

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

Н.В. Лічконенко

ВОГНЕТРИВИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 136 «Металургія»
освітньо-професійної програми «Металургія»

Запоріжжя
2021

З М І С Т

Лабораторна робота № 1 <i>«Визначення фізико-хімічних властивостей легкоплавких глин»</i>	4
Лабораторна робота № 2 <i>«Визначення гранулометричного складу глинистої сировини»</i>	7
Лабораторна робота № 3 <i>«Визначення якісних характеристик вапна»</i>	12
Лабораторна робота № 4 <i>„Визначення гранулометричного складу, загальної й питомої поверхні суміші зерен»</i>	15
Лабораторна робота № 5 <i>«Вивчення конструкції й принципу роботи щогової дробарки і визначення параметрів процесу дроблення»</i>	20
Література	26

Метою лабораторного практикуму є закріплення і поглиблення теоретичного матеріалу, який отримано при вивченні курсу „Вогнетриви металургійного виробництва”, придбання навичок експлуатації технологічного обладнання, що використовується на вогнетривкому виробництві.

До програми лабораторного практикуму включено вивчення фізико-хімічних властивостей різних видів сировини для вогнетривкого виробництва, експериментальне дослідження процесів дроблення вогнетривкої сировини різної твердості, оцінка технологічних характеристик отриманих продуктів.

Послідовність виконання робіт визначає викладач. При виконанні лабораторних робіт студенти повинні неухильно дотримувати правил техніки безпеки.

Після закінчення кожної роботи необхідно оформити отримані результати й зробити узагальнюючі висновки. Звіт по роботі повинен містити в собі такі розділи: назва і мета роботи, короткі теоретичні відомості, схеми установок і короткий опис принципу їхньої роботи, результати експериментальної частини у вигляді таблиць і графіків, аналіз результатів і висновки по роботі.

Захист лабораторної роботи проводиться безпосередньо після закінчення експериментальних досліджень і оформлення звіту по проведеній роботі.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОПЛАВКИХ ГЛИН

Мета роботи: ознайомитися з типами текстур глинистої сировини, освоїти методику визначення грубих включень і вивчити характер розподілу карбонатних включень в глинистій сировині.

1.1 Теоретичні відомості

Вогнетривкими глинами називають землісті уламкові гірські породи осадового походження, які складаються, в основному, з високодисперсних гідроалюмосилікатів, дають з водою пластичне тісто, що зберігає при висиханні форму, і набувають після випалення міцність каменя.

Найголовніші первинні породи, з яких утворені вогнетривкі глини – граніти і гнейси. При вивітрюванні спочатку відбувається їх розпад на складові мінерали – кварц, слюди і польові шпати, потім під дією водних розчинів вуглекислоти більш глибоке розкладання двох останніх матеріалів. Але відмінності в умовах утворення глин настільки великі, що, не дивлячись на велику їх кількість, важко знайти глини різних родовищ з однаковими в усіх відношеннях складом і властивостями. Залежно від будови головні глинисті мінерали підрозділяють на групи: 1) мінерали каолінітової групи (каолінит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, діккіт, накріт, галлуазит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$); 2) мінерали монтморіллонітової (монтморіллоніт $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 6H_2O$, нонтроніт) і гидрослюдистої (гидромусковіт, ілліт, глауконіт і ін.) груп; 3) мінерали хлорітової групи (хлорит); 4) мінерали-зростки (монотерміт $0,5 Me_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 1,5H_2O + aq$, бейделліт). В природі рідко зустрічаються мономінеральні глини, тобто такі, в основі яких знаходиться один мінерал (каолінітові, гидрослюдисті та ін.). Найчастіше глини мають змішаний склад (гидрослюдисто-каолінітові, гидрослюдисто-бейделлітові та ін.), але обов'язково з перевагою одного з мінералів.

Знати мінералогічний склад глини дуже важливо, оскільки це дозволяє заздалегідь судити про властивості і поведінку глинистої сировини при технологічній обробці. Для вивчення мінерального складу глин застосовують різні методи дослідження – петрографічний, рентгеноструктурний, електронно-мікроскопічний, термографічний та ін.

Макроскопічну характеристику глинистої сировини дають на основі огляду валової проби масою 2,5 кг глини (за допомогою лупи або неозброєним оком). При цьому наголошують на наступних даних: колір і відтінок (в сухому і вологому стані), структуру і текстуру глини, наявність вапняку і його розподіл, зміст інших домішок і включень (слюди, кварцу, гіпсу, піриту, органічних включень).

Колір. Забарвлення глин різноманітне і залежить від мінерального складу основної маси глин і присутності в ній фарбувальних компонентів. Домішки ряду з'єднань надають глинам певного кольору: тонкодисперсні оксиди і гідроксиди заліза забарвлюють глини в різні відтінки жовтого, червоного і фіолетового кольорів; оксиди титана – в сірий колір; оксиди марганцю – в чорний і коричневий кольори; органічні домішки – в сірий або чорний кольори.

Структура і текстура. Характер будови частинок мінеральних порід називається структурою, а їх взаємний розподіл – текстурою.

По структурі розрізняють тонкодисперсні, грубозернисті, алевролітові, піскуваті породи.

Тонкодисперсні глини, в основному, складаються з частинок розміром менше 0,001 мм, при скачуванні з маси формувальної вологості (глина, зачинена водою, не липне до рук) вона утворює довгі шнури завтовшки менше 0,5 мм. При розкочуванні в руках окремі її частинки не відчуються, а при розрізанні ножом не чути характерного хрускоту і ком на зрізі гладкий.

Грубозернисті глини при скачуванні дають товщі і коротші шнури, при розкочуванні в руках відчувається домішка більш крупних частинок, при розрізанні чутний хрускіт, злам проби слабощершавий.

У алевролітових породах злам нерівний, зернистий. При скачуванні ці породи утворюють ще коротші шнури. При розрізанні ножом вони сильно хрустять, а при візуальному огляді можна помітити включення крупних мінеральних часток, які легко відділяються відмиванням глини на ситі 0,5 мм.

Піщані глини при розкочуванні майже не утворюють зв'язного джгута, непластичні, при натисненні на кульку глини легко утворюються тріщини. Злам зразка – зернистий, нерівний.

Текстура глинистих порід буває:

безладна (неорієнтована) – грудкувата, щільна, характерна для грубозернистих, зрідка – для тонкозернистих порід;
мікрошарувата – частинки розташовані орієнтовано, мов би шарами;
флюїдальна (сплутана) – типу сланцевої; мало поширена і є результатом вторинного руйнування шаруватої структури.

Домішки і включення. Найбільш поширені в глинах, особливо низької якості, карбонати кальцію (CaCO_3) і магнію (MgCO_3). Тонкодисперсні карбонати нешкідливі, а грубі включення карбонатів (більш 0,5 мм) приводять до утворення при випаленні глин шматочків CaO , які гідратуються в готових виробках, поглинаючи вологу з повітря.

Кварц (SiO_2) – звичайно присутній в глинах у вигляді безбарвних окатаних або забарвлених зерен, які можна побачити неозброєним оком або за допомогою лупи; пірит (FeS_2) зустрічається в глинистих породах у вигляді скупчень іноді значних розмірів і відрізняється металевим ясно-жовтим блиском. При випаленні пірит сплавляється в чорний залістий легкоплавкий шлак і витікає з виробу, утворюючи на поверхні пустки.

Гіпсовий камінь, або двуводний гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), часто міститься в глинах, утворюючи іноді скупчення. При випаленні гіпс сплавляється з глиною в прозоре скло у вигляді виплавок.

Органічні домішки (дрібні частинки гумусу і вугілля) збільшують пористість глин, а при нерівномірному розподілі знижують міцність керамічного черепка.

Включення за змістом і розмірам часток підрозділяються на: дрібнозернисті включення - зерна менше 2 мм, середньозернисті – зерна розміром 2...5 мм і грубозернисті – більше 5 мм. За змістом розрізняють глини з низьким вмістом включень – не більше 1,0 %, середнім – 1,0...5,0 % і високим – більше 5,0 %.

1.2 Методика проведення експерименту

1.2.1 Обладнання і матеріали. Сушильна шафа, електрична плитка, терези технічні з важками, сито з розміром отворів 0,5 мм, лупа 3...6^x збільшення, фарфорові чашки місткістю 1000 мл, фарфорові кухлі на 1000 мл, дерев'яні лопатки і молотки, піпетка, 10-%-й розчин HCl .

1.2.2 Відбір середньої проби. Для макроскопічного дослідження і фізико-керамічних випробувань відбирають середню пробу методом квартування валової проби (2...3 кг). Для

цього глину розстилають тонким шаром на площі 1 м², крупні грудки розбивають дерев'яним молотком, після чого глину ділять двома діагоналями на чотири рівні трикутники. Відбирають пробу з двох протилежних трикутників, ретельно перемішують, розстилають тонким шаром і знову ділять діагоналями на чотири трикутники. Операцію квартуе повторюють 2-3 рази до отримання середньої проби сировини в кількості, необхідній для досліджень.

1.2.3 Послідовність макроскопічного дослідження глинистої сировини.

З відібраної проби частина глини масою 500...600 г помістити на лист білого паперу і провести візуальний контроль. Визначити колір, характер розташування і будову глинистих часток в зламі, наявність домішок, включень. Візуальний контроль повторити на трьох паралельних пробах, середній результат занести в звіт по лабораторній роботі.

Приготувати з глини пластичну масу формувальної вологості, для визначення структури розкотити в джугути, оцінити їх однорідність, товщину, розрізати ножем. При розрізанні звернути увагу на характерний хрускіт (або його відсутність), оцінити поверхню зрізу. По цих ознаках визначити структуру глинистої сировини.

Для визначення карбонатних включень шматочок глини помістити у фарфорову чашку і з піпетки крапнути на нього 10%-ною соляною кислотою. Якщо відбудеться бурхливе скипання проби – карбонатів багато (відмітка «+++»), рівномірне газовиділення по всій поверхні – середній вміст карбонатів (відмітка «++»), малий вміст карбонатів – трохи помітне вспінювання НСІ (відмітка «+»); якщо крапля НСІ не скипає – карбонатів немає (відмітка "-"). Результати випробувань занести в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Макроскопічне дослідження глинистої сировини

Вид сировини	Колір	Структура	Текстура	Наявність карбонатних включень
--------------	-------	-----------	----------	--------------------------------

1.2.4 Послідовність визначення включень.

Відповідно до вимог ГОСТ 9169-75 грубі включення в глині розміром більше 0,5 мм визначають методом відмивання проби на ситі 0,5 мм.

Пробу глини близько 500 г зважити на технічних терезах, помістити у фарфорову чашку, залити підігрітою до 50-55 °С водою. Перемішуючи дерев'яною лопаткою довести пробу до однорідної пульпи. Сито з розміром отворів 0,5 мм заздалегідь промити, пульпу малими порціями перенести на сито, постійно відмиваючи струменем водопровідної води. Відмивання вважається закінченим, коли стік води стане прозорим. Промитий залишок висушити на ситі, охолодити, перенести на лист паперу, зважити. Визначити розмір включень (візуально). Результати занести в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Визначення наявності грубих включень (часток більш 0,5 мм)

Вид сировини	Зміст включень		Вигляд Включень	Розмір зерен включень, мм
	г	%		

1.2.5 Аналіз результатів досліджень. За результатами визначення якісних характеристик глинистої сировини вказати можливу область вживання дослідженої сировини.

Контрольні питання

1. Мета роботи.
2. Що називається вогнетривкими глинами?
3. Основні групи глинистих мінералів.
4. Параметри макроскопічної характеристики глинистої сировини.
5. Типи структури глинистої сировини.
6. Типи текстури глинистої сировини.
7. Домішки і включення в глинах.
8. Методика відбору проб для випробувань.
9. Методика визначення грубих включень в глині.
10. Методика макроскопічного дослідження глинистої сировини.

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ГЛИНИСТОЇ СИРОВИНИ

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення гранулометричного складу глин, провести аналіз гранулометричного складу методом Б.І.Рутковського і визначити тип глинистої сировини.

2.1 Теоретичні відомості

Глинисті породи складаються з окремих складових частин різної величини, форми і складу. Головна задача аналізу – визначити кількісний вміст часток різних розмірів, що характеризує гранулометричний (зерновий) склад глинистої породи. Від нього залежать такі важливі характеристики, як пластичність, опір зсуву, усадка, набухання і т.д.

Всі відомі методи аналізу гранулометричного складу розділені на дві групи: прямі і непрямі.

Прямі методи дозволяють безпосередньо встановити розмір і зміст часток, що складають породу. До них відносяться ситовий метод, метод підрахунку частинок різних розмірів під мікроскопом і електронно-мікроскопічний метод з обробкою фотографій.

Ситовий аналіз можна проводити двома способами – сухим і мокрим, за допомогою ручного або механічного просіву. Ручний просів може здійснюватися трясінням і биттям (найчастіше вживається), за допомогою пензликів (рекомендується для глин), промивкою (для матеріалів, схильних до злипання або стирання під дією електростатичних зарядів). Механічне розсівання вимагає значно меншого часу, виключає індивідуальні помилки, але утрудняє умови розсівання на тонких ситах, що для глин має дуже важливе значення. Тому його застосовують для поточних аналізів.

Непрямі методи дозволяють встановити розмір часток по якій-небудь непрямій ознаці: масі, швидкості падіння часток у воді або в іншій рідині, здібності до набухання, віддзеркалюванню світла і т.д. Непрямі методи можна розділити на дві групи:

1) методи визначення часток різних розмірів з повним виділенням фракцій - методи каламучення Рутковського, Сабаніна;

2) методи визначення часток різних розмірів без виділення фракцій - метод Робінзона, заснований на різній швидкості падіння часток різних розмірів; метод Фігуровського і метод із застосуванням торзійних терезів, заснований на безперервному зважуванні осаду, що випадає з суспензії; метод нефелометрії, пов'язаний з вимірюванням ступеня каламутності

глинистої суспензії, коли по номограмі визначають кількість частинок в суспензії; ареометричний метод з вимірюванням густини суспензії ареометром через певні проміжки часу і інші методи.

Визначення гранулометричного складу глин по методу Б.І. Рутковського засновано на здатності глинистих частинок набухати у воді і на різній швидкості падіння частинок у воді залежно від їх розміру.

Як відомо, речовинний склад глин представлено власне глинистими мінералами (каоолініт, монтморіллоніт, гідролюда та ін.) і домішками (кварц, польовий шпат, карбонати, гіпс, пірит, органічні включення та ін.). При взаємодії з водою здатні набухати тільки глинисті мінерали.

Фізичне значення набухання полягає в наступному: кристалічні ґрати глинистих мінералів відносяться до типу шаруватих, причому деякі мінерали (наприклад, каоолініти) мають асиметричну будову пакету, тобто на одній стороні пакету розташовані водневі іони, на іншій – іони кисню. Примикаючи різними шарами один до одного такі пакети зв'язуються достатньо міцно, тому вода дуже слабо проникає між шарами монокристала, не збільшуючи міжплощинні відстані, і в основному адсорбується на поверхні шарів. Інші мінерали (типу монтморіллоніта) мають симетричну будову пакету, тобто на обох його поверхнях розташовані іони кисню, тому між пакетами є дуже слабкий зв'язок, і вода, проникаючи туди, розширює кристалічні ґрати мінералу. Найбільша величина набухання характерна для монтморіллонітових глин, якнайменша – для каоолінітових.

Швидкість падіння або осадження глинистих і дрібних піскуватих частинок залежить від ряду чинників і пропорційна квадрату їх радіусу. По швидкості падіння можна визначити розмір часток.

Найпростішою залежністю є формула Стокса:

$$v = 2r^2 g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}})/(9\eta), \quad (2.1)$$

де v – швидкість падіння часток в рідині, м/с; r – радіус часток, м; g – прискорення вільного падіння, (9,81 м/с²); $\rho_{\text{ч}}, \rho_{\text{ж}}$ - щільність частки і рідини, кг/м³; η - вязкість рідини, Нс/м².

Для орієнтовних розрахунків формулу можна спростити, якщо прийняти:

$\rho_{\text{ж}} = 1000$ кг/м³ и $\eta = 0,00114$ Нс/м² (для води при 15 °С), $\rho_{\text{ч}} = 2650$ кг/м³. Тогда діаметр часток ($d = 2r$) можна представити рівнянням:

$$d = 0,1127\sqrt{v} \quad \text{або} \quad (2.2)$$

$$\sqrt{v} = 2cr, \quad (2.3)$$

где c – постійна рівняння Стокса.

В результаті експериментальних робіт встановлена залежність між діаметром частинок і швидкістю їх падіння у воді:

діаметр часток, мм	швидкість падіння часток у воді, 1 см за годину
0,05 ... 0,2	5 с
0,01 ... 0,02	50 с
0,005 ... 0,0046	36 хв
0,001 ... 0,00012	2 год 24 хв

За допомогою методу Рутковського можна виділити три основні фракції: глинисту з розміром часток менше 5 мкм (0,005 мм); пильовату з розміром часток 5...50 мкм (0,005...0,05 мм); піщану з розміром часток від 50 мкм і більше (0,05...2 мм).

Недоліком методу Б.І.Рутковського є прямо пропорційна залежність між величиною набування і змістом глинистих часток в породі. Насправді ця залежність значно складніша, оскільки об'єм набряклої у воді породи визначається не тільки кількістю глинистих часток, але також їх мінеральним складом (вмістом каолініта, монтморіллоніта, гідрослюди та ін.).

2.2 Методика проведення експерименту.

2.2.1 Обладнання і матеріали. Сито з розміром вічків 2 мм, мірний циліндр місткістю 100 мл, скляний стакан, секундомір, дерев'яна лопатка, скляна паличка, розчин CaCl_2 .

2.2.2 Аналіз фракційного складу глинистої сировини методом Б.І.Рутковського

1. Визначення вмісту глинистих часток.

Підготовлену для аналізу сировину в легко-сухому стані розтерти дерев'яною лопаткою в порошок і просіяти через сито діаметром 063. Приготовану пробу всипати в циліндр місткістю 100 мл в такій кількості, щоб після ущільнення постукуванням 15...16 разів об'яку підставу (долоня, зошит), проба в циліндрі зайняла об'єм 10 мл (V_0).

Пробу в циліндрі розпушити, залити 50...60 мл води і помішувати скляною паличкою з гумовим наконечником до тих пір, поки на стінці циліндра при розтиранні проби не зникнуть мазки глини.

До одержаної суспензії додати 2,5...3,0 мл розчину CaCl_2 (5,5 г на 100 мл води) як коагулятора. Суспензію перемішати і додати до 100 мл води. Витримати в спокійному стані 24...48 год для відстоювання.

Після витримки визначити об'єм набряклої проби (V_1) і розрахувати коефіцієнт набування (приріст об'єму в см^3 на 1 см^3 первинного об'єму):

$$K_v = (V_1 - V_0) / V_0, \quad (2.4)$$

де V_0 – початковий об'єм ($V_0 = 10 \text{ см}^3$).

Вміст глинистих часток визначають по емпіричній формулі, %:

$$x = 22,7k_v, \quad (2.5)$$

де x – вміст глинистих часток, %;

k_v – коефіцієнт набування.

Вміст в сировині глинистої фракції (%) можна також визначити по табл. А.1 (см. додаток А).

2. Визначення вмісту піщаних часток.

Суспензію, що була одержана в попередньому експерименті, ретельно перемішати, дати відстоятися протягом 90 с з розрахунку, що частинки піску крупніші ніж 0,05 мм проходять 1 см шляху за 5 с. По закінченню вказаного часу 70...75 мл суспензії злити в скляний стакан. При цьому не допускати «каламучення» шару, що відстоювався.

Залишок в мірному циліндрі долити чистою водою до 100 мл, перемішати, і через 90 с злити в ту ж ємність. Каламучення проводити до тих пір, поки рідина над осадом не стане прозорою. Після цього долити воду до 100 мл, перемішати і через 90 с знов злити в стакан всю рідину над осадом, і так далі до повного освітлювання рідини.

Після закінчення каламучення долити циліндр до 100 мл водою, дати відстоятися 30-60 с і визначити об'ємну частку піщаних частинок (1 см³ об'єму піску в циліндрі дорівнює 10 % проби).

3. Визначення вмісту пильоватих часток.

Об'ємну частку пильоватих частинок визначають як різницю між 100 % проби і об'ємними частками глинистих і піщаних частинок. Результати визначення гранулометричного складу (табл. 2.1.) двох паралельних проб можуть відрізнятись не більше ніж на 5 %.

Таблиця 2.1 – Визначення гранулометричного складу глин по Б.І. Рутковському

Номер проби	Найменування досліджуваної сировини	Гранулометричний склад, %, глин		
		піщані 1,0...0,05 мм	пильоватих 0,05...0,005 мм	глинистих дрібніші 0,005 мм

Приклад: об'єм сухої маси в циліндрі $V_0 = 10 \text{ см}^3$, об'єм набряклої проби через 24 год $V_1 = 25 \text{ см}^3$. Коефіцієнт набухання:

$$K_v = (V_1 - V_0) / V_0 = (25 - 10) / 10 = 1,5$$

Вміст глинистих часток (по об'єму):

$$x = 22,7k_v = 22,7 \cdot 1,5 = 34,05\%$$

Вміст піщаних часток після каламучення в циліндрі (по об'єму):

$$П = 2 \cdot 10 = 20\%$$

Вміст пильоватих часток (по об'єму):

$$С = 100 - (34,05 + 20) = 45,95\% \approx 46\%$$

2.2.3 Визначення типу глинистої сировини

Дані аналізу гранулометричного складу наносять на потрібну діаграму В.В.Охотіна (мал. 2.1.), по якій встановлюють тип суглинку або глини. Склад будь-якої системи, що складається з трьох компонентів, можна зобразити точкою m , що лежить усередині трикутника (див. мал.). Для знаходження положення, відповідного даній породі, що складається з піщаних, глинистих і пильоватих часток, з крапок, що лежать на сторонах трикутника і відповідають відсотковому вмісту цих компонентів, проводять лінії, паралельні основам трикутника.

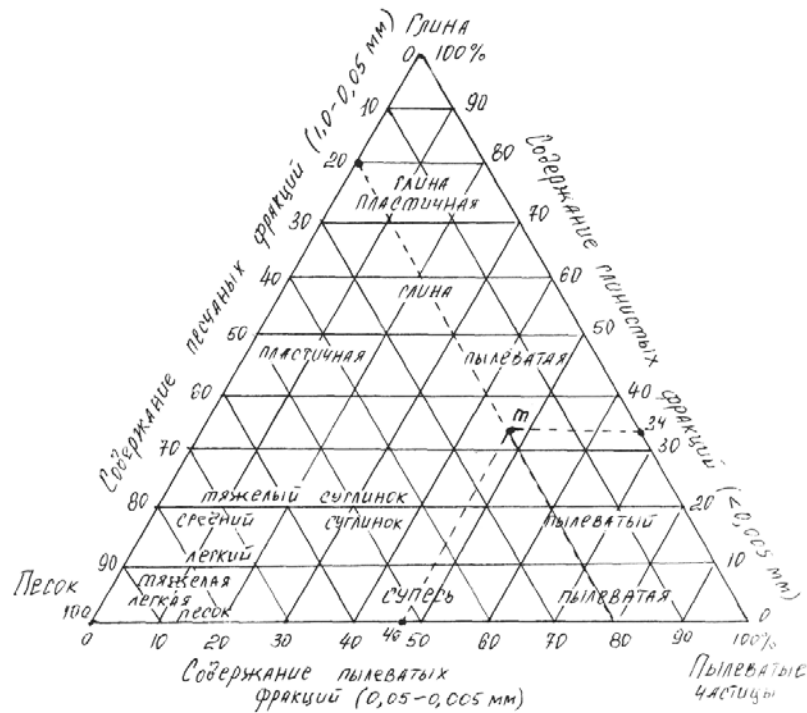


Рис. 2.1 – Потрійна діаграма розподілу фракцій «глина – пильваті – пісок»

Наприклад, порода характеризується наступним складом (% за об'ємом): глинистих частинок – 34.0, піщаних – 20.0, пильватих – 46.0. На сторонах трикутника знаходять крапки, відповідні відсотковому вмісту компонентів, з них проводять лінії, паралельні основі. Всі три лінії перетинаються в точці *m*, що визначає тип глинистої породи. За даними аналізу роблять висновок: досліджувана глиниста порода відноситься до пильватих глин.

Контрольні питання

1. Мета роботи.
2. Прямі методи аналізу гранулометричного складу.
3. Типи непрямих методів.
4. Сутність методу Б.І.Рутковського, його переваги і недоліки.
5. Фізична сутність процесу набухання.
6. Формула Стокса і її практичне вживання.
7. Порядок визначення типу глини по потрійній діаграмі В.В. Охотіна.
8. Методика визначення вмісту глинистих частинок.
9. Методика визначення вмісту піщаних і пильватих частинок.

«ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАПНА»

Мета роботи: визначити найважливіші характеристики і сорт негашеного грудкуватого вапна.

3.1 Теоретичні відомості

Вогнетриви основного складу - періклазові, періклазохромітові, доломітові, форстерітові, вапняні, цирконісті є найбільш застосовними у відповідальних переділах сучасної чорної металургії - при виплавці, розливанні та позапічної обробці сталі.

Серед названих вогнетривів досить ефективними вважаються вапняні вогнетриви, що здатні сполучати високу якість і прийнятну вартість. Частково їх уже використовують, наприклад, в Японії для футеровки конвертерів.

Поширенню цих вогнетривів сприяє їх низька вартість, висока температура плавлення CaO (вище 2500 °C), а також великі запаси вапняку у світі, у тому числі высокочистого. В Україні, що не має промислових запасів магнезійної й доломітової сировини, запаси вапняку досить великі – Єленівське, Стельське, Новотроїцке родовища.

Причиною, з якої дотепер вапняні вогнетриви не одержали широкого поширення, є їх висока схильність до гідратації. Для рішення цієї проблеми на сьогоднішній день запропоновано декілька можливих шляхів:

- вибір оптимальної температури й режиму випалу для кожного виду вапняної сировини;
- добавка TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , SiO_2 , Fe_2O_3 ;
- одержання плавеного вапна;
- підвищення температури випалу клінкера;
- ущільнення зерен вапна при спіканні шляхом добавки $CaCl_2$.
- розробка методів формования вапняних вогнетривів з руйнуванням шару $CaCO_3$ і виділенням CO_2 .

Дослідження показали, що формовані вогнетриви або набивні маси мають високу якість при строго підбраному зерновому складі, що впливає на здатність вапняної футеровки до поглинання неметалічних включень зі сталі.

За кордоном одержали поширення також композиції на основі CaO-C, для виробництва яких вапняний клінкер компонується зі смолою й вуглецевим волокном; композиції на основі CaO-ZrO₂ і CaO-Al₂O₃, які застосовують для виготовлення високостійких сталеразливних стаканів та ін.

Таким чином, вапняні вогнетриви є одним з перспективних вогнетривких матеріалів і в майбутньому займуть одне із провідних місць у металургії, у тому числі й у футеровках ковшів для позапічного рафінування металів.

Властивості вапна. Відповідно до визначення ГОСТ 9179-77 («Вапно будівельне. Технічні умови») вапно – не доведений до спекання продукт випалення кальцієво-магнієвих карбонатів; випускається в грудкуватому і подрібненому вигляді. Сировиною для виробництва вапна служать крейда, вапняки, а також доломітизовані вапняки, доломіт, що містить не більш 8 % глинистих домішок. Технологічний процес отримання вапна полягає у випаленні вапняку, який проводиться, найчастіше, в шахтних, іноді в печах, що обертаються або кільцевих. Шматки вапна, що одержано після випалення і охолодження, мають пористу структуру. Таке вапно називається негашеним грудкуватим вапном і складається в основному з окислу кальцію (CaO) і частково з окислу магнію (MgO).

Якщо грудкувате або мелене негашене вапно зачинити водою, вона утворює гідроксид, тобто «гаситься» по реакції:



Залежно від витрати води можна одержати або вапно-пушонку – гідрат окислу кальцію, що є білим порошком, або пластичне вапняне тісто, або вапняне молоко. Для отримання пушонки кількість води складає 40-70 % від ваги негашеного вапна, а для отримання вапняного тесту – в 3-4 рази більше води, ніж вапна.

Залежно від швидкості і температури гасіння повітряне вапно ділиться на те, що швидко гаситься (із швидкістю гасіння до 10 хв.), середньої швидкості гасіння – від 10 до 30 хв. і те, що гаситься поволі – понад 30 хв.

При повному технічному аналізі будівельного вапна визначають:

- сумарний вміст активних CaO і MgO;
- вміст зерен, що не погасилися;
- швидкість гасіння.

Таблиця 3.1 – Вимоги ГОСТ 9179-77 до негашеного грудкуватого вапна при визначенні його якості і сорту

Характеристика матеріалу	СОРТ		
	I	II	III
Вміст активних CaO+MgO у вапні без добавок, % не менше (по сухій масі)	90	80	70
Вміст активних CaO+MgO у вапні з добавками, %, не менше (по сухій масі)	64	52	-
Вміст зерен, що не погасилися, %, не більш	7	10	12
Швидкість гасіння вапна, хв			
- високої швидкості, не більш	8	8	8
- середньої швидкості, не більш	25	25	25
- повільної швидкості, не менше	25	25	25

3.2 Методика випробувань

3.2.1 Обладнання і матеріали. Конічна колба місткістю 250 мл, скляні намиста, скляна воронка, бюретка зі штативом, фарфорова ступка, терези аналітичні і технічні, мірний циліндр, сита 008 (4900 отв./см²) і 063 (144 отв./см²), судина для гасіння вапна, фарфорова чашка, сушильна шафа, судина Дьюара (термостат), термометр на 150 °С з подовженою нижньою частиною, секундомір, 1%-ний спиртний розчин фенолфталеїна, 1 н. розчин соляної кислоти, вода дистильована.

3.2.2 Визначення сумарного вмісту активних CaO+MgO.

При аналізі магнезійного вапна (MgO<5 %) масова частка активних визначається на трьох паралельних пробах.

Методика визначення полягає в наступному:

1. Квартуванням відібрати з середньої проби приблизно 1 кг грудкуватого негашеного вапна; висушити в сушильній шафі при 105 °С.
2. 4...5 г вапна розтирати в ступці протягом 5 хв, просіяти через сито з розміром вічок 0,125 мм, зважити на аналітичних терезах 1 г фракції менше 0,08 мм. Потім всипати пробу в конічну колбу місткістю 250 мл, залити 150 мл дистильованої води, додати 15...20 шт. скляних намист і нагрівати протягом 5 мін, не доводячи до кипіння.

3. Охолодити, змити стінки дистильованою водою, додати 1...2 краплі розчину фенолфталеїна, титрувати при постійному збовтуванні до обезбарвлення. Титрування вважається закінченим, якщо через 5 мін вміст колби не забарвиться. Активність вапна визначається по формулі, % по сухій масі:

$$(CaO + MgO) = \frac{v \cdot k \cdot 2,804}{m}, \quad (3.2)$$

де v – витрата 1 н. розчину HCl на титрування, мл; k – поправка к титру 1 н. розчину ($k=1,0$); 2,804 – титр 1 н. розчину HCl по CaO ($\cdot 100$); m – маса проби, г.

За активність вапна приймають середнє арифметичне за трьома паралельними визначеннями.

3.2.3 Визначення вмісту зерен, що не погасилися

Увага! При проведенні випробувань необхідно суворо дотримувати правила техніки безпеки – вапно малими порціями гасити у великій кількості води!

Методика визначення:

1. Зважити 1 кг заздалегідь висушеного грудкуватого вапна на технічних терезах.
2. Малими порціями завантажити вапно в судину з водою для гасіння, витримати не менше 24 год.
3. Вапняне тісто розмішати дерев'яною лопаткою, додати води до утворення вапняного молока.
4. Суспензію пропустити через сито 063 з одночасною промивкою залишку на ситі слабким струменем води до прозорого стоку.
5. Залишок на ситі висушити в сушильній шафі до постійної маси; охолодити до кімнатної температури, зважити.
6. Вміст зерен, що не погасилися, визначити по формулі, %:

$$Z_H = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \cdot 100 \quad \text{или} \quad Z_H = \frac{\Delta m}{m_0} \cdot 100, \quad (3.3)$$

де m_0 – маса проби сухого грудкуватого вапна, кг; m_1 – маса сита з залишком зерен, що непогасилися, кг; m_2 – маса сухого сита, кг; Δm - маса зерен, що не погасилися, кг.

3.2.4 Визначення швидкості гасіння вапна

1. Зважити на технічних терезах три навіски по 10 г подрібненого вапна, кожену навіску погасити у фарфоровому стакані (або тіглі); всипати у воду тонкою цівкою і, перемішуючи скляною паличкою, зафіксувати час початку гасіння.
2. Помістити стакан в термостат, у вапняне тісто поставити термометр, закрити термостат пробкою і фіксувати через кожні 20 с підйом температури як середнє арифметичне по трьох паралельних випробуваннях.

Результати роботи занести в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Якісні характеристики вапна

Показники	Номер проби			Середнє арифметичне
	1	2	3	
Вміст активних СаО+МgО, %				
Кількість зерен, що не погасилися, %				
Швидкість гасіння вапна, хв				

За випробувань визначити сорт вапна.

Контрольні питання

1. Мета роботи.
2. Області застосування вапняних вогнетривів.
3. Властивості вапняних вогнетривів, їх переваги й недоліки.
4. Шляхи підвищення стійкості до гідратації вапняних вогнетривів
5. Що називається будівельним вапном.
6. Сировина для виробництва вапна.
7. Типи вапна.
8. Вимоги до негашеного вапна.
9. Критерії технічного аналізу будівельного вапна.
7. Методика проведення досліджень.

Лабораторна робота № 4

«ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ, ЗАГАЛЬНОЇ І ПИТОМОЇ ПОВЕРХНІ СУМІШІ ЗЕРЕН»

Мета роботи: освоїти методи визначення діаметру окремого шматка матеріала, середнього діаметру однієї фракції, а також поверхні окремих фракцій і загальної поверхні суміші кускових і роздроблених матеріалів.

4.1 Теоретичні відомості

Вихідні сировинні матеріали для вогнетривкої промисловості здобувають в кар'єрах і шахтах. На підприємства вони поступають у вигляді шматків розмірами від часток міліметра до одного метра і більш в поперечнику. Для отримання матеріалу проводять механічне дроблення вихідної сировини з виділенням фракцій із заданим розміром часток.

Шматки як вихідного, так і роздробленого матеріалу звичайно мають неправильну форму, і їх величина може бути охарактеризована лише декількома розмірами. Для практичних цілей бажано охарактеризувати величину окремого шматка одним розміром.

Цей розмір звичайно називають «діаметром» шматка. Діаметром шматків сферичної форми є діаметр кулі, при кубічній формі шматків за діаметр приймають довжину ребра куба. Діаметр шматків неправильної форми визначають по головних вимірюваннях – довжині (l), ширині (b) і товщині (h) паралелепіпеда, в який вписується вимірюваний шматок. За діаметр шматка приймають:

- а) $D = b$ ширину паралелепіеда;
- б) $D = \frac{l+b}{2}$ середнє арифметичне з довжини і ширини;
- в) $D = \frac{l+b+h}{3}$ те ж з довжини, ширини і товщини;
- г) $D = \sqrt{lb}$ середнє геометричне з довжини і ширини;
- д) $D = \sqrt[3]{lbh}$ те ж з довжини, ширини і товщини, що відповідає ребру куба, який дорівнює паралелепіеду по об'єму;
- е) $D = \sqrt{\frac{lb+bh+lh}{3}}$ ребро куба, що дорівнює паралелепіеду по поверхні.

Перераховані засоби визначення діаметру шматків неправильної форми використовуються при вивченні окремих шматків.

Формула для обчислення вибирається залежно від способу вимірювання і цілей, для яких перераховується діаметр шматка.

Крупність суміші шматків сипкого матеріалу оцінюють за вмістом в ній класів певного розміру, тобто по її гранулометричному складу, який визначають за допомогою наступних аналізів:

а) *ситового* – шляхом розсівання на ситах на класи крупності для матеріалів крупніших за 0,04 мм;

б) *седиментації* – шляхом розділення матеріалу на фракції по швидкостях падіння часток в рідкому середовищі для матеріалу крупності від 50 до 5 мікрон;

в) *мікроскопічного* – шляхом вимірювання часток під мікроскопом і класифікації їх на групи у вузьких межах певних розмірів для матеріалів крупності від 50 до десятих часток мікрона.

Гранулометричний склад матеріалів для контролю процесів грохочення і подрібнення визначають найчастіше за допомогою ситового аналізу.

Розсівання сипкого матеріалу з метою визначення його гранулометричного складу називають *ситовим аналізом*. Для розсівання застосовують набір дротяних сит з квадратними отворами (або решіт з круглими отворами). Звичайно для ситового аналізу кускового матеріалу використовується гуркіт, на який встановлюють набір сит, що гойдається, насипають пробу матеріалу і проводять грохочення. Для розсівання порошкоподібного матеріалу застосовуються і механічні сита типа «Ситан».

Вага проби для ситового аналізу приймається залежно від крупності найбільшого шматка в пробі.

Мінімальна вага первинної проби визначається виходячи за вимогами точності визначення гранулометричного аналізу відповідно до ГОСТу 17495-72:

$$q_n = 0,02 \cdot D^2 + 0,5D, \quad (4.1)$$

де: q_n - маса проби, кг; D - розмір максимальних частинок проби, мм.

З другого боку гранулометричний склад проби повинен відповідати гранулометричному складу всієї маси оброблюваного матеріалу, тобто її відбір повинен здійснюватися від всієї кількості оброблюваної сировини методом квартування.

Приблизно, з достатнім ступенем точності, вага проби в кілограмах відповідає величині максимального зерна проби в міліметрах.

Проби розсіюють сухим або мокрим способом залежно від крупності матеріалу і необхідної точності ситового аналізу. Якщо не вимагається особливої точності і матеріал не злипається, то застосовують сухий спосіб розсівання. Якість розсівання перевіряють таким чином: в кінці розсівання вручну просівають матеріал на протязі 1 хв. Якщо при такому контрольному розсіванні матеріала через сито проходить менше 1 % його залишку на ситі, то розсівання вважається закінченим. Залишок на ситі зважується (при дрібному матеріалі з точністю 0,01 г) на технічних терезах. Сума мас всіх одержаних класів не повинна розходитися більш ніж на 1 % з вагою вихідної проби. Якщо ця умова задовольняється, то суму мас всіх класів приймають за 100 %. Вихід класу (фракції) одержують розподілом ваги кожного класу на загальну їх вагу. Обчислення ведуть до першого десяткового знаку.

За наявності в пробі значної кількості дрібного класу і необхідності підвищеної точності аналізу пробу розсіюють мокрим способом. Пробу засипають на сито з якнайменшими розмірами отворів (заздалегідь відсіявши крупні класи) і відмивають від неї дрібні частинки слабким струменем води або занурюючи сито в бак з водою. Промивку ведуть до тих пір, поки промивальна вода не стане прозорою. Залишок на ситі висушують, зважують і по різниці ваги визначають вагу відмитих тонких частинок. Висушений залишок розсіюють сухим способом на ситах, включаючи найдрібніше на якому відмивається тонкий клас.

Результати ситового аналізу (проведеного як сухим, так і мокрим способом), записують в таблицю (див. табл. 4.1). Обчислюють сумарні виходи, що представляють суму виходів всіх класів крупніше (сумарний вихід по «+») і дрібніше (сумарний вихід по «-») за отвори даного сита.

Фракційний склад матеріалу знаходять шляхом розрахунку приватних і повних залишків на ситах з точністю до 0,1 %. Якщо прийняти загальну масу проби за Σm , то сума приватних залишків (кг) на ситах складе:

$$\Sigma m = m_{16} + m_{12} + m_8 + m_4 + \dots \quad (4.2)$$

Приватні залишки (%) на ситах розраховують по формулі:

$$a_{16} = m_{16} \cdot 100 / \Sigma m \text{ і т.д.} \quad (4.3)$$

Повні залишки (%) дорівнюють сумі приватних залишків на даному і всіх вищерозміщених ситах:

$$A_{16} = a_{16}; \quad A_{12} = (a_{16} + a_{12}); \quad A_8 = (A_{12} + a_8) \text{ і т.д.} \quad (4.4)$$

Таблиця 4.1 – Результати ситового аналізу (приклад). Вага проби – 10 кг.

Найменування залишків на ситах	Розмір отворів сит, мм. Вихід класів					
	16	12	8	4	2	- 2
Приватний, кг	-	1,5	2,0	3,0	1,5	2,0
Приватний, %	-	15	20	30	15	20
Повний (кумулятивний), %	-	15	35	65	80	20
Прохід через сито, повний, %	100	85	65	35	20	0

Характеристика крупності. Характеристикою крупності називається графічне зображення (у вигляді кривої або ламаної лінії) гранулометричного складу сипкого матеріалу.

Характеристики крупності будують в прямокутній системі координат: приватні – по виходах окремих класів і сумарні (кумулятивні) – по сумах виходів класів.

При побудові приватної характеристики по осі абсцис відкладають величини отворів сит, що застосовувалися при ситовому аналізі, а по осі ординат – виходи відповідних класів в %. Ординати, що визначають виходи окремих класів, будують на меншому або на більшому з діаметрів, що обмежують даний клас, або на діаметрі, рівному середньоарифметичній величині двох крайніх діаметрів. Отримані точки сполучають прямими лініями.

По виходах окремих класів можна також побудувати графік, який називається в статистиці стовпчиковою діаграмою. Остання складається з прямокутників, висота яких пропорційна виходам класів, а основи служать інтервалом крупності класів.

Сумарну характеристику крупності будують як звичайну криву по точках, положення яких знаходять по абсцисах «Д» - діаметрам шматків і ординатам – сумарним виходам класів дрібніше або крупніше «Д». Приклад побудови приватної або сумарної характеристики крупності за даними таблиці 4.1 наведено на мал. 4.1.

Якщо на осі ординат відкладаються виходи матеріалу крупнішого за даний діаметр, то характеристика побудована на «+Д». Якщо ж відкладаються виходи матеріалу дрібнішого за даний діаметр, то характеристика побудована на «-Д». Обидві криві характеристик дзеркально відображають одна іншу і, будучи побудовані на одному графіку, перетинаються в точці, що відповідає виходу матеріалу на 50 %.

Визначення поверхні суміші кускових матеріалів. Загальна поверхня суміші кускових матеріалів складається з поверхні окремих фракцій. Остання підраховується виходячи з припущення, що вся фракція складається зі шматків рівних середньоарифметичному розміру з діаметрів, що обмежують дану фракцію

$$S = \frac{6P}{D_{cp} \cdot \delta} \quad (4.5)$$

де: P – маса фракції;
 δ - щільність матеріалу, г/см³;
 D_{cp} – середньоарифметичний діаметр фракції.

Для одержання загальної поверхні всієї суміші, поверхні фракцій сумуються.

Визначення середнього розміру суміші кускових матеріалів. Щоб охарактеризувати одним розміром суміш шматків різної величини найчастіше користуються поняттям середньоваговий або середньомедіанний розмір (діаметр).

Середньоваговий розмір суміші шматків визначається по формулі:

$$D_{cp} = \frac{D_{cp1}\gamma_1 + D_{cp2}\gamma_2 + \dots + D_{cpn}\gamma_n}{\Sigma\gamma}, \text{ см} \quad (4.6)$$

де: $D_{cp1}, D_{cp2}, \dots, D_{cpn}$ – середні діаметри фракцій, см;
 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_n$ - приватні виходи фракцій, %.

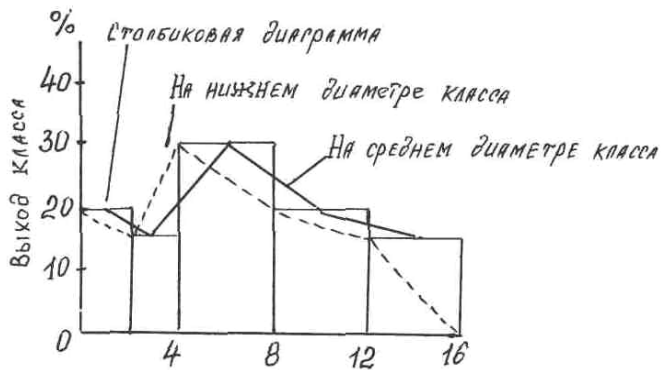
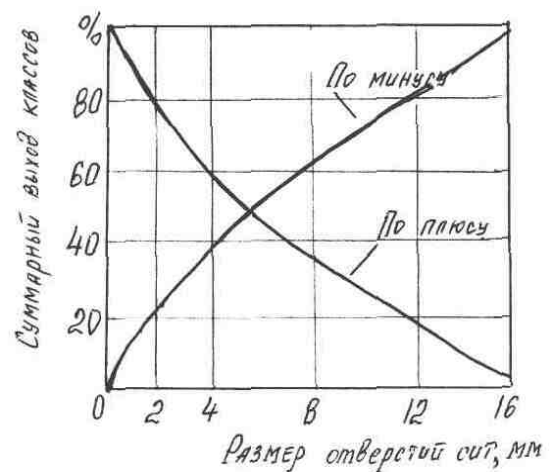


Рис. 4.1 – Характеристика крупности



Підрахунок середньовагового розміру суміші шматків трудомісткий, і тому часто користуються для розрахунків середньомедіанним розміром, який є розміром отвору сита, на якому залишиться або через який пройде 50 % суміші розсіюваного матеріалу. Він визначається точкою перетину сумарних характеристик крупності (по плюсу і мінусу).

4.2 Методика проведення експерименту

1. Ознайомитися з інструкцією.
2. По вказівці викладача зважити дві навіски вихідного і роздробленого вогнетривкого матеріалу.
3. Провести розсівання за допомогою набору сит.
4. Скласти таблицю гранулометричного складу (аналогічно табл. 4.1) і накреслити графіки характеристик крупності (за прикладом мал. 4.2).

Визначити поверхню фракцій (по формулі 4.5), загальну поверхню суміші шматків, а також її середньоваговий (по формулі 4.6) і середньомедіанний (по графіку) діаметр.

Контрольні питання

1. Мета роботи.
2. Призначення і способи розділення матеріалів по крупності.
3. Поняття про ситовий аналіз.
4. Сухий і мокрий способи розсівання.
5. Правила вибору мінімальної ваги первинної проби для ситового аналізу.
6. Способи визначення діаметру шматка неправильної форми.
7. Середньоваговий і середньомедіанний діаметр.
8. Порядок побудови графіків характеристик крупності.
9. Визначення поверхні суміші кускових матеріалів.

„ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ РОБОТИ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ДРОБЛЕННЯ”

Мета роботи: ознайомитися з конструктивними особливостями і принципом роботи щокової дробарки зі складним качанням щоки; визначити експлуатаційні параметри дробарки при дробленні різних матеріалів.

5.1 Теоретичні відомості

Щоківі дробарки широко застосовуються у вогнетривкій промисловості для крупного і середнього подрібнення матеріалів середньої і високої міцності: сирого магнезиту, доломіту, кварциту, хромітової руди, кускового шамоту і вогнетривкого лому.

Основними параметрами, що характеризують щокову дробарку, є розміри завантажувального і розвантажувального отворів. По ширині завантажувального отвору визначають найбільший можливий розмір завантажуваних шматків (0,8 - 0,85 ширини завантажувального отвору).

Всі щокові дробарки класифікуються за наступними ознаками:

- а) по характеру руху рухомої щоки – з простим, складним і комбінованим рухом;
- б) по характеру підвісу рухомої щоки – з верхнім і нижнім підвісом;
- в) по конструкції механізму, що качається, – з ексцентріковошатунним і з кулачковим механізмом.

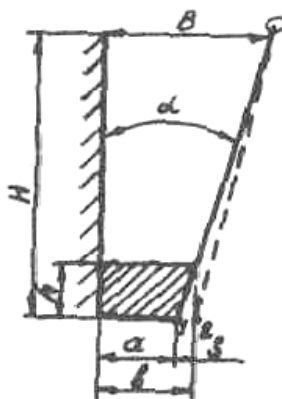
Матеріал в щокових дробарках подрібнюють роздавлюванням шматків у момент наближення рухомої щоки до нерухомої (робочий хід), а при відході рухомої щоки назад (холостий хід) – подрібнений матеріал висипається з розвантажувальної щілини.

Основними технологічними параметрами щокових дробарок, що визначають їх продуктивність і енерговитрати, є кут захоплення, число гойдань рухомої щоки, ступінь подрібнення.

Кутом захоплення (α) називається найбільший кут між щоками (див. мал. 5.1), при якому шматки дробильного матеріалу ще утримуються силами тертя в камері подрібнення при зближенні щок:

$$\alpha \leq 2\varphi \quad (5.1)$$

де φ - кут тертя матеріалу об поверхню щок.



Мал. 5.1 - Кінематична схема щокової дробарки

Дроблення матеріалу відбуватиметься при дотриманні умови (5.1). Як тільки значення кута переходить цю межу, матеріал виштовхуватиметься вгору, а при малих значеннях кута ступінь подрібнення матеріалів буде низкою. При $\alpha = 0$ ступінь подрібнення i буде рівним 1, тобто дроблення не буде.

Очевидно, що чим менше ступінь подрібнення, тим більше продуктивність.

З курсу механіки відомо, що коефіцієнт тертя:

$$\phi = \operatorname{tg} \varphi \quad (5.2)$$

Коефіцієнт тертя кам'яних матеріалів і стали, при цьому, а $\alpha = 33^{\circ}20'$. Практично ж кут приймають значно менше розрахункового значення.

$$\alpha_{np} = (0,45 - 0,7)\alpha \quad \text{або} \quad (5.3)$$

Число качань рухомої щоки (w). При качанні щоки її нижній кінець фіксує два крайні положення 1 і 2 (мал. 5.1). При русі щоки з положення 2 в положення 1 відбувається дроблення, а при русі у зворотному напрямі – з 1 в 2 – матеріал висипається зі щілини:

$$w = 417,6 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{S}} \quad (5.4)$$

де S – розмах щоки, м (приймають для малих дробарок 0,005 м; для великих – 0,03 м).

Ступінь подрібнення i - відношення середньовагового діаметру шматка полізерністої суміші вихідного матеріалу до такого ж розміру шматка після подрібнення:

$$i = \frac{D_{c.в.}}{d_{c.в.}} ; \quad (5.5)$$

$$D_{c.в.} = \frac{c_1 \left(\frac{D_{\delta 1} + D_{M1}}{2} \right) + c_2 \left(\frac{D_{\delta 2} + D_{M2}}{2} \right) + \dots + c_n \left(\frac{D_{\delta n} + D_{Mn}}{2} \right)}{c_1 + c_2 + \dots + c_n} ; \quad (5.6)$$

$$d_{c.в.} = \frac{c_1 \left(\frac{d_{\delta 1} + d_{M1}}{2} \right) + c_2 \left(\frac{d_{\delta 2} + d_{M2}}{2} \right) + \dots + c_n \left(\frac{d_{\delta n} + d_{Mn}}{2} \right)}{c_1 + c_2 + \dots + c_n} ; \quad (5.7)$$

де D_{δ}, D_M - відповідно найбільший і найменший діаметр шматка в кожній фракції вихідного матеріалу, що визначають за даними ситового аналізу, мм;

d_{δ}, d_M - аналогічно для подрібненого матеріалу, мм;

c_1, c_2, \dots, c_n – вміст кожної фракції в вихідній і подрібненій пробах, %.

Продуктивність дробарки Q . За одне повне качання щоки з дробарки висипається об'єм матеріалу, що дорівнює об'єму призми, у якої (мал. 5.1): l – довжина; a і $(a+S)$ – відповідно розміри нижньої і верхньої підстав призми

$$V = 9,55 w \mu l \frac{2a+S}{2} \cdot \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha} , \quad (5.8)$$

де w – число качань рухомої щоки, раз/с; μ - коефіцієнт розпушування (0,4 - 0,6);

l - довжина щілини, м; a - ширина розвантажувальної щілини, м; S - хід щоки, м; α - кут захоплення.

Фактична продуктивність, т/год:

$$Q_{\phi} = \frac{3,6G}{\tau}, \quad (5.9)$$

де G - маса проби, кг; τ - час дроблення, с.

Зіставивши фактичну продуктивність з розрахунковою, обчисленою по рівнянню, т/год:

$$Q = \frac{9,55\mu\rho wLSd_k}{tg\alpha}, \quad (5.10)$$

де ρ - насипна щільність матеріалу, т/м³; d_k - діаметр кінцевого шматка, м.

5.2 Методика проведення роботи

5.2.1 Обладнання і матеріали. Щокова дробарка, матеріали в шматках різної твердості, секундомір, штангенциркуль, складаний металевий метр, набір сит, технічні терези.

5.2.2. Принцип дії щокової дробарки. Щокова дробарка (мал. 5.2) складається зі сталевий литої станини з ребрами жорсткості. У верхній частині бічних паралельних стінок встановлені роликові підшипники, на яких покоїться ексцентриковий вал 3. На останньому змонтована рухома щока 4, яка спільно з нерухомою 1 утворює робочу камеру дроблення. Обидві щоки футеровані ребристими змінними бронеплитами, що забезпечують руйнування шматків матеріалів розколюючими і роздавлюючими зусиллями.

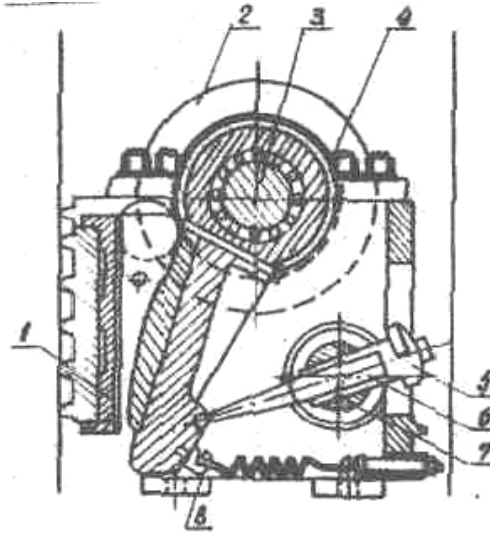
На обох кінцях ексцентрикового валу закріплені на шпонках маховики 2, один з яких є одночасно приводним шківом з проточками для ременів. При русі щоки назад відбувається холостий хід (х.х.). Енергія х.х. електродвигуна акумулюється маховиками і використовується під час робочого ходу.

У нижній частині рухома щока 4 сполучена з гвинтом розпору 6, що входить в шарнірну гайку 7. На кінці гвинта 6 знаходиться регулююча гайка 5 із стопорним пристрійом, за допомогою якої змінюють зазор розвантажувальної щілини.

При попаданні в дробарку недробленого або дуже крупного матеріалу необхідно терміново вимкнути дробарку.

Всі частини подрібнення, що обертаються, закриті захисними кожухами, і вводити руки в поле дії рухомих частин категорично забороняється. Неполадки усувають при повністю вимкненій установці.

Для виконання лабораторної роботи і визначення найважливіших технологічних параметрів необхідно заздалегідь виміряти ряд величин дробарки і скласти її технічну характеристику (табл. 5.1).



Мал. 5.2 – Лабораторна щокова дробарка зі складним качанням щоки

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика щокової дробарки

Основні параметри робочої камери							$w, \text{ рад/с}$	$D_{\max} = 0,85B, \text{ мм}$
$a, \text{ мм}$	$S, \text{ мм}$	$L, \text{ мм}$	$H, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$B, \text{ мм}$	$\alpha, \text{ град}$		

Величини L, H, B вимірюють звичними мірними інструментами. Значення a встановлюється у фіксованому гвинтом 6 і гайкою 5 положенні, вибраному за умов роботи. Бажано встановити a_{\min} і a_{\max} для даної дробарки.

Хід щоки визначають таким чином: після знаходження значення a вручну поворі повертають маховик дробарки до повного відходу щоки в заднє положення, найвіддаленіше від нерухої щоки, і в цих умовах вимірюють ширину щілини. Різниця виміряної величини і вже відомого значення a і складе величину ходу щоки S .

За допомогою металевого метра або м'якого дроту укладанням їх на нерухому і рухому щоку в передньому положенні визначають розміри сторін трикутника. Потім по значеннях тригонометричних функцій обчислюють кут захоплення α .

5.2.3. Проведення досліджень. Зважують на терезах приблизно 10 кг кускового матеріалу. Допустимий розмір шматків вихідного матеріалу визначають по рівнянню, мм:

$$D_{\max} = 0,85B. \quad (5.11)$$

Пробу розсіюють на ситах 40, 25, 15, 10, 5 мм, кожену фракцію зважують і визначають процентне співвідношення в загальній пробі. Результати заносять в табл. 5.2.

Визначають середній розмір шматків кожної фракції по рівнянню, мм:

$$d_{cp} = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2}, \quad (5.12)$$

і результати заносять в табл. 5.2., а по формулі (5.6) визначають середньоваговий діаметр суміші.

Після закінчення досліджень ситового складу вихідної проби її подрібнюють на щоківій дробарці з розміром розвантажувальної щілини 10 мм. Подрібнений продукт розсіюють на ситах, вказаних в табл. 5.2. і визначають процентне співвідношення кожної фракції.

Проводять всі операції, аналогічно тим, що виконано для вихідної проби, і результати визначень заносять в табл. 5.2.

За даними таблиць 5.1 і 5.2 проводять розрахунки величин: кута захоплення α , числа качань щоки \mathcal{W} , ступеня подрібнення i , продуктивності Q .

Проводять експерименти за визначенням ступеня подрібнення і продуктивності при дробленні матеріалів різної твердості.

За результатами досліджень роблять висновки.

Таблиця 5.2 – Параметри визначення фракційного складу

Номер фракції	Фракції, мм	Вихідна проба			Проба після подрібнення		
		Частний вихід		d_{cp} , мм	Частний вихід		d_{cp} , мм
		г	%		г	%	
1	+ 40						
2	+ 25						
3	+ 15						
4	+ 10						
5	+ 5						
6	+ 3						
7	+ 1						
8	- 1						
	Усього:		100			100	
Середньоваговий діаметр суміші $D_{c.v.} =$				Середньоваговий діаметр суміші $d_{c.v.} =$			
Ступінь подрібнення		$i = \frac{D_{c.v.}}{d_{c.v.}}$					
Продуктивність дробарки $Q/Q_{\phi} =$							

Контрольні питання

1. Мета роботи.
2. Призначення щоківій дробарок.
3. Основний робочий орган дробарки і його характеристика.
4. Допустимий розмір завантажувального шматка матеріалу.
5. Класифікація щоківій дробарок.
6. Принцип дії дробарки.
7. Робочий і холостий хід.
8. Кут захоплення – його величина і значення.
9. Ступінь подрібнення і спосіб її визначення.
10. Фактори, що впливають на продуктивність дробарок.
11. Основні технічні розміри щоківій дробарки і метод їх визначення.
12. Вплив властивостей вихідних матеріалів на ступінь подрібнення і продуктивність щоківій дробарки.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. К.К.Стрелов, П.С.Мамыкин. Технология огнеупоров. М.: Металлургия, 1978. – 376 с.
2. А.П.Ильевич. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров. М.: Машиностроение, 1968. – 356 с.
3. Книгина Г.И., Вершинина Э.Н., Тацки Л.Н. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей. М.: Высшая школа, 1985. – 223 с.
4. Химическая технология керамики и огнеупоров / под ред. Будникова П.П. М.: Изд.во литературы по строительству, 1972. – 552 с.

Таблиця А.1 – Залежність набухання ґрунту від кількості глинистих часток

Збільшення об'єму на 1 см ³ , см ³	Вміст глинистих часток, %	Збільшення об'єму на 1 см ³ , см ³	Вміст глинистих часток, %	Збільшення об'єму на 1 см ³ , см ³	Вміст глинистих часток, %
4,00	90,70	2,70	61,21	1,40	31,74
3,95	89,55	2,65	60,07	1,35	30,61
3,90	88,42	2,60	58,94	1,30	29,48
3,85	87,29	2,55	57,81	1,25	28,34
3,80	86,16	2,50	56,68	1,20	27,70
3,75	85,03	2,45	55,54	1,15	26,07
3,70	83,88	2,40	54,41	1,10	24,93
3,65	82,75	2,35	53,28	1,05	23,80
3,60	81,62	2,30	52,14	1,00	22,67
3,55	80,49	2,25	51,07	0,95	21,52
3,50	79,36	2,20	49,88	0,90	20,41
3,45	78,23	2,15	48,74	0,85	19,26
3,40	77,09	2,10	47,61	0,80	18,13
3,35	75,95	2,05	46,48	0,75	17,00
3,30	74,81	2,00	45,34	0,70	15,86
3,25	73,67	1,95	44,20	0,65	14,73
3,20	72,54	1,90	43,07	0,60	13,60
3,15	71,40	1,85	41,94	0,55	12,46
3,10	70,27	1,80	40,88	0,50	11,32
3,05	69,14	1,75	39,68	0,45	11,19
3,00	68,01	1,70	38,53	0,40	9,06
2,95	66,88	1,65	37,39	0,35	7,93
2,90	65,75	1,60	36,26	0,30	6,79
2,85	64,62	1,55	35,13	0,25	5,66
2,80	63,49	1,50	34,00	0,20	4,53
2,75	62,35	1,45	32,87	0,15	3,40