заданої вологості проводиться таким чином:

$$X_{\text{пор}} = \frac{W_{\text{сусп}} - W_{\text{м}}}{W_{\text{сусп}} - W_{\text{пор}}} \cdot 100\%;$$

$$X_{\text{сусп}} = \frac{W_{\text{м}} - W_{\text{пор}}}{W_{\text{сусп}} - W_{\text{пор}}} \cdot 100\%,$$

де $X_{\text{пор}}$ - кількість порошку для керамічної маси, %; $X_{\text{сусп}}$ - кількість керамічної суспензії, %; $W_{\text{сусп}}$, $W_{\text{пор}}$, $W_{\text{м}}$ - відповідно вологості суспензії, пороша і маси %.

Приклад. Визначити необхідну кількість фаянсового шлікеру (суспензії) і порошку для приготування з них керамічної маси з вологістю 24%. Вологість порошку 8%. Вологість шлікеру 58%.

$$X_{\text{шл}} = \frac{24 - 8}{58 - 8} \cdot 100\% = 32\%;$$

$$X_{\text{пор}} = \frac{58 - 24}{58 - 8} \cdot 100\% = 68\%.$$

Перевіряємо правильність розрахунку: $W_M = (58 \times 0,32) + (8 \times 0,68) = 24\%$, що відповідає завданню.

2. Розрахунок хімічного і шихтового складів мас і глазури

2.1. Розрахунок хімічного складу маси

Для виконання необхідного розрахунку необхідно знати шихтовий склад маси, а також хімічний склад вживаних сировинних матеріалів.

Приклад. Розрахувати хімічний склад маси у виробництві кахлів, що містить, мас. %: глина никифорівська - 42,5; глина ДНПК - 22,5; нефелін-сієніт - 20; кварцовий пісок - 10; бій виробів - 5.

Перш ніж приступити до розрахунку, потрібно з шихтового рецепту маси виключити бій (оскільки зазвичай використовуються відходи виробництва цього ж виду виробів, які не впливають на хімічний склад маси) і привести рецептуру до 100%. В результаті до розрахунку приймається наступний шихтовий склад маси, мас. %: глина никифорівська - 44,74; глина ДНПК - 23,68; нефелін-сієніт - 21,05; кварцовий пісок - 10,53.

Вживані сировинні матеріали мають хімічний склад, приведений в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сировинних матеріалів

Компоненти шихти	Оксиди та їх вміст, %								
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п.
Глина нікіфорівська	56,02	0,96	23,46	9,17	0,75	0,74	-	-	8,90
Глина ДНПК	60,97	0,71	22,26	1,76	2,79	2,04	2,34	-	7,13
Нефелін-сієніт	44,37	-	28,97	3,30	2,20	0,43	11,94	7,67	1,12
Кварцовий пісок	96,38	-	1,47	0,05	0,50	-	0,13	0,15	1,32

Якщо хімічний склад сировинних матеріалів не рівний 100%, то його слід перерахувати.

Далі розраховується вміст оксидів, що вводяться в масу кожним компонентом шихти відповідно до рецепту, а потім обчислюється сумарна кількість кожного оксиду в масі. Наприклад, при введенні в масу 44,74% нікіфорівської глини буде введено:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2: & 56,02 \times 0,4474 = 25,06 \text{ мас.ч.}; \\ \text{TiO}_2: & 0,96 \times 0,4474 = 0,43 \text{ мас.ч.}; \\ \text{Al}_2\text{O}_3: & 23,46 \times 0,4474 = 10,50 \text{ мас.ч.}; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3: & 9,17 \times 0,4474 = 4,10 \text{ мас.ч.}; \\ \text{CaO}: & 0,75 \times 0,4474 = 0,34 \text{ мас.ч.}; \\ \text{MgO}: & 0,74 \times 0,4474 = 0,33 \text{ мас.ч.}; \\ \text{в.п.п.}: & 8,90 \times 0,4474 = 3,98 \text{ мас.ч.} \end{aligned}$$

Аналогічно розраховується кількість оксидів, що вносяться глиною ДНПК, нефелін-сієнітом і кварцовим піском.

Дані розрахунків вводяться в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові дані визначення хімічного складу маси

Компоненти шихти	Шихтовий склад, мас. %	Вміст оксидів, які введені кожним компонентом маси, мас.ч.								
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п.
Глина нікіфорівська	44,74	25,06	0,43	10,50	4,10	0,34	0,33	-	-	3,98
Глина ДНПК	23,68	14,44	0,17	5,27	0,42	0,66	0,48	0,55	-	1,69
Нефелін-сієніт	21,058	9,34	-	6,10	0,69	0,46	0,10	2,51	1,61	0,24
Кварцовий пісок	10,53	10,15	-	0,15	0,01	0,05	-	0,01	0,02	0,14
Σ на непрожарену речовину	100,00	58,99	0,60	22,02	5,22	1,51	0,91	3,07	1,63	6,05

Закінчення табл. 2

Компоненти шихти	Шихтовий склад, мас. %	Вміст оксидів, які введені кожним компонентом маси, мас. ч.								
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п.
Σ на прожарену речовину	100,00	62,79	0,64	23,44	5,55	1,61	0,97	3,27	1,73	-

Таким чином, хімічний склад керамічної маси буде наступним, мас. %: SiO₂ - 62,79; TiO₂ - 0,64; Al₂O₃ - 23,44; Fe₂O₃ - 5,55; CaO - 1,61; MgO - 0,97; Na₂O - 3,27; K₂O - 1,73.

При проведенні розрахунку допустимі такі спрощення. Якщо компонент вводять в незначній кількості, то можна включити в розрахунок лише ті оксиди, які є в ньому переважаючими. Вміст Fe₂O₃ і TiO₂ зазвичай приплюсовують до Al₂O₃. Вміст лужних оксидів визначають як суму K₂O + Na₂O.

Перерахунок складу на прожарену речовину проводять шляхом ділення вмісту в масі кожного оксиду на величину (100 – в.п.п.), тобто приведенням складу до 100% без в.п.п. Результат визначається у відсотках. Наприклад, для SiO₂:

$$\frac{58,99 \cdot 100}{100 - 6,05} = 62,79\%.$$

2.2. Розрахунок втрат при прожарюванні шихти (в.п.п.)

Розрахунок в.п.п. шихти проводять виходячи з величини в.п.п. кожного сировинного матеріалу і його кількісного вмісту в шихті.

Приклад. Розрахувати втрати при прожарюванні шихти, що містить, мас. %: глина «Городок» (нижній шар) - 50; глина ДНПК - 15; нефелін-сієніт - 13; кварцевий пісок - 15; шамот - 7. Хімічний склад сировинних матеріалів приведений в додатку.

В.п.п., %, будуть рівні:

$$7,69 \cdot 0,50 + 8,91 \cdot 0,15 + 0,36 \cdot 0,13 + 1,32 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,07 = 5,43.$$

Примітка. Шамот не має втрат при прожарюванні, оскільки пройшов випалювання при високій температурі.

2.3. Розрахунок коефіцієнта кислотності керамічних мас

Одним з показників поведінки керамічних виробів під час випалювання і експлуатації є коефіцієнт кислотності (КК) керамічних матеріалів, тобто відношення еквівалентів кислот до еквівалентів основ. Коефіцієнт кислотності визначають за формулою:

$$KK = \frac{RO_2}{R_2O + RO + 3R_2O_3},$$

де RO_2 - вміст SiO_2 , TiO_2 и SnO_2 , молей; R_2O - вміст Na_2O и K_2O , молей; RO - вміст CaO и MgO , молей; R_2O_3 - вміст Al_2O_3 и Fe_2O_3 , молей.

Приклад. Даний молекулярний склад фарфору (порцеляни), молей: SiO_2 - 16,3864; Al_2O_3 - 3,3455; Fe_2O_3 - 0,0493; TiO_2 - 0,0634; CaO - 0,1101; MgO - 0,1861; K_2O - 0,4852; Na_2O - 0,2186. Знайти коефіцієнт кислотності.

$$KK = \frac{16,3864 + 0,0634}{0,1101 + 0,1861 + 0,4852 + 0,2186 + 3 \cdot (3,3455 + 0,0493)} =$$

$$= \frac{16,4498}{11,1844} = 1,47.$$

Коефіцієнт кислотності твердого фарфору (порцеляни) рівний 1,1-1,3; м'якого фарфору (порцеляни) - 1,68-1,75; господарського - 1,26-1,65; фаянсу - 1,4-1,5; майоліки - 1,40-1,45; для керамічних виробів інших видів досягає 2, але не більш.

З підвищенням кислотності маси збільшується крихкість кераміки і зростає її здібність до деформації при випалюванні, поліпшується просвічуваність, але знижується термостійкість виробів.

Відношення $R_2O_3 / (R_2O + RO)$ також характеризує стійкість керамічних мас до випалювання. Для фарфору (порцеляни) воно знаходиться в межах 2-5. Чим більше це відношення, тим стійкіше за масу до випалювання.

2.4. Розрахунок хімічних складів глазурі

Як правило, у виробництві керамічних виробів глазурі задаються хімічним складом, який може бути виражений в молярних або масових відсотках, або молекулярною формулою Зегера. У ряді випадків потрібні перерахунки з одного виду хімічного складу в іншій.

Приклад. Даний хімічний склад глазурі мас. %: SiO_2 – 61,31; Al_2O_3 – 7,4; B_2O_3 – 15,5; CaO – 5,54; MgO – 2,05; K_2O – 4,68; Na_2O – 3,52. Потрібно представити хімічний склад даної глазурі в молярних відсотках.

В даному випадку слід визначити відносне число молей кожного з оксидів, що входять до складу глазури, шляхом ділення вмісту кожного оксиду у відсотках на його відносну молекулярну масу (M). Потім отримані результати приводять до 100% шляхом ділення вмісту кожного оксиду в молях на сумарний вміст молей оксидів:

	мас. %	M	моли	мол. %
SiO ₂	61,31	60,10	1,0201	64,91
Al ₂ O ₃	7,40	101,96	0,0726	4,62
B ₂ O ₃	15,50	69,62	0,2226	14,17
CaO	5,54	56,10	0,0988	6,29
MgO	2,05	40,31	0,0509	3,24
K ₂ O	4,68	94,20	0,0497	3,16
Na ₂ O	3,52	61,98	0,0568	3,61
			$\Sigma 1,5715$	$\Sigma 100$

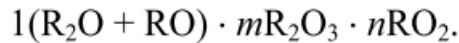
При переводі молярних відсотків в масові потрібно вміст кожного оксиду в молярних відсотках перевести в масові долі і помножити на його молекулярну масу (M). Отриману суму привести до 100%.

Приклад. Даний хімічний склад глазури, мол. %: SiO₂ - 56,71; Al₂O₃ - 3,8; B₂O₃ - 17,9; CaO - 6,85; MgO - 3,98; K₂O - 3,64; Na₂O - 7,12. Потрібно виразити склад глазури в масових відсотках.

	мол. %	M	мас. доли	мас. ч.	мас. %
SiO ₂	56,71	60,10	0,5671	34,08	53,51
Al ₂ O ₃	3,80	101,96	0,0380	3,87	6,08
B ₂ O ₃	17,90	69,62	0,1790	12,46	19,56
CaO	6,85	56,10	0,0685	3,84	6,03
MgO	3,98	40,31	0,0398	1,60	2,51
K ₂ O	3,64	94,20	0,0364	3,43	5,39
Na ₂ O	7,12	61,98	0,0712	4,41	6,92
				$\Sigma 63,69$	$\Sigma 100$

Приклад. Даний хімічний склад глазури, мас. %: SiO₂ - 47,7; Al₂O₃ - 7,48; B₂O₃ - 15,6; PbO - 12,42; CaO - 6,86; MgO - 2,22; K₂O - 4,48; Na₂O - 3,24. Потрібно розрахувати молекулярну формулу глазури (формулу Зегера).

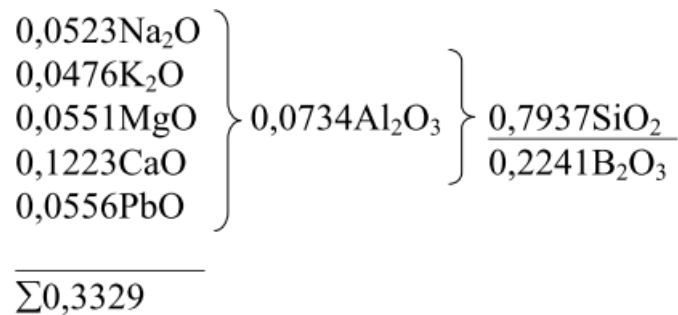
При визначенні молекулярної формули спочатку необхідно масові відсотки вмісту кожного з оксидів, що входять до складу глазурі, перевести у відносне число молей. При складанні молекулярної формули суму молей речовин R_2O і RO , що містяться в глазурі, прирівнюють до одиниці і обчислюють ті, що доводяться на 1 моль $R_2O + RO$ число молей оксидів типу R_2O_3 (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 і ін.) і кислотних оксидів RO_2 (SiO_2 , B_2O_3). Кінцева формула має вигляд:



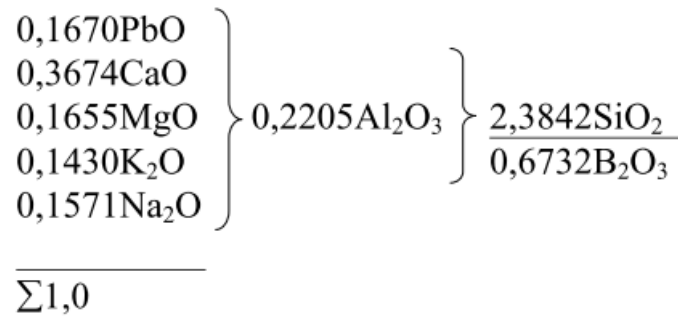
а) розрахунок вмісту відносного числа молей оксидів, що входять до складу глазурі:

	мас. %	M	моли
SiO_2	– 47,70	: 60,10	→ 0,7937
Al_2O_3	– 7,48	: 101,96	→ 0,0734
B_2O_3	– 15,60	: 69,62	→ 0,2241
PbO	– 12,42	: 223,19	→ 0,0556
CaO	– 6,86	: 56,08	→ 0,1223
MgO	– 2,22	: 40,31	→ 0,0551
K_2O	– 4,48	: 94,20	→ 0,0476
Na_2O	– 3,24	: 61,98	→ 0,0523
			Σ1.4241

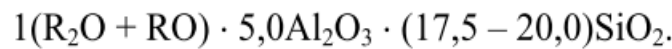
Далі формула глазурі може бути представлена в наступному вигляді:



б) обчислення молекулярної формули: сума оксидів R_2O і RO ($0,0523 + 0,0476 + 0,0551 + 0,1223 + 0,0556 = 0,3329$) прирівнюється до одиниці. Для перерахунку решти оксидів слід розділити число молей кожного на 0,3329. Тоді молекулярний склад глазурі буде наступним:

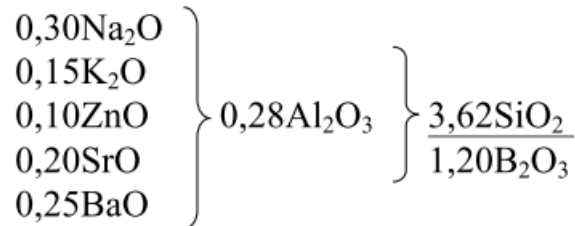


Аналогічним чином обчислюється молекулярна формула для керамічних мас. Наприклад, молекулярна формула твердого фарфору (порцеляни) матиме вигляд:



Для обчислення вмісту оксидів за молекулярним складом або молярним відсоткам необхідний вміст кожного оксиду в молях або молярних відсотках помножити на відповідну відносну молекулярну масу (M), а суму, що вийшла, прийняти за 100%.

Приклад. Розрахувати хімічний склад глазури за її молекулярною формулою:



Розрахунок ведеться таким чином:

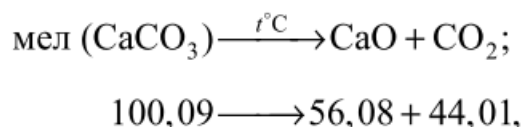
	моли	<i>M</i>		мас. ч.	мас. %
SiO ₂	– 3,62	· 60,10	→	217,56	→ 50,65
B ₂ O ₃	– 1,20	· 69,62	→	83,54	→ 19,45
Al ₂ O ₃	– 0,28	· 101,96	→	28,55	→ 6,65
BaO	– 0,25	· 153,34	→	38,34	→ 8,92
SrO	– 0,20	· 103,62	→	20,72	→ 4,82
ZnO	– 0,10	· 81,37	→	8,14	→ 1,89
K ₂ O	– 0,15	· 94,20	→	14,13	→ 3,29
Na ₂ O	– 0,30	· 61,98	→	18,59	→ 4,33
				Σ429,57	Σ100

Таким чином, хімічний склад глазури буде таким, мас. %: SiO_2 – 50,65; Al_2O_3 – 6,65; B_2O_3 – 19,45; BaO – 8,92; SrO – 4,82; ZnO – 1,89; K_2O – 3,29; Na_2O – 4,33.

2.5. Розрахунок шихтового складу глазури

Розрахунок шихтового складу глазури проводиться на основі заданого хімічного складу відповідно до використовуваних сировинних компонентів і їх хімічного складу. Як сировинні компоненти використовуються природні (кварцовий пісок, крейда, доломіт, пегматит), у тому числі і збагачені (каолін, польовошпатна сировина), а також продукти хімічних виробництв (глинозем, оксид магнію, кальцинована сода, поташ, борна кислота і ін.).

Розрахунок шихтового складу глазури починають з компонентів, що мають складний склад і що забезпечують введення декількох оксидів. В цьому випадку розрахунок проводиться виходячи з хімічного складу компоненту. Оксиди, що додатково вводяться з основним оксидом, віднімаються при подальших розрахунках. Якщо використовувані матеріали є хімічно чистими, то у такому разі перехід від оксидного складу до шихтового можна здійснювати через перевідні коефіцієнти, які розраховуються виходячи з хімічних реакцій, що протікають при високих температурах в процесі варки фрити (для фритованої глазури) або при наплавленні глазури (для не фритованої), наприклад:



звідки витікає, що для введення до складу глазури 56,08 мас.ч. CaO необхідно ввести 100,09 мас.ч. крейди, тобто

$$K = \frac{100,09}{56,08} = 1,78.$$

Перевідний коефіцієнт може бути розрахований виходячи з кількісного вмісту оксиду у вживаному компоненті, наприклад при вмісті 99% SiO_2 в кварцовому піску $K = 100/99 = 1,01$.

Якщо в процесі варки компонент звітряється, то це враховується при розрахунку, наприклад для борної кислоти з урахуванням 12% на звітрявання перевідний коефіцієнт буде рівний 1,77 плюс 12%, що у результаті складе біля 2.

Приклад. Розрахувати шихтовий склад фрити, що має наступний хімічний склад, мас. %: SiO_2 - 60,02; Al_2O_3 - 11,49; B_2O_3 - 10,92; CaO - 2,53; MgO - 1,5; K_2O - 6,67; Na_2O - 3,79; ZrO_2 - 3,08.

У даному прикладі потрібно ввести: SiO_2 - кварцовим піском, Al_2O_3 - пегматитом, B_2O_3 - борною кислотою, CaO - крейдою, MgO - магnezією, K_2O - поташем, Na_2O - кальцинованою содою, ZrO_2 - цирконом.

Розрахунок шихтового складу глазурі починають з пегматиту, з яким вводяться різні оксиди.

Хімічний склад пегматиту, мас. %: SiO_2 - 70,39; TiO_2 - 0,13; Al_2O_3 - 16,94; Fe_2O_3 - 0,25; CaO - 1,02; MgO - 0,48; Na_2O - 2,9; K_2O - 7,46; в.п.п. - 0,43.

З приведенного хімічного складу пегматиту видно, що при введенні 100 мас.ч. до складу глазурі увійде 16,94 мас.ч. Al_2O_3 . За умовою завдання в глазурі необхідно мати 11,49 мас.ч. Al_2O_3 ; кількість пегматиту, що забезпечує цю кількість, розраховується виходячи із співвідношення:

$$100 \text{ мас. ч. пегматита} - 16,94 \text{ мас. ч. } \text{Al}_2\text{O}_3 \\ X_{\text{пегм}} - 11,49 \text{ мас. ч. } \text{Al}_2\text{O}_3$$

$$X_{\text{пегм}} = \frac{100 \cdot 11,49}{16,94} = 67,83 \text{ мас. ч.}$$

Додатково з пегматитом до складу глазурі увійдуть наступні оксиди: SiO_2 , Na_2O , K_2O . Вміст решти оксидів незначний і в розрахунку не враховується. Кількість оксидів розраховується виходячи із співвідношення:

$$100 \text{ мас. ч. пегматита} - A_{\text{окс}} \text{ мас. ч.} \\ 67,83 \text{ мас. ч. пегматита} - X_{\text{окс}}$$

$$X_{\text{SiO}_2} = \frac{67,83 \cdot 70,39}{100} = 47,75 \text{ мас. ч.};$$

$$X_{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{67,83 \cdot 2,9}{100} = 1,97 \text{ мас. ч.};$$

$$X_{\text{K}_2\text{O}} = \frac{67,83 \cdot 7,46}{100} = 5,06 \text{ мас. ч.}$$

Аналогічним чином розраховується вміст цирконового концентрату, що вводиться (за умови, що в ньому міститься 65% ZrO_2 і 33% SiO_2).

$$X_{\text{цирк. конц}} = \frac{100 \cdot 3,08}{65} = 4,74 \text{ мас. ч.};$$

$$X_{SiO_2} = \frac{4,74 \cdot 33}{100} = 1,56 \text{ мас. ч.}$$

Далі, враховуючи кількість оксидів, введених з пегматитом і цирконовим концентратом, і використовуючи перевідні коефіцієнти, можна продовжити розрахунок таким чином:

Оксид	Содержание, мас. %	Материал (переводной коэффициент)	Шихта на 100 кг фритты	Шихтовой состав фритты, мас. %
SiO_2	60,02 – 47,75 – 1,56	Кварцевый песок (1,01)	10,82	9,27
Al_2O_3	11,49	Пегматит	67,83	58,11
B_2O_3	10,92	Борная кислота (2)	21,84	18,71
CaO	2,53	Мел (1,78)	4,50	3,86
MgO	1,48	Магнезия (1,01)	1,52	1,30
K_2O	6,67 – 5,06	Поташ (1,48)	2,38	2,04
Na_2O	3,79 – 1,97	Сода кальцинированная (1,7)	3,09	2,65
ZrO_2	3,08	Цирконовый концентрат	4,74	4,06
			$\Sigma 116,69$	$\Sigma 100$

Таким чином, шихтовий склад фрити буде наступний, мас. %: кварцовий пісок - 9,27; пегматит - 58,11; борна кислота - 18,71; крейда - 3,86; магнезія - 1,30; поташ - 2,04; сода кальцинована - 2,65; цирконовий концентрат - 4,06.

Розрахунок хімічного складу глазурі по її шихтовому складу ведеться аналогічно розрахунку хімічного складу маси по її шихтовому складу (див. п. 3.2.1).

3. Розрахунок властивостей глазури

3.1. Розрахунок температурного коефіцієнта лінійного розширення глазури (ТКЛР)

Розрахунок ТКЛР здійснюється за методом Аппена по загальній формулі:

$$\alpha \cdot 10^7 = \frac{A_1 \bar{\alpha}_1 + A_2 \bar{\alpha}_2 + \dots + A_n \bar{\alpha}_n}{100} = \frac{\sum A_i \bar{\alpha}_i}{100},$$

або

$$\alpha \cdot 10^7 = \frac{a_1 \bar{\alpha}_1 + a_2 \bar{\alpha}_2 + \dots + a_n \bar{\alpha}_n}{\sum a_i} = \frac{\sum a_i \bar{\alpha}_i}{\sum a_i}.$$

Приведені формули відрізняються тільки способом виразу складів:

A_i - вміст оксидів, мол. %;

i - усереднені парціальні коефіцієнти розширення оксидів;

a_i - вміст оксидів, молей (застосовується при використанні молекулярної формули глазури).

Усереднені парціальні коефіцієнти розширення оксидів є відомими даними і беруться з таблиць (табл. 3), а для SiO_2 , B_2O_3 , TiO_2 і PbO їх обчислюють по наближених емпіричних формулах, оскільки їх величина залежить від хімічного складу глазури.

Для розрахунку $\bar{\alpha}$ оксидів користуються формулою:

$$\bar{\alpha}_{\text{SiO}_2} \cdot 10^7 = 38 - 1(A_{\text{SiO}_2} - 67),$$

де A_{SiO_2} - молярний відсоток кремнезему в глазури.

Якщо SiO_2 міститься в глазури в кількості, рівній або меншій 67 мол.%, то величина $\bar{\alpha}_{\text{SiO}_2}$ умовно приймається постійною і рівною 38.

$$\bar{\alpha}_{\text{TiO}_2} \cdot 10^7 = 30 - 1,5(A_{\text{SiO}_2} - 50),$$

тобто розрахунковий коефіцієнт для оксиду титану залежить від вмісту SiO_2 в глазури.

$$\bar{\alpha}_{\text{B}_2\text{O}_3} \cdot 10^7 = 12,5(4 - \psi) - 50,$$

де ψ - відношення сумарного числа молей оксидів Li_2O , Na_2O , K_2O , CaO , BaO до числа молей оксиду B_2O_3 :

$$\psi = \frac{A_{\text{Li}_2\text{O}} + A_{\text{Na}_2\text{O}} + A_{\text{K}_2\text{O}} + A_{\text{CaO}} + A_{\text{BaO}}}{A_{\text{B}_2\text{O}_3}}.$$

Якщо $\psi > 4$, то $\bar{\alpha}_{\text{B}_2\text{O}_3} \cdot 10^7$ умовно приймається постійним і рівним

50. При обчисленні Ψ наявність в склі оксидів MgO, ZnO і PbO до уваги не приймається. У разі одночасної присутності в склі борного ангідриду і Al₂O₃ коефіцієнт Ψ визначається за формулою:

$$\Psi = \frac{A_{R_2O} + A_{RO} - A_{Al_2O_3}}{A_{B_2O_3}},$$

де A_{R_2O} і A_{RO} - сумарні молярні відсотки вмісту оксидів металів із ступенем окислення 1 і 2.

Таблиця 3

**Усереднені парціальні розрахункові коефіцієнти
лінійного розширення оксидів і фторидів в силікатних стеклах**

Компонент	$\bar{\alpha}_i \cdot 10^7$ в інтервалі 20-400°C	Молекулярна вага	Компонент	$\bar{\alpha}_i \cdot 10^7$ в інтервалі 20-400°C	Молекулярна вага
SiO ₂	5-38	60,09	CoO	50	74,9
Li ₂ O	270	29,9	NiO	50	74,7
Na ₂ O	395	62,0	CuO	30	79,6
K ₂ O	465	94,2	Al ₂ O ₃	-30	101,9
BeO	45	25,0	B ₂ O ₃	0-50	69,9
MgO	60	40,3	Sb ₂ O ₃	75	291,5
CaO	130	56,1	TiO ₂	Від+30 до -15	79,9
SrO	160	103,6	ZrO ₂	-60	123,2
BaO	200	153,4	SnO ₂	-45	150,7
ZnO	50	81,4	P ₂ O ₅	140	142,0
CdO	115	128,4	CaF ₂	180	78,1
PbO	130-190	223,2	Na ₂ SiF ₆	340	188,1
MnO	105	70,9	Na ₃ AlF ₆	480	210,1
FeO	55	71,8	FeO	55	79,8

Примітки:

1. Для SiO₂ мінімальне значення коефіцієнта дане для чистого кварцового скла, а максимальне - для скла або глазурі при вмісті SiO₂ 67% або менше.
2. Для PbO мінімальне значення коефіцієнта дане для глазурі із вмістом лугів 3% або менше, а максимальне - для глазурі, що містить 21% лугів.
3. Для B₂O₃ мінімальне значення коефіцієнта відповідає глазурі з відношенням суми молей оксидів Li₂O, K₂O, Na₂O, CaO и BaO до числа молей оксиду B₂O₃, близьким до нуля, а при максимальному значенні Ψ це відношення повинно бути рівним 4 або більше.
4. Для TiO₂ максимальне значення коефіцієнта дане для глазурі, що містить 50% і менше SiO₂, а мінімальне - для глазурі, що містить 65% і більше SiO₂.

Розрахунковий коефіцієнт розширення оксиду свинцю сильно міняється залежно від вмісту в глазурі лужних оксидів. Так, при вмісті в склі менше 3% лугів для оксиду свинцю $\alpha_{PbO} = 30$. При вмісті ж лугів вище 3% на кожен молярний відсоток лужних оксидів до розрахункового коефіцієнта додається п'ять одиниць. Розрахункова формула для цього випадку може бути представлена в наступному вигляді:

$$\bar{\alpha}_{PbO} \cdot 10^7 = 130 + 5(A_{R_2O} - 3).$$

На практиці хімічний склад глазури частіше задається в масових відсотках, тому для розрахунку ТКЛР глазури необхідно рецепт глазури перерахувати в молярні відсотки.

Приклад. Розрахувати ТКЛР глазури наступного хімічного складу, мас. %: SiO₂ - 49,2; Al₂O₃ - 10,2; B₂O₃ - 15,15; CaO - 6,3; MgO - 1,8; ZnO - 4,15; BaO - 2,85; K₂O - 4,85; Na₂O - 5,5.

Відносне число молей кожного оксиду, що входить до складу глазури, виходить шляхом ділення масових відсотків на відповідні молекулярні маси. Для перерахунку в молярні відсотки користуються формулою:

$$A_i = \frac{\alpha_i \cdot 100}{\sum \alpha_i},$$

де A_i - відшукуваний молярний відсоток оксиду; i - кількість молей даного оксиду.

	мас. %	число молей (α_i)	мол. % (A_i)
SiO ₂	49,20	→ 0,8188	→ 54,46
Al ₂ O ₃	10,20	→ 0,1001	→ 6,66
B ₂ O ₃	15,15	→ 0,2177	→ 14,48
CaO	6,30	→ 0,1123	→ 7,47
MgO	1,80	→ 0,0447	→ 2,97
ZnO	4,15	→ 0,0510	→ 3,39
BaO	2,85	→ 0,0186	→ 1,24
K ₂ O	4,85	→ 0,0515	→ 3,43
Na ₂ O	5,50	→ 0,0887	→ 5,90
	$\Sigma 100$	$\Sigma 1,5034$	$\Sigma 100$

Константи (усереднені парціальні коефіцієнти розширення) для SiO_2 (кількістю SiO_2 менше 67%), Al_2O_3 , CaO , MgO , ZnO , BaO , K_2O і Na_2O беруть з табл.3, коефіцієнт розширення для B_2O_3 визначається за формулою:

$$\bar{\alpha}_{\text{B}_2\text{O}_3} \cdot 10^7 = 12,5(4 - \psi) - 50;$$

$$\psi = \frac{A_{\text{R}_2\text{O}} + A_{\text{RO}} - A_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{A_{\text{B}_2\text{O}_3}} = \frac{5,90 + 3,43 + 7,47 + 1,24 - 6,66}{14,48} = 0,79;$$

$$\bar{\alpha}_{\text{B}_2\text{O}_3} \cdot 10^7 = 12,5(4 - 0,79) - 50 = -9,9.$$

Від'ємні значення α_i не слід розуміти в тому сенсі, що відповідні оксиди, знаходячись в глазурі, піддаються стисненню при нагріванні. Оксиди, що мають негативні парціальні коефіцієнти, здатні особливо сильно знижувати розширення глазурі, у складі якої вони містяться.

Підставляючи в загальну формулу довідкові і розрахункові парціальні коефіцієнти для кожного оксиду, набувають кінцевого значення ТКЛР:

$$\begin{aligned} \alpha \cdot 10^7 &= \frac{54,46 \cdot 38 + 6,66 \cdot (-30) + 14,48 \cdot (-9,9) + 7,47 \cdot 130 + 2,97 \cdot 60}{100} + \\ &+ \frac{3,39 \cdot 50 + 1,24 \cdot 200 + 3,43 \cdot 465 + 5,90 \cdot 395}{100} = \frac{2070 - 200 - 143 + 971}{100} + \\ &+ \frac{178 + 170 + 248 + 1595 + 2331}{100} = \frac{7220}{100} = 72,20. \end{aligned}$$

Кінцевий температурний коефіцієнт лінійного розширення рівний $72,20 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$. Якщо в розрахунку використовувати молярні долі оксидів, то ТКЛР можна визначити таким чином:

$$\begin{aligned} \alpha \cdot 10^7 &= \frac{0,8188 \cdot 38 + 0,1001 \cdot (-30) + 0,2177 \cdot (-9,9) + 0,1123 \cdot 130}{1,5031} + \\ &+ \frac{0,0447 \cdot 60 + 0,0510 \cdot 50 + 0,0186 \cdot 200 + 0,0515 \cdot 465 + 0,0887 \cdot 395}{1,5031} = \\ &= \frac{108,50}{1,5031} = 72,20. \end{aligned}$$

3.2. Розрахунок коефіцієнта кислотності

Коефіцієнтом кислотності КК глазури називається кисневе відношення еквівалентів кислоти до еквівалентів основ. Основні і кислотні оксиди приведені в табл.4.

Коефіцієнт кислотності КК розраховують по формулі:

$$KK = \frac{a_3SiO_2 + 3a_4B_2O_3 + \dots}{aR_2O + a_1RO + 3a_2R_2O_3 + \dots},$$

де a, a_1, a_2, a_3, a_4 - вміст оксидів в глазури, молей.

Таблиця 4

**Основні та кислотні оксиди
для розрахунку коефіцієнта кислотності глазури**

Кислотний оксид	Основні оксиди		
	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃
SiO ₂	Li ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃
TiO ₂	Na ₂ O	MgO	Fe ₂ O ₃
B ₂ O ₃	K ₂ O	PbO	Mn ₂ O ₃
Al ₂ O ₃	Cu ₂ O	ZnO	Cr ₂ O ₃
P ₂ O ₅	-	BaO	Bi ₂ O ₃
Sb ₂ O ₃	-	MnO	-
Sb ₂ O ₅	-	FeO	-
-	-	CdO	-
-	-	NiO	-

Приклад. Даний склад глазури, мас. %: SiO₂ - 47,7; Al₂O₃ - 7,48; B₂O₃ - 15,6; PbO - 12,42; CaO - 6,86; MgO - 2,22; K₂O - 4,48; Na₂O - 3,24, що відповідає наступній молекулярній формулі, молярних долей: SiO₂ - 2,3845; Al₂O₃ - 0,2205; B₂O₃ - 0,6732; PbO - 0,1670; CaO - 0,3674; MgO - 0,1655; K₂O - 0,1430; Na₂O - 0,1571. Коефіцієнт кислотності буде рівний:

$$KK = \frac{2,3845 + 3 \cdot 0,6732}{0,1571 + 0,1430 + 0,1655 + 0,3674 + 3 \cdot 0,2205} = \frac{4,4041}{1,4945} = 2,95.$$

4. Розрахунок кількісних показників пористості і зернового складу керамічних мас і матеріалів

4.1. Розрахунок дійсної, відкритої і закритої пористості

Пористість є одним з головних показників кераміки, від якого залежать такі експлуатаційні характеристики, як механічна міцність, хімічна стійкість, водопоглинання, морозостійкість, проникність і ін.

Важливе значення має вигляд і конфігурація пор. Пори бувають закритими і відкритими, останні представлені тупиковими і каналотворюючими. Експериментальні методи визначення пористості кераміки надзвичайно складні, проте дають якнайповнішу характеристику за видами і розподілі пор за розмірами.

Розрахунковим шляхом можна оцінити різні види пористості (істинну, відкриту і закриту), виходячи з показників властивостей, які легко визначити в лабораторних умовах (уявної густини і дійсної, водопоглинання).

Приклад. Відомі значення густини і водопоглинання фасадної кераміки. Дійсна густина $\rho_{\text{ист}}$ (без врахування пор) - 2520 кг/м³, густина середня $\rho_{\text{каж}}$ (з урахуванням пор) - 1920 кг/м³, водопоглинання при кип'яченні у воді (В) - 8,5%. Слід визначити відносну густина, дійсну, відкриту і закриту пористість. Необхідні показники знаходимо з наступних виразів:

- відносна густина

$$\rho_{\text{отн}} = \frac{\rho_{\text{каж}}}{\rho_{\text{ист}}} \cdot 100\% = \frac{1920}{2520} \cdot 100\% = 76,2\%;$$

- істинна (загальна) пористість

$$\Pi_{\text{и}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{каж}}}{\rho_{\text{ист}}} \right) \cdot 100\% = 23,8\%;$$

- відкрита (уявна) пористість

$$\Pi_{\text{о}} = \frac{В \cdot \rho_{\text{каж}}}{\rho_{\text{ж}}} = 8,5 \cdot \frac{1920}{1000} = 16,3\%,$$

де $\rho_{\text{ж}}$ – щільність рідини (води);

- закрити пористість

$$\Pi_{\text{з}} = \Pi_{\text{и}} - \Pi_{\text{о}} = 23,8 - 16,3 = 7,5\%.$$

4.2. Розрахунок середнього розміру частинок і питомої поверхні керамічних мас

Гранулометричний (зерновий) склад початкових матеріалів і керамічних мас має велике значення у виробництві керамічних матеріалів і виробів, оскільки робить значний вплив на технологічні процеси (подрібнення, змішування, формування, сушку і спікання напівфабрикатів), а також на властивості готових виробів.

Основними характеристиками зернового складу є:

- 1) фракція - сукупність частинок, розміри яких знаходяться в строго заданих межах: $x_1 \leq x_i \leq x_2$ (фракція $x_1 - x_2$);
- 2) середній розмір частинок d_{cp} ;
- 3) максимальний розмір частинок d_{max} (розмір частинок вимірюється в міліметрах, мікрометрах);
- 4) питома поверхня S , cm^2/g , m^2/kg , –сумарна поверхня всіх частинок, що доводиться на одиницю маси;
- 5) вміст частинок заданого розміру, а також більше або менше заданого розміру (вимірюється у відсотках).

Зерновий склад визначається за допомогою ситового аналізу (для порошків з розміром частинок більше 0,1 мм) і методом седиментації за швидкістю осадження частинок в рідкому середовищі (для дисперсних систем з розміром частинок менше 0,063 мм).

Знаючи фракційний склад матеріалу (маси), визначений експериментально або отриманий з довідкової літератури, можна розрахувати середній розмір частинок і середню питому поверхню дисперсної системи.

Приклад. Зерновий склад шамота для маси напівсухого пресування вогнетривких виробів характеризується вмістом наступних фракцій: 0-1 мм – 15%; 1-2 мм – 35%; 2-3 мм – 40%; 3-4 мм – 10%. Розрахувати середній розмір зерен і питому поверхню порошку шамоту.

Спочатку слід визначити середній розмір частинок для кожної фракції. Він знаходиться як середнє арифметичне мінімального і максимального розмірів частинок даної фракції:

$$d_1 = \frac{0+1}{2} = 0,5 \text{ мм}; \quad d_2 = \frac{1+2}{2} = 1,5 \text{ мм};$$

$$d_3 = \frac{2+3}{2} = 2,5 \text{ мм}; \quad d_4 = \frac{3+4}{2} = 3,5 \text{ мм}.$$

Середній розмір частинок знаходиться по формулі:

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i \cdot a_i}{100},$$

де d_i - середній розмір частинок окремої фракції, мм; a_i - вміст даної фракції, %.

$$d_{\text{cp}} = \frac{0,5 \cdot 15 + 1,5 \cdot 35 + 2,5 \cdot 40 + 3,5 \cdot 10}{100} = 1,95 \text{ мм.}$$

Середня питома поверхня порошку розраховується за формулою:

$$S = \frac{6}{\rho \cdot d_{\text{cp}}},$$

де S – питома поверхня порошку, $\text{см}^2/\text{г}$ ($\text{м}^2/\text{кг}$); ρ – густина мінеральних частинок, $\text{г}/\text{см}^3$ (для даного прикладу $\rho = 2,56 \text{ г}/\text{см}^3$); d_{cp} – середній розмір частинок, см .

$$S = \frac{6}{2,56 \cdot 1,95 \cdot 10^{-1}} = 12,02 \text{ см}^2/\text{г.}$$

Даний зерновий склад порошку може бути представлений графічно у вигляді диференціальної (рис.1) і інтегральної (рис.2) кривих.

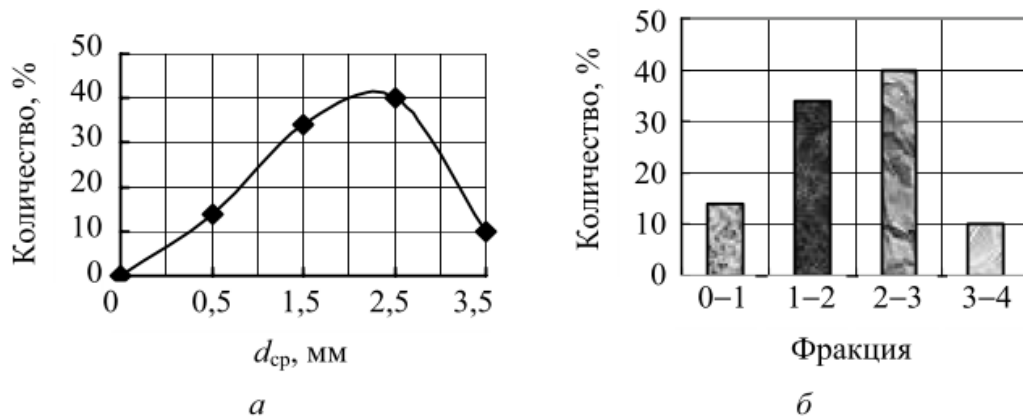


Рис. 1. Дифференциальная кривая (а) и гистограмма (б) зернового состава

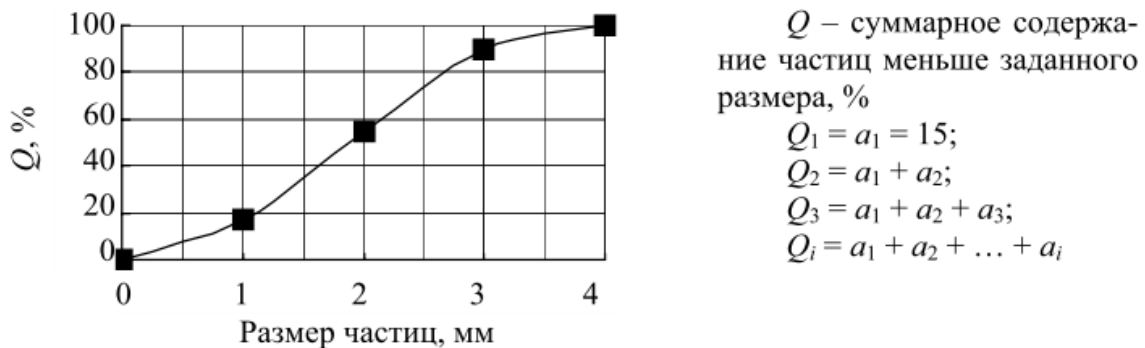


Рис. 2. Интегральная кривая зернового состава

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

Відповідно до учбового плану, студенти самостійно виконують індивідуальну роботу. Номер варіанту завдання студенту призначає викладач. При довільному виборі варіанту робота без перегляду повертається студентові.

Індивідуальна робота містить питання теоретичного характеру, а також завдання по типових технологічних розрахунках. При виконанні роботи слід користуватися учбовою літературою, що рекомендується в програмі по кожному розділу курсу. Дані, необхідні для проведення технологічних розрахунків, приведені в додатку (див. с. 44-45) або в рекомендованій довідковій літературі.

Контрольна робота повинна бути акуратно оформлена. У разі позитивного відгуку викладача студент допускається до усної співбесіди по роботі, на підставі якої вона може бути зарахована. За наявності значних зауважень контрольна робота повертається студентові для доопрацювання і повторного представлення на рецензію.

5. ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Варіант 1

1. Хімічна стійкість кераміки. Хімічна корозія і чинники, що впливають на швидкість процесу.

2. Взаємозв'язок між хімічним складом, властивостями глин і областями їх використання (діаграма А. І. Августинника).

3. Основні технологічні схеми підготовки грубозернистих керамічних мас.

4. Лиття напівфабрикатів з водних шлікерів в пористі форми. Стадії набору черепка і інтенсифікація процесу.

5. Спінання кераміки. Визначення, рушійна сила процесу. Класифікація процесів і механізмів перенесення речовини при спінанні.

6. Розрахувати хімічний склад маси для виробництва фаянсових виробів, якщо її шихтовий склад включає, мас. %: глина Веско-Гранітк - 12; глина ДНПК - 8; каолін просянівський - 16; каолін глуховецький - 12; пісок кварцовий - 20; пегматит - 23; бій виробів - 9.

Варіант 2

1. Класифікація керамічних матеріалів за основними властивостями і експлуатаційних ознаках, їх роль і значення в будівництві.

2. Електрофізичні властивості керамічних матеріалів. Електроопір, електропровідність і її механізм, залежність від температури.

3. Непластичні сировинні матеріали, їх види і призначення в технології кераміки.

4. Основні технологічні схеми підготовки тонкозернистих керамічних мас.

5. Рідинно-фазне спінання кераміки і його варіанти. Регулювання і інтенсифікація процесу рідинно-фазного спінання.

6. Розрахувати масу випаровуваної вологи і сухих виробів, якщо маса виробів, що направляються на сушку, була 800 кг, вологість - 15,5%, а вологість виробів після сушки стала 2,5%.

7. Розрахувати кількісні показники пористості фаянсу, що має дійсну густину 2490 кг/м^3 , середню густину 1795 кг/м^3 і водопоглинання 10%.

Варіант 3

1. Структура кераміки, характеристика і роль структурних складових в кераміці.
2. Природні і штучні опіснювачі. Призначення, властивості, отримання.
3. Процеси зневоднення керамічних шлікерів при мокрому способі підготовки маси (фільтрування, електрофорез, розпилювальна сушка).
4. Фізико-хімічна роль електролітів в розрідженні шлікерів.
5. Види твердо-фазового спікання і їх відмітні особливості.
6. Типи глазурі і їх властивості. Склади і методи розрахунку глазурі.
7. Розрахувати молекулярну формулу фарфору (порцеляни), що має наступний хімічний склад, мас. %: SiO_2 - 68,16; Al_2O_3 - 27,06; TiO_2 - 0,34; Fe_2O_3 - 0,29; CaO - 0,56; MgO - 0,55; K_2O - 2,02; Na_2O - 1,02.

Варіант 4

1. Текстура, мікроструктура кераміки. Монофазні і поліфазні керамічні матеріали. Дефекти кристалічної решітки.
2. Плавні (флюсуючі матеріали), їх види, хімічний і фазовий склади, властивості.
3. Гаряче лиття виробів з шлікерів на термопластичному зв'язуючому.
4. Твердо-фазове спікання кераміки з дифузійним механізмом перенесення речовини.
5. Сировинні матеріали і методи приготування фритованих і сирих глазурей.
6. Визначити кількість води, необхідну для отримання шлікеру вологістю 48% з глини з кар'єрною вологістю 23%. Необхідна кількість шлікеру 3000 кг.
7. Визначити кількісні показники різних видів пористості електротехнічного фарфору (порцеляни), що має дійсну густину 2940 кг/м^3 , середню густину 2930 кг/м^3 і водопоглинання 0,37%.

Варіант 5

1. Глинисті матеріали. Визначення, класифікація, походження. Речовий склад глин.

2. Види формування керамічних напівфабрикатів, їх відмітні особливості і застосування.

3. Литво тонких керамічних плівок з шлікерів на полімерних зв'язках.

4. Твердо-фазове спікання кераміки з перенесенням речовини шляхом випаровування-конденсації і пластичної деформації зерен. Шляхи інтенсифікації процесу.

5. Способи нанесення глазурі на поверхню керамічних напівфабрикатів. Дефекти глазурних покриттів, їх причини і способи усунення.

6. Вологість каоліну, що зберігається на складі, складає 9%. Потрібно визначити кількість води, необхідну для заливання в басейн для його розпуску, якщо маса каоліну 1500 кг, а вологість отриманої при розпуску суспензії 58%.

7. Розрахувати ТКЛР глазурі, що має наступний хімічний склад, травні. %: SiO_2 - 51,69; Al_2O_3 - 6,54; B_2O_3 - 13,86; CaO - 8,58; MgO - 2,55; SrO - 4,28; ZnO - 3,12; K_2O - 5,12; Na_2O - 4,26.

Варіант 6

1. Щільність, пористість і водопоглинання кераміки. Методи їх оцінки.

2. Будова глиноутворюючих мінералів, мінеральний тип глин.

3. Пресування виробів з порошкоподібних мас, властивості прес-порошків, послідовність процесів, що відбуваються.

4. Випалення керамічних виробів. Чинники, що визначають вибір режиму випалювання виробів.

5. Ангобування керамічних виробів. Ангоби і їх призначення. Способи приготування і нанесення ангобів на поверхню напівфабрикатів.

6. Визначити кількість шлікера і порошку, необхідну для приготування 2500 кг маси з вологістю 21%, якщо відомо, що вологість порошку 10,5%, а вологість шлікера 52%.

7. Розрахувати шихтовий склад глазурі, якщо відомий її хімічний склад мол. %: SiO_2 - 52,62; TiO_2 - 6,60; Al_2O_3 - 10,98; CaO - 15,72; BaO - 4,24; K_2O - 3,84; Na_2O - 4,25; Li_2O - 1,75. Шихтові компоненти – за вибором студента.

Варіант 7

1. Механічні і пружні властивості кераміки, їх взаємозв'язок з будовою кристалічної решітки. Методи оцінки міцності при різних видах навантаження.

2. Хімічний і гранулометричний склад глин.

3. Загальна послідовність технологічних процесів у виробництві кераміки. Призначення і коротка характеристика кожного процесу.

4. Чинники, що визначають допустиму швидкість видалення вологи при сушці. Способи регулювання внутрішньої і зовнішньої дифузії вологи.

5. Призначення і види декорування керамічних виробів.

6. Визначити первинну вологість шихти, якщо для її приготування використовувалися такі сировинні матеріали, як глина вогнетривка з вологістю 22%, каолін просянівський з вологістю 18%, польовий шпат з вологістю 3,5%, кварцовий пісок з вологістю 4,5%.
Склад шихти, мас. %: глина - 48; каолін - 18; польовий шпат - 18; кварцевий пісок - 16.

7. Розрахувати середній розмір частинок, питому поверхню керамічної порошкоподібної маси для периклазового вогнетрива, що має наступний фракційний склад: 0-0,088 мм - 36%; 0,5-1,0 мм - 15,6%; 2-4 мм - 48,4%.

Зобразити зерновий склад маси графічно.

Варіант 8

1. Деформаційні властивості кераміки при механічних навантаженнях і високих температурах і їх залежність від будови.

2. Домішки в глинах, їх вплив на технологічні властивості мас і характеристики готових виробів. Збагачення глинистої сировини.

3. Формування пластичних мас. Основні поняття теорії пластичності дисперсних систем. Процес розвитку і види деформацій при пластичному формуванні.

4. Методи і режими сушки в керамічній технології для різних видів виробів.

5. Отримання мінеральних волокон і їх застосування в керамічній технології.

6. Визначити необхідну кількість порошку з вологістю 7,5%, а також кількість води, потрібна для отримання 650 кг керамічної маси з вологістю 17,5%.

7. Розрахувати хімічний склад маси, вживаної у виробництві керамічних плиток і вміщує, мас. %: глина «Гайдуковка» - 16,5; глина

«Лукомль» - 48,5; глина ДНПК - 8; нефелін- сієніт - 8; доломіт - 5; пісок кварцевий - 7; бій виробів - 7.

Варіант 9

1. Теплофізичні властивості керамічних матеріалів (теплопровідність, термічне розширення і ін.).

2. Система «глина - вода». Будова глинистої суспензії і її характеристики.

3. Зерновий склад матеріалів, способи його характеристики. Основні типи зернових складів для різних типів керамічної технології.

4. Способи формування виробів з пластичних мас (витискування або протяжка через профільні мундштуки, розкочування в тіла обертання і ін.).

5. Отримання мінеральних волокон і типи вживаних установок.

6. Визначити кількість порошку, що отримується при зневодненні в баштово-розпилювальній сушарці (БРС) шлікера з вологістю 46%. Кількість шлікера 4000 кг, вологість отриманого порошку 6,6%.

7. Розрахувати середній розмір частинок, питому поверхню каоліну «Журавлина балка», що має наступний гранулометричний склад: 01-0,05 мм - 34,18%; 0,005-0,010 мм - 12,59%; 0,001-0,005 мм - 22,27%; < 0,001 мм - 30,96%. Зобразити зерновий склад каоліну графічно.

Варіант 10

1. Термічні властивості керамічних матеріалів (вогнетривкість, термостійкість), їх залежність від складу і структури.

2. Водні властивості глин і їх взаємозв'язок з мінеральним типом і технологічними параметрами керамічних мас.

3. Отримання компонентів в подрібненому стані. Енергетика, кінетика і інтенсифікація тонкого подрібнення.

4. Види литва керамічних напівфабрикатів з рідиннотекучих мас. Класифікація методів литва і їх теоретичні основи, загальні вимоги до шлікерів.

5. Інтенсифікація процесу твердофазового спікання при різних видах перенесення речовини.

6. Визначити кількість води, яку необхідно залити в кульовий млин при помелі непластичних матеріалів, якщо загальна кількість завантажуваної сировини по сухій масі складає 3600 кг, при цьому вміст компонентів, мас. %: кварцовий пісок - 40; пегматит - 35;

склобій - 15; глина - 10. Вологість матеріалів складає %: кварцовий пісок - 3,8; пегматит - 4,4; склобій - 1,2; глина - 24.

7. Розрахувати коефіцієнт кислотності керамічної маси наступного складу, мас. %: SiO_2 - 72,15; Al_2O_3 - 23,18; Fe_2O_3 - 0,45; TiO_2 - 35; CaO - 0,61; MgO - 0,46; K_2O - 0,87; Na_2O - 1,93. Дати оцінку маси по цьому показнику.

Варіант 11

1. Історичні відомості про кераміку і керамічну технологію.

2. Виготовлення гіпсових форм. Вимоги до них. Послідовність виготовлення форм.

3. Даний склад маси у виробництві керамічної цегли, мас. %: глина легкоплавка - 78; гранітний відсів - 15; бій виробів - 7. Визначити кількість води, що подається в двохвальний змішувач для зволоження, якщо необхідна формувальна вологість маси 23%, а кар'єрна вологість глини 18%, гранітного відсіву - 3%. Маса шихти 10 т.

4. Регулювання властивостей водних глинистих і неглинистих шлікерів.

5. Глазурування кераміки. Основні критерії підбору глазури до керамічного черепка.

6. Діелектричні властивості керамічних матеріалів. Кристало-хімічні аспекти поляризації матеріалів, її види, взаємозв'язок із структурою матеріалу.

7. Розрахувати хімічний склад керамічної маси для цегли, якщо відомий її шихтовий склад, мас. %: глина «Осетки» - 75; гранітний відсів - 12; кварцовий пісок - 10; бій виробів - 3.

Варіант 12

1. Основні сировинні матеріали, вживані для виробництва кераміки, їх призначення.

2. Сучасні способи отримання високооднорідних сумішей для технічної кераміки (хімічні, криогенні і ін.).

3. Визначити кількість води, яка підлягає видаленню при зневодненні шлікера на фільтрпресах, якщо вологість шлікера складає 52%, вологість отримуваних коржів - 24%, а кількість необхідної маси - 1200 кг

4. Вигоряючі компоненти, вживані у виробництві керамічних матеріалів (стінових, теплоізоляційних).

5. Процеси, що відбуваються при сушці керамічних напівфабрикатів. Чутливість до сушки глинистої сировини і керамічних мас.

6. Керамічні фарби, надглазурні і підглазурні. Технологія приготування.

7. Розрахувати хімічний склад маси для термостійкої кераміки, якщо її шихтовий склад наступний, мас. %: тальк онотський - 30; технічний глинозем - 25; глина веселовська - 45.

Варіант 13

1. Технологічні зв'язки, пластифікатори і їх призначення.

2. Сушка керамічних напівфабрикатів. Стадії процесу сушки.

3. Спеціальні види пресування виробів з порошкоподібних мас (ізостатичне, вібропресування, гаряче пресування і ін.).

4. Отримання пористих керамічних структур. Методи поризації структури.

5. Основні способи збагачення керамічної сировини і попередня підготовка матеріалів.

6. Керамічні пігменти, класифікація, початкові матеріали і технологія отримання.

7. Розрахувати шихтовий склад глазурної фрити, що має наступний хімічний склад, %: SiO_2 - 58,0; Al_2O_3 - 12,5; B_2O_3 - 12,1; CaO - 2,6; MgO - 1,8; K_2O - 7,1; Na_2O - 4,1; TiO_2 - 1,8. Використовувати для введення оксидів наступні сировинні матеріали: кварцовий пісок, пегматит, борну кислоту, крейду, магnezію (оксид магнію, поташ, соду, оксид титану).

ДОДАТОК

Хімічний склад сировинних матеріалів

Найменування сировини, родовище	Вміст за масою, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Інші	в.п.п.
Глини:										
Гайдуковка	56,70	12,28	0,55	4,13	8,59	2,78	0,46	3,05		11,46
Лукомль	55,21	14,10	0,99	7,50	5,60	3,10	2,27	2,23	-	9,00
Гершони	53,73	15,69	0,59	5,60	8,20	4,00	0,56	2,10	-	9,53
Грушани	51,14	11,44	0,60	4,92	11,89	2,48	0,59	3,04	-	13,48
Городок (верхній шар)	72,53	19,39	0,07	5,59	0,70	0,70	1,10	1,18	-	4,96
Городок (середній шар)	70,47	16,08	0,05	3,99	0,76	0,62	1,00	2,07	-	7,62
Городок (нижній шар)	67,12	16,02	0,06	5,42	1,30	0,70	0,76	0,93	-	7,69
Секеровщина	55,26	16,00	0,74	6,54	4,48	3,02	0,86	3,18	-	8,07
Городное	66,90	16,00	0,51	7,20	0,71	0,40	0,49	0,08	-	7,62
Осетки	50,24	18,02	0,21	7,60	6,16	3,00	1,20	3,72	FeO - 1,68	8,17
Новорайске марки ДНПК	51,37	32,44	0,05	1,09	1,02	0,76	1,50	2,73	SO ₂ - 0,12	8,91
Веселовське	52,60	32,85	1,20	0,79	1,24	0,17	0,30	0,44	-	8,89
Бентоніт огланликський	69,90	15,60	0,24	1,14	2,50	2,90	1,88	0,55	-	5,29
Бентоніт острожанський	68,80	14,92	0,61	5,21	0,98	1,12	1,36	0,16	FeO - 0,30; MnO - 0,06	6,24
Каоліни:										
просянівський (мокрого збагач.)	47,80	36,85	1,20	0,45	0,63	0,30	0,10	0,44		12,23
просяновський (сухого збагач.)	47,00	38,00	-	1,00	-	0,40	1,50	1,00	-	10,20
Ситніца (природн.)	54,12	29,70	0,89	1,24	0,42	0,47	1,43	0,80	-	10,93
Ситніца (збагач.)	48,71	36,74	0,90	0,86	0,25	0,21	0,30	1,84	SO ₂ 0,20	10,00
Нефеліновий сієніт	44,37	29,66	0,07	3,30	2,20	0,43	11,94	7,67	-	0,36

Найменування сировини, родовище	Вміст за масою, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Інші	в.п.п.
Скlobій (тарний)	71,97	2,86	0,09	0,27	6,65	3,22	14,89	-	-	0,06
Гранітні відсівы мікашевічські	65,70	15,08	0,45	5,36	4,20	1,60	3,52	2,77	-	1,32
Ваграночний шлак гранульований	44,67	10,80	0,20	10,20	27,39	3,52	2,00	1,00	-	0,22
Доломіт родовища «Руба»	3,48	1,59	-	0,30	29,36	20,37	-	-	-	41,43
Крейда волковисська	2,29	0,30	0,99	0,15	53,46	1,90	-	-	-	42,41
Тальк онотський	62,20	0,52	-	1,22	0,11	31,20	-	-	SO ₂ - 0,28	4,47
Пісок кварцовий	96,38	1,47	-	0,05	0,50	-	0,13	0,15	-	1,32
Пісок кварцовий лоевський	96,88	1,47	-	0,05	0,50	0,50	0,13	0,15	-	1,32
Трепел «Стальное»	54,97	5,90	0,16	1,73	14,09	0,82	0,12	1,36	-	20,85
Перліт сирий арагацький	73,44	14,74	-	0,16	0,10	0,38	3,63	4,79	SO ₂ - 0,19	2,76
Борат кальцію	0,15	-	-	-	36,30	0,20	0,10	-	B ₂ O ₃ 41,70	21,27
Матеріал кварц-польовошпатовий	61,50	20,00	-	0,30	-	1,30	4,00	8,10	-	1,20
Волластонітовий концентрат босагінський	52,30	0,59		0,87	41,35	1,03	0,13	0,13	SO ₂ - 0,17	1,33
Магнезит саткінський	0,80	0,30	-	0,80	0,20	47,00	-	-	-	51,29
Польовий шпат єнський	70,93	16,94	0,13	0,25	1,02	0,48	2,90	7,46	-	0,43

ЛІТЕРАТУРА

1. Химическая технология керамики / под ред. И. Я. Гузмана. - М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. - 493 с.
2. Химическая технология керамики и огнеупоров / под ред. П. П. Будникова, Д. Н. Полубояринова. - М.: Стройиздат, 1972. - 551 с.
3. Августиник, А. И. Керамика / А. И. Августиник. - JL: Стройиздат, 1975. - 591 с.
4. Балкевич, В. Л. Техническая керамика / В. Л. Балкевич. - М.: Стройиздат, 1984. - 256 с.
5. Стрелов, К. К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К. К. Стрелов. - М.: Metallургия, 1985. - 480 с.
6. Юшкевич, М. О. Технология керамики / М. О. Юшкевич, М. И. Роговой. - М.: Стройиздат, 1969. - 350 с.
7. Канаев, В. К. Новая технология строительной керамики / В. К. Канаев. - М.: Стройиздат, 1990. - 64 с.
8. Крупа, А. А. Химическая технология керамических материалов / А. А. Крупа, В. С. Городов. - Киев: Впца школа, 1990. - 398 с.
9. Бобкова, Н. М. Общая технология силикатов / Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова, Т. С. Куницкая. - Минск: Вышэйшая школа, 1987. - 287 с.
10. Мороз, И. И. Технология фарфорофаянсовых изделий / И. И. Мороз. - М.: Стройиздат, 1984. - 334 с.
11. Новая керамика / под ред. П. П. Будникова. - М.: Стройиздат, 1969. - 311 с.
12. Общая технология силикатов / под ред. А. А. Пащенко. - Киев: Вица школа, 1983. - 407 с.
13. Стрелов, К. К. Технология огнеупоров / К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин. - М.: Metallургия, 1978. - 375 с.
14. Стрелов, К. К. Структура и свойства огнеупоров / К. К. Стрелов. - М.: Metallургия, 1982. - 208 с.
15. Рохваргер, Е. Л. Строительная керамика. Справочник / Е. Л. Рохваргер. - М.: Стройиздат, 1976. - 496 с.
16. Мороз, И. И. Справочник по фарфорофаянсовой промышленности / И. И. Мороз, И. С. Комская, А. Л. Олейникова. - М.: Легкая индустрия, 1980. - 350 с.
17. Книгина, Г. И. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных заполнителей / Г. И. Книгина, А. Г. Вершинина. - М.: Высшая школа, 1985. - 223 с.

18. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / под ред. Д. Н. Полубояринова, Р. Я. Попильского. - М.: Стройиздат, 1972. – 350 с.
19. Лукин, Е. С. Технический анализ и контроль производства керамики / Е. С. Лукин, М. Т. Андрианов. - М.: Стройиздат, 1986. - 269 с.
20. Горяйнов, К. Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий / К. Э. Горяйнов, С. К. Горяйнова. - М.: Стройиздат, 1982.-374 с.
21. Дятлова, Е. М. Технология и оборудование производства керамических изделий. Лабораторный практикум / Е. М. Дятлова, В. А. Бирюк, Ю. А. Климош. - Минск: БГТУ, 2011. - 112 с.
22. Дятлова, Е. М. Химическая технология керамики и огнеупоров. Лабораторный практикум / Е. М. Дятлова, В. А. Бирюк. - Минск: БГТУ, 2006.-281 с.
23. Бобкова, Н. М. Идентификация фазового состава строительных материалов: учеб. пособие / Н. М. Бобкова, И. А. Левицкий, Л. Г. Дащинский. - Минск: БГТУ, 1996. - 73 с.
24. Левицкий, И. А. ИК-спектры и кривые ДТА сырьевых и силикатных материалов: учеб. пособие / И. А. Левицкий, Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова. - Минск: БГТУ, 1999. - 53 с.
25. Вассерман, И. М. Химическое осаждение из растворов / И. М. Вассерман. - Л.: Химия, 1980. - 208 с.
26. Чижский, А. Ф. Сушка керамических материалов и изделий / А. Ф. Чижский. - М.: Стройиздат, 1971. - 107 с.
27. Гегузин, Л. В. Физика спекания / Л. В. Гегузин. - М.: Наука, 1984.-311 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	2
1.ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	11
3.1.Розрахунок вмісту речовини, вологості матеріалів і керамічних мас	11
3.1.1.Перерахунок кількості вологого матеріалу на суху речовину	11
3.1.2. Перерахунок вмісту сухої речовини на вологий матеріал	13
3.1.3. Перерахунок матеріалу з однієї вологості на іншу	13
3.2.Розрахунок хімічного і шихтового складів мас і глазури	15
3.2.1.Розрахунок хімічного складу маси	15
3.2.2. Розрахунок втрат при прожарюванні шихти (в.п.п.)	17
3.2.3. Розрахунок коефіцієнта кислотності керамічних мас	17
3.2.4. Розрахунок хімічних складів глазурей	18
3.2.5.Розрахунок шихтового складу глазури	22
3.3.Розрахунок властивостей глазури	25
3.3.1.Розрахунок температурного коефіцієнта лінійного розширення глазури (ТКЛР)	25
3.3.2. Розрахунок коефіцієнта кислотності	29
3.4.Розрахунок показників пористості і зернового складу керамічних мас і матеріалів	29
3.4.1. Розрахунок дійсної, відкритої і закритої пористості	29
3.4.2.Розрахунок середнього розміру частинок і питомої поверхні керамічних мас	30
4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	33
5.ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	34
ДОДАТОК	41
ЛІТЕРАТУРА	43
ЗМІСТ	45