

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ ТА ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

**ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ,
ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА
ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРОБІННЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 30
з курсу «Машини та устаткування галузі»
для студентів спеціальності 6.051302
«Хімічна інженерія»

Львів 2011

Вивчення роботи шокової дробарки, визначення її продуктивності та основних параметрів дробіння: Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 30 з курсу " Машини хімічних і силікатних виробництв" для студентів спеціальності "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" та хімічних спеціальностей / Укл.: В.М.Атаманюк, В.І.Троцький. –Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011. – 11 с.

Укладачі В.М.Атаманюк, д.т.н., проф.

В.І.Троцький, к.т.н., доц.

Відповідальний за випуск В.М.Атаманюк, д.т.н., проф.

Рецензенти А.І.Дубинін, д.т.н., проф.

В.П.Дулеба , канд. техн. наук

1. Вивчити будову та принцип роботи щоклової дробарки. Познайомитися з конструктивними особливостями основних її вузлів.
2. Визначити експериментальним шляхом продуктивності щоклової дробарки.
3. Порівняння величин продуктивності та потужності, отриманих експериментальним шляхом з величинами, розрахованими теоретично за формулами (4) та (9).
4. Визначення ступеню подрібнення

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}},$$

де D_{cp} та d_{cp} - середній розмір кусків матеріалу в поперечнику до і після подрібнення.

5. Одержання навичок і умінь управляти установкою і знання догляду за нею.
6. Вміння пояснити фактори та причини, що впливають на продуктивність щоклової дробарки та витрату потужності.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Загальні відомості

Подрібнення це процес послідовного зменшення розмірів шматків твердого матеріалу від вихідного до необхідного. В цьому випадку механічним шляхом долають сили зчеплення частинок і утворюються нові поверхні.

У багатьох випадках дробіння є підготовчою стадією, і отриманий продукт направляється далі на переробку, наприклад як при виробництві цементу, кераміки, скла. При одержанні щебеню процес дробіння має самостійне значення.

Залежно від кінцевих розмірів шматків (мм) розрізняють наступні види подрібнення:

- грубе – 100...350;
- середнє – 40.....100;
- дрібне – 5.....40.

Основними способами дробіння, які використовуються у дробильних агрегатах є стиснення, удар, стирання, розколювання і злам (рис. 1). На практиці дуже часто використовують поєднання цих способів, наприклад, стиснення із стиранням, стиснення з ударом, удар із стиранням тощо.

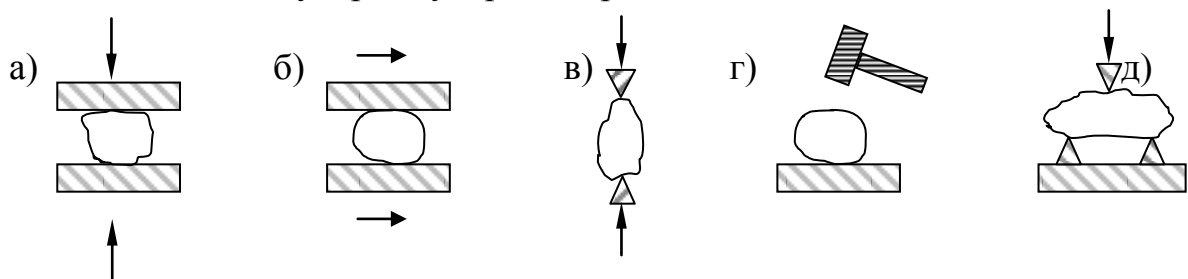


Рис.1. Способи подрібнення

а) стиснення; б) стирання; в) розколювання; г) удар; д) злам

Під час проектування або вибору обладнання для грубого подрібнення необхідно врахувати такі фізико-механічні властивості порід як міцність, крихкість, абразивність. Тверді матеріали найбільш доцільно подрібнювати ударом чи

розколюванням, пластичні (глина, крейда) – стисненням у поєднанні із стиранням, крихкі матеріали (вугілля, скло) – розколюванням і зломом.

Процес дробіння характеризується наступними показниками: крупністю чи розмірами шматків вихідного матеріалу, крупністю і зерновим складом продукту подрібнення і ступенем подрібнення. Крупність шматків визначається лінійними розмірами: довжиною (а), шириною (b) і товщиною (с). Найчастіше використовується характеристика шматків за діаметром (d), який можна визначити декількома способами:

- як середнє арифметичне:

$$d = \frac{a+b+c}{3} \quad (1)$$

- діаметр кола, описаного навколо ширини і товщини:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

Зерновий склад подрібненого матеріалу визначають розсіюванням проби на ситах з круглими отворами. Розміри сит залежать від максимальної крупності шматків у вихідному матеріалі. За величини шматків до 40 мм використовують сита з кроком 5 мм (5, 10, 15,...40 мм); при крупності до 100 мм – з кроком 10 мм, причому сито обов'язково повинно бути з отворами 5мм.

Ступінь подрібнення – відношення розмірів шматків вихідного матеріалу до розміру шматків подрібненого продукту:

$$i = \frac{D_{cs}}{d_{cs}} \quad (4)$$

де D_{cs} ; d_{cs} – середньозважені розміри шматків у вихідній породі і подрібненому продукті.

$$D_{cs} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot p_i}{100} \quad (5)$$

де d_i – середній розмір фракції; p_i – процентний вміст даної фракції.

Щоківі дробарки відносяться до агрегатів грубого (первинного) подрібнення. Існуючі щоківі дробарки можна класифікувати наступним чином.

- **Залежно від методу підвішування рухомої щоки:** дробарки з верхнім підвішуванням (рис.1.5,а,б,г); дробарки з нижнім підвішуванням щоки (рис.1.5,в).
- **За характером руху рухомої щоки:** дробарки з простим рухом (рис.1.5,а,в,г), дробарки з складним рухом щоки (рис.1.5, б).
- **Залежно від конструкції пристрою, що приводить в рух рухому щоку:** дробарки із шарнірно-важільним механізмом (рис.1.5,а,б,в), дробарки з кулачковим механізмом (рис.1.5,г).

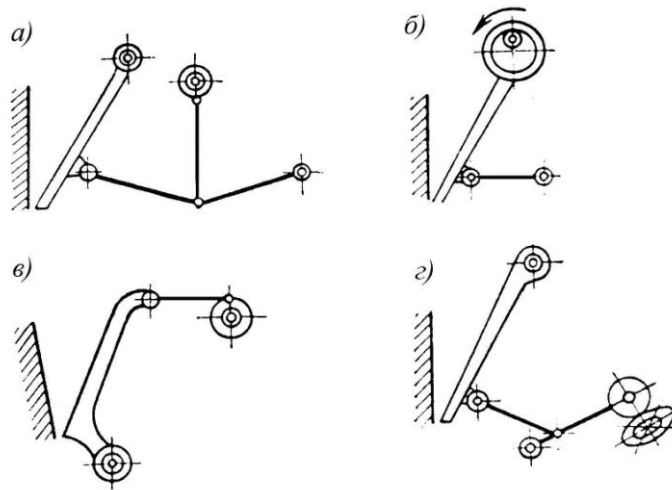


Рис. 1.5. Схеми щоккових дробарок

В хімічній промисловості і промисловості будівельних матеріалів використовуються дробарки як з простим, так і з складним рухом щоки, із верхнім підвішуванням, що забезпечує найбільший розмах щоки в нижній частині і меншу імовірність заглушування вихідного отвору, із шарнірно-важільним механізмом.

Дробарка з складним рухом щоки показана на рис. 4. Станина 9 дробарки представляє собою коробчату конструкцію, зварену з товстих сталевих листів і зміцнену ребрами жорсткості. На бічних стінках станини закріплені корпуси корінних підшипників 6, в яких обертається ексцентриковий вал 4 із підвішеною на ньому рухомою щокою 8. Щока підвішується на ексцентрикову частину вала за допомогою підшипників кочення. На рухомій щоці і на передній стінці станини закріплені нерухома 1 і рухома 17 подрібнювальні плити, відлиті з високомарганцевої сталі, які мають поздовжні ребра трикутної форми. З метою більш ефективного дроблення матеріалу виступи ребер однієї плити розміщені проти западин іншої плити.

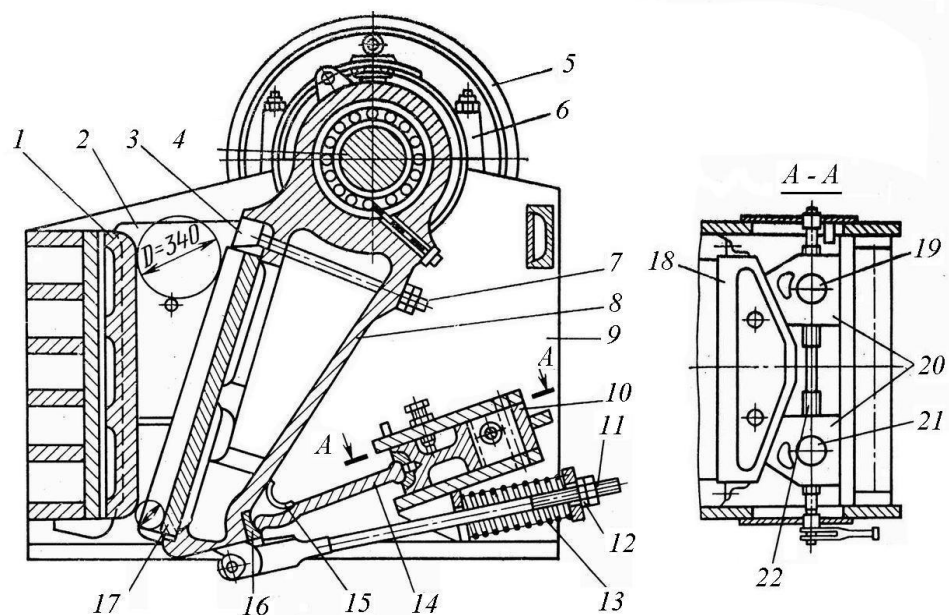


Рис.4. Конструкція щоккової дробарки з складним рухом щоки

Подрібнювальна плита 17 рухомої щоки закріплена стопорними клинами 3 за допомогою болтів. В нижній частині рухомої щоки зроблено заглиблення, в яке вставлений сухар 16. Сухар виконує функцію опорної поверхні розпірної плити 14. Опорні поверхні сухаря і розпірної плити захищені від матеріалу, який при роботі дробарки просипається, фартухом 15 із прогумованої тканини. Другий кінець розпірної плити впирається до сухаря, вмонтованого у корпус механізму регулювання розвантажувальної щілини.

Механізм регулювання складається з корпусу 10 коробчатого перерізу і повзуна 18 з конічними поверхнями, по яких ковзають два клини 20, стягнені гвинтом 22 з правою й лівою різьбою на кінцях. Під час обертання гвинта 22 гайки 19 і 21, які закріплені в отворах клинів 20, переміщують повзун, внаслідок чого змінюється розмір розвантажувальної щілини. Постійність притиснення рухомої щоки до розпірної плити забезпечується тягою 11. Для регулювання притиснення використовують пружину 13 і гайку 12.

Привід дробарки здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі на один із маховиків 5, який одночасно є приводним шківом.

Під час обертання ексцентрикового валу рухома щока здійснює складний, еліпсоподібний рух, який наближується у верхній частині до кругового, а в нижній – до прямолінійного, що сприяє більш інтенсивному просуванню матеріалу донизу, і, таким чином, збільшує продуктивність дробарки на 20-25%.

В дробарках із складним рухом щоки матеріал подрібнюється роздавлюванням і стиранням, що обумовлює більш швидке зношування подрібнювальних плит.

1.2. Розрахунок основних параметрів щокової дробарки.

Вихідними даними для розрахунку щокових дробарок є максимальна крупність шматків у вихідному матеріалі (D_{\max}), необхідна максимальна крупність готового продукту (d_{\max}), міцність матеріалу і продуктивність дробарки (Q). Ширина завантажувального отвору (B) повинна забезпечити вільний прийом шматків максимальної крупності. Необхідна умова:

$$B \geq \frac{D_{\max}}{0,85} \quad (6)$$

Ширина вихідної щілини:

$$a = \frac{d_{\max}}{1,2} \quad (7)$$

Для побудови профілю камери дробіння необхідно знати кут захоплення, тобто кут між нерухомою і рухомою щоками. Цей кут повинен бути таким, щоб шматки матеріалу при стисканні не виштовхувались нагору. Згідно з розрахунками, $\alpha = 2\varphi$ (де φ - кут тертя). На практиці кут α приймають у межах $15 \dots 20^\circ$. Збільшення кута захоплення приводить до зменшення продуктивності, а зменшення викликає необгрунтоване збільшення габаритних розмірів, а значить і маси дробарки.

Оптимальну частоту обертання головного валу, при якій продуктивність дробарки є максимальною, визначають із залежності:

$$n = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot S_n}}, \text{ об/с} \quad (8)$$

де $g = 9,81, \text{ м/с}^2$; α - кут захоплення; S_n – хід рухомої шоки в нижній частині, м.

Для гарантії вивантажування матеріалу з робочого об'єму дробарки число обертів зменшують і приймають із співвідношення (9):

$$n_{np.} = (0,9 - 0,95) \cdot n, \text{ об/с.} \quad (9)$$

Продуктивність щоківих дробарок розраховують за методикою, припускаючи що розвантаження проходить тільки при відході шоки, і при цьому випадає об'єм матеріалу, що знаходився в призмі висотою h (рис. 3).

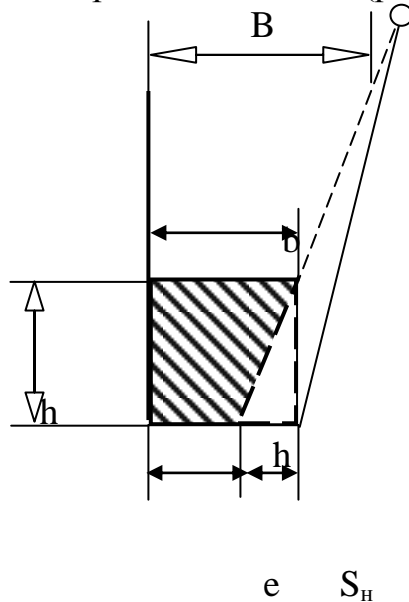


Рис. 3. Схема розвантаження щоківих дробарки.

Продуктивність дробарки ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q = \mu \cdot V \cdot n \quad (10)$$

де μ - коефіцієнт, що враховує розпушування матеріалу в об'ємі призми (за експериментальними даними $\mu = 0,4 \dots 0,45$);

V – об'єм заштрихованої призми (рис. 3);

n – частота обертання (с^{-1}).

Об'єм трапеції:

$$V = F \cdot L \quad (11)$$

де F – площа трапеції;

L – ширина камери дробарки

$$F = \frac{(2 \cdot e + S_n) \cdot S_n}{2 \cdot \text{tg} \alpha}, \text{ м}^2 \quad (12)$$

$$V = \frac{(2 \cdot e + S_n) \cdot S_n}{2 \cdot \text{tg} \alpha} \cdot L, \text{ м}^3 \quad (13)$$

Продуктивність щоківих дробарки:

$$Q = \mu \cdot \frac{(2 \cdot e + S_n) \cdot S_n}{2 \cdot \text{tg} \alpha} \cdot L \cdot n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (14)$$

Розрахована за даною формулою продуктивність щоківих дробарки відрізняється від фактичної, оскільки в ній не повністю враховані особливості дробіння.

Левенсон для розрахунку продуктивності запропонував наступну формулу:

$$Q = 150 \cdot n \cdot L \cdot S_n \cdot D_{ce} \cdot \mu \cdot \rho_0 \quad (15)$$

де n – частота обертання, хв.⁻¹;

L – ширина щоки, м;

S_n – амплітуда коливань, м;

D_{ce} – середній діаметр кусків вихідного матеріалу, м;

μ – ступінь заповнення матеріалом (у залежності від фізичних властивостей $\mu = 0,25-0,5$);

ρ_0 – середня густина матеріалу, т/м³.

Для визначення потужності двигуна Левенсон рекомендує наступну залежність:

$$N = \frac{0,735 \cdot n \cdot L \cdot (D_{ca}^2 - d_{ca}^2)}{0,34}, \quad (16)$$

де n – частота обертання, хв.⁻¹;

L – ширина щоки, м;

D_{ca} – середній діаметр шматків вихідного матеріалу, м;

d_{ca} – середній діаметр готового продукту, м.

Для підвищення надійності вибирають двигун з потужністю, що перевищує розрахункову на 10-15%. Це забезпечує запас потужності для перекриття неоднорідності в масі вихідного матеріалу.

Експериментальна частина

1.1. Апаратура, пристрої та матеріали

- Лабораторна шокова дробарка;
- Набір сит з отворами діаметром 40, 20, 10, 5 мм;
- Мірка ємністю 3 л;
- Плоска ємність об'ємом 3 л;
- Металева лінійка;
- Секундомір;
- Ваги з точністю зважування до 1,0 г.

1.2. Порядок виконання роботи

1.2.1. Визначення зернового складу та розмірів шматків вихідної породи.

Для визначення продуктивності дробарки вибирають матеріал, максимальний розмір шматків якого повинен бути:

$$D_{\max} \leq 0,85 \cdot B \quad (17)$$

Це може бути вапняк, доломіт, гіпс, клінкер, інші породи і матеріали. Зважують задану викладачем кількість матеріалу для дробіння (не менше 5 кг). За допомогою набору сит, розмір яких залежить від максимальних розмірів шматків, визначають зерновий склад і середньозважений розмір шматків у вихідній породі за формулою (5). Отримані дані заносять у таблицю 1.

Показник	Умовне позначення	Розмірність	Число
1	2	3	4
Назва матеріалу чи породи	-	-	
Маса наважки	m	кг	
Максимальний розмір шматка	D_{\max}	м	
Середньозважений розмір шматків	$D_{\text{сe}}$	м	
Часткові залишки на ситах №		%	
5	P_5		
10	P_{10}		
.	.		
.	.		
.	.		
Середня густина матеріалу	ρ_0	т/м ³	

1.2.2. Вимірювання постійних параметрів дробарки
Визначають постійні параметри дробарки і заносять їх у таблицю 2.

Таблиця 2

Параметр	Умовне позначення	Розмірність	Числове значення
1	2	3	4
Хід щоки	S_n	м	
Ширина камери	L	м	
Величина вхідного отвору	B	м	
Величина вихідного отвору	b	м	
Паспортна потужність двигуна	N_n	кВт	
Паспортна частота обертання вала двигуна	n	хв ⁻¹	
Діаметр шківів маховика	D	м	
Діаметр шківів двигуна	d	м	
Передавальне число	D/d	-	
Частота обертання вала дробарки	n	хв ⁻¹	

Примітка: частоту обертання вала дробарки визначають шляхом ділення паспортної частоти обертання двигуна на передавальне число клинопасової передачі.

1.2.3. Визначення експериментальної продуктивності.

Вмикають дробарку і переконуються в її нормальній роботі у не завантаженому стані. Матеріал поступово, безперервним потоком завантажують у бункер дробарки і одночасно включають секундомір. У режимі ручного керування висота заповнення робочої камери дробарки повинна складати приблизно 0,7 – 0,8 від її загальної висоти. За секундоміром визначають час подрібнення всього матеріалу t (с) (до моменту висипання із вихідної щілини останніх частинок матеріалу).

Експериментальну продуктивність дробарки визначають за формулою:

$$Q_e = \frac{M}{t} \quad (18)$$

1.2.4. Визначення ступеня подрібнення.

Визначають максимальні розміри шматків подрібненого матеріалу (d_{\max}) і ступінь подрібнення за формулою (4).

1.2.5. Розрахунок продуктивності й енергії дробіння.

Використовуючи формули (9), (15), (16), розраховують теоретичну продуктивність, витрати енергії в щоківній дробарці і частоту обертання ексцентрикового валу.

Всі результати розрахунків і вимірів заносять у таблицю 3.

Таблиця 3

Параметр	Умовне позначення	Розмірність	Числові значення
1	2	3	4
Експериментальна продуктивність	Q_e	кг/с	
Маса проби	m	кг	
Часткові залишки на ситах		%	
5	P_5		
10	P_{10}		
.	.		
.	.		
.	.		
Середньозважений розмір шматків	$d_{сз}$	м	
Ступінь подрібнення	i		
Частота обертання вала дробарки	$n_{пр.}$	$хв^{-1}$	
Теоретична продуктивність	Q_T	т/год	
Витрати енергії	N	кВт	

У звіті до лабораторної роботи приводять ескіз шокової дробарки, її основні розміри, а також короткий опис роботи дробарки. Описують хід виконання роботи, проведення вимірів і розрахунків. Проводять порівняння отриманих експериментальних і розрахункових даних. У висновках до роботи обґрунтовують кількісне значення одержаних даних і причини відмінності розрахункових і експериментальних параметрів.

Питання до самостійної роботи.

1. Що таке первинне дробіння і які агрегати використовуються для цього?
2. Наведіть класифікацію обладнання для грубого дробіння гірських порід.
3. Опишіть кінематичні схеми шокових дробарок з простим і складним коливанням щоки.
4. Опишіть конструкцію дробарки для грубого дробіння.
5. Які конструкції бронеплит використовуються в шокових дробарок?
6. Опишіть способи і пристрої для захисту дробарок від перевантаження.
7. Що таке кут захоплення і як він впливає на розміри і продуктивність дробарки?
8. Які переваги і недоліки дробарок з простим і складним коливанням щоки?
9. Назвіть основні параметри дробіння шокових дробарок.
10. Які властивості матеріалів потрібно враховувати при підборі агрегатів для грубого дробіння?

Рекомендована література.

1. Дубинін А. І. , Ханик Я. М. , Атаманюк В.М. Обладнання для подрібнення матеріалів: – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2005. - 140с..
2. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. / В.А.Бауман и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 324с.
3. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1970. – 488с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання лабораторної роботи № 30

ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ, ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРОБІННЯ

Укладачі: Атаманюк Володимир Михайлович
Троцький Володимир Іванович