

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт з дисципліни  
**“Устаткування ливарного виробництва”**  
для студентів спеціальності 136 “Металургія”  
усіх форм навчання

**2020**

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Устаткування ливарного виробництва” для студентів спеціальності 136 “Металургія” усіх форм навчання / Укладачі: В.В. Кудін, В.М. Сажнев, В.І. Гонтаренко. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 38 с.

Укладачі: В.В. Кудін, канд. техн. наук, доцент  
В.М. Сажнев, канд. техн. наук, доцент  
В.І. Гонтаренко, канд. техн. наук, професор

Рецензенти: С.І. Івахненко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: В.Г. Іванов, зав. каф., докт. техн. наук, доцент

**Затверджено**  
на засіданні кафедри  
“Машини і технологія  
ливарного виробництва”

**Рекомендовано**  
до видання НМК  
Інженерно-фізичного факультету  
НУ «Запорізька політехніка»

Протокол № 1 від 18.08.2020 р.

Протокол № 1 від 08.09.2020 р.

**ЗМІСТ**

1 Лабораторна робота № 1. Аналіз роботи ливарної формувальної вібропресової машини.....	4
2 Лабораторна робота № 2. Аналіз роботи ливарної формувальної струшувальної машини.....	10
3 Лабораторна робота № 3. Аналіз роботи валкової дробарки.....	17
4 Лабораторна робота № 4. Аналіз роботи кульового млина.....	22
5 Лабораторна робота № 5. Аналіз роботи каткового змішувача.....	27
6 Лабораторна робота № 6. Аналіз роботи піскодувних та піскострільних механізмів.....	33

## Лабораторна робота № 1

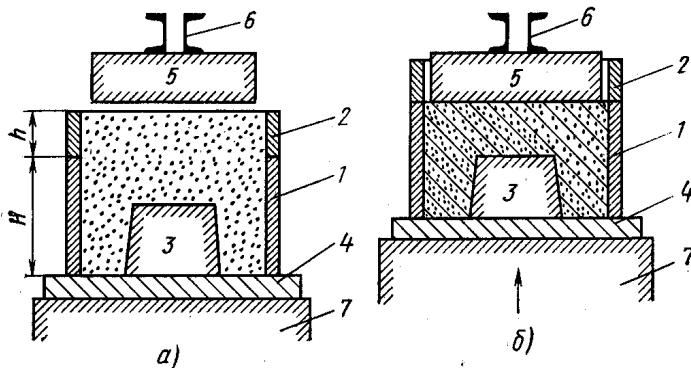
### АНАЛІЗ РОБОТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ ВІБРОПРЕСОВОЇ МАШИНИ

Мета роботи: дослідження ступеня ущільнення формувальної суміші по висоті опоки при роботі пресового, вібраційного та вібропресового механізмів.

#### Загальні відомості

Розрізняють пресові формувальні машини з верхнім і нижнім пресуванням.

На машині з верхнім пресуванням (рис. 1.1) формувальна суміш в об'ємі наповнювальної рамки запресовується в опоку зі сторони протилежної роз'єму форми.

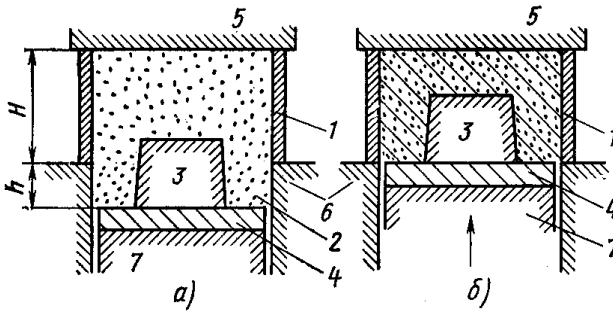


а, б – до та після пресування;  
1 – опока; 2 – наповнювальна рамка; 3 – модель; 4 – модельна плита;  
5 – пресувальна колодка; 6 – нерухома траверса; 7 – пресовий стіл машини.

Рисунок 1.1 – Схема верхнього пресування

На машині з нижнім пресуванням (рис. 1.2) суміш запресовується збоку моделі. При цьому роль наповнювальної рамки виконує поглиблення в нерухомому столі машини, де вміщується модельна плита.

Машина з верхнім пресуванням простіша при налагоджуванні її на другий розмір опоки, тут не треба точного регулювання довжини ходу пресування, як в машині з нижнім пресуванням. Тому машини з нижнім пресуванням застосовуються переважно при масовому виробництві.



а, б – до та після пресування;  
 1 – опока; 2 – наповнювальна рамка; 3 – модель; 4 – модельна плита;  
 5 – нерухома плита; 6 – нерухомий стіл машини; 7 – рухомий пресовий стіл машини.

Рисунок 1.2 – Схема нижнього пресування

Основним фактором ущільнення суміші при пресуванні є питомий тиск пресування  $P$ ,  $\text{кг/см}^2$ .

$$P = \left( \frac{\delta - 1}{c} \right)^4 \cdot 10^5, \text{ Па} \quad (1.1)$$

де  $c$  – коефіцієнт ущільненості форми пресуванням  $c = 0,4-0,6$ . В залежності від висоти опоки « $H_o$ » (см) коефіцієнт  $c$  виміряється:  $cH_o^{0,19} = 0,92$ .

При відсутності в опоці моделі, висоту наповнювальної рамки можна визначити:

$$h = H_o \cdot \left( \frac{\delta}{\delta_o} - 1 \right), \quad (1.2)$$

де  $h$  – висота наповнювальної рамки, см;

$H_o$  – висота опоки, см;

$\delta_o, \delta$  – середня об'ємна вага суміші в опоці до і після пресування,  $\text{г/см}^3$ .

На пресових формувальних машинах, крім вертикальних стискувальних напруг в формі, яка пресується, виникає горизонтальне або бокове тиснення, яке складає в середньому 0,35-0,50 від вертикального тиснення. Бокове тиснення збуджує тертя формувальної суміші по сті-

нках опоки, що поглинає частину роботи пресування при переміщенні шарів суміші в напрямі руху пресової колодки. Ця робота тертя складає тим більшу частину роботи пресування, чим більше висота опоки.

Тертя суміші по стінках опоки поступово знижує вертикальний тиск в формі, від чого з віддаленням від пресової колодки в глибину форми ступінь ущільнення поступово зменшується. Таке положення можна значно покращити накладанням вібрацій на формувальну суміш в процесі її ущільнення пресуванням.

Під дією вібрацій відбуваються безперервні зміни взаємного розміщення часток суміші, внаслідок чого створюються нові комбінації їх розташування, сприятливі для ущільнення системи. Рухливість часток при вібрації сприяє подоланню нерівностей при їх переміщенні, що в значній мірі зменшує як внутрішнє, так і зовнішнє тертя.

Ефективність дії вібрації при пресуванні можна відмітити на графіку (рис.1.3), що відображає залежність ( $\delta$ ) від питомого тиснення пресуванням при простому пресуванні (2) і при пресуванні з вібрацією (1).

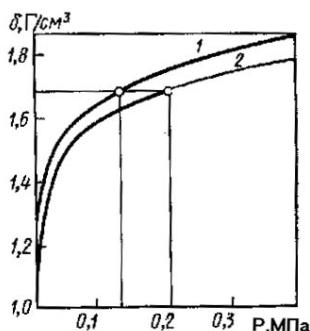


Рисунок 1.3 – Зміна щільності суміші при пресуванні (2) і вібропресуванні (1)

### Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи студент самостійно вивчає матеріал стосовно питань конструкцій, принципу дії і роботи пресових і вібропресових формувальних машин за літературою [1, с.23-70; 2, с.110-127 3, с.109-122].

Студент проглядає конспект лекцій з даної дисципліни по темі лабораторної роботи.

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і готуються ескізи таблиць для занесення результатів дослідів, що будуть проведені.

### ***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

1 В чому принципова різниця в ущільненні форми по машинах з верхнім і нижнім пресуванням?

2 Який головний фактор ущільнюючого впливу на формувальну суміш при пресуванні і від яких конструктивних параметрів машин і технологічної оснастки він залежить?

3 Що обмежує можливість ущільнення високих форм пресуванням?

4 Які основні переваги і недоліки пресових формувальних машин?

5 В чому полягають основні вимоги техніки безпеки під час роботи на пресових формувальних машинах?

6 Яке значення має вібрація при ущільненні форм пресуванням?

7 Чи можна виготовити форму методом чистої вібрації?

8 Чим пояснити позитивну дію вібрації при пресуванні?

9 Як впливає тривалість вібропресування на ступінь ущільнення форми?

### **Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

1 Формувальна машина моделі 226.

2 Спеціальна опока.

3 Формувальна суміш.

4 Секундомір.

5 Твердомір.

6 Совок, скребок.

7 Щітки.

### **Вказівки з техніки безпеки**

Готовність машини до роботи визначають зовнішнім оглядом і перевіркою її роботи в холостому режимі. При зовнішньому огляді необхідно визначити, чи усі деталі машини на місці, чи надійно вони закріплені, чи немає перекосу модельної плити. Якщо знайдено несправності студент зобов'язаний попередити про це викладача чи навчального майстра.

Практична частина лабораторної роботи на вібропресовій формувальній машині виконується студентами під наглядом навчального майстра або викладача.

Після завершення роботи робоче місце формувальника студенти приводять у порядок.

### Порядок проведення лабораторної роботи

1 Встановлюють опоку (рис.1.4)  $H_o = 250$  мм на стіл формувальної машини, засипають підготовлену суміш. Залишок суміші (вище країв опоки) зрізується скребком. Підводять пресову колодку і включають пресовий механізм машини.

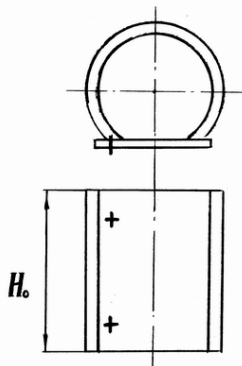


Рисунок 1.4 – Спеціальна опока

При закінченні пресування відкривається бокова стінка опоки. Твердоміром заміряється твердість ( $D$ ) формувальної суміші по висоті опоки. Заміри проводять тричі через кожні 30 мм висоти опоки. Результати замірів записуються в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Зміна щільності формувальної суміші по висоті опоки ( $H_o = 250$  мм) при пресуванні

$H, \text{мм}$	0	30	60	90	120	150	180	210
$\delta(D)$								

2 Визначають залежність ступеня ущільненості суміші від часу при чистій вібрації і характер розподілу ущільнення форми по висоті при різному часі вібропресування.

Дослідження проводяться на вібропресовій формувальній машині (рис.1.5), на стіл якої встановлюється лабораторна опока, що дозволяє робити заміри щільності форми як по висоті, так і по розняттю опоки.

Заміри твердості суміші і часу чистої вібрації та вібропресування здійснюють відповідно за допомогою твердоміра і секундоміра.





### Зміст звіту

В звіті повинні бути відображені:

- 1 Мета роботи.
- 2 Загальні теоретичні відомості.
- 3 Схема формувальної машини і спеціальної опоки.
- 4 Одержані дані по роботі.
- 5 Графіки, які ілюструють характер залежностей.
- 6 Висновки по роботі.

### Рекомендована література

- 1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.
- 2 Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. – Минск: Выш. школа, 1980. – 368 с.
- 3 Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 551 с.

### Лабораторна робота № 2

## АНАЛІЗ РОБОТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ СТРУШУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Мета роботи: визначити залежність між ступенем ущільнення суміші і числом ударів струшування, а також зміну ущільнення суміші по висоті форми при струшуванні без допресування та з допресуванням.

### Загальні відомості

При ущільненні формувальної суміші в опоці на струшувальній машині, стіл машини разом з опокою за кожним ударом підіймається на висоту 30-80 мм при падінні з якої ударяється о перепону. Ущільнення суміші в опоці відбувається під дією сил інерції суміші за кожним ударом столу. Тривалість удару надто недовгочасна і тому ущільнення суміші можливо тільки при багаторазовій кількості ударів столу – від 10 до 80.

Проте кількість ударів не може бути критерієм ущільнення, бо сила ударів струшувального столу залежить від багатьох факторів: тиск повітря, висота струшування, якість змазування формувальної машини тощо.

За міру ущільнюючої дії на формувальну суміш при струшуванні приймають питому роботу струшування, надану суміші за  $n$  ударів столу та віднесену на одиницю площі опоки:

$$a = \frac{Q}{F} \cdot h \cdot n \cdot \eta, \text{ Дж/м}^2, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – сила тяжіння формувальної суміші в опоці, Н;

$F$  – площа опоки. м<sup>2</sup>;

$h$  – висота струшування, м;

$\eta$  – коефіцієнт використання потенційної енергії струшувального столу при його падінні. Для різних машин  $\eta = 0,3-0,7$ .

Залежність середнього ступеня ущільнення  $\delta$  формувальної суміші від питомої роботи струшування:

$$\delta = 1 + k \cdot a^{0,3}, \quad (2.2)$$

де  $a$  – питома робота струшування, Дж/м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт ущільнення форми ( $k = 0,35-0,55$ ) струшуванням.

З збільшенням числа ударів  $n$  зростає ступінь ущільнення суміші. Але після деякого числа ударів прирощення ущільнення припиняється – настає так звана стабілізація ущільнення (рис.2.1).

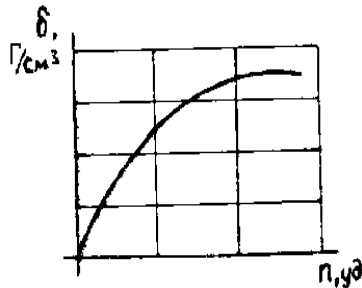


Рисунок 2.1 – Залежність ущільнення від кількості ударів при струшуванні

З графіка (див. рис.2.1) виходить, що для кожного випадку ущільнення форми струшуванням можна знайти і задати такий режим роботи (оптимальне число ударів за даною висотою струшування), коли енергія стиснутого повітря буде мінімальна. Розподіл ущільнення суміші при струшуванні по висоті опоки неоднаковий (рис.2.2). Найбільше ущільнення утворюється в нижній частині форми, у плоскості розняття, тому що при ударі на цій шар суміші діє сила енергії всієї маси суміші, яка знаходиться в опоці.

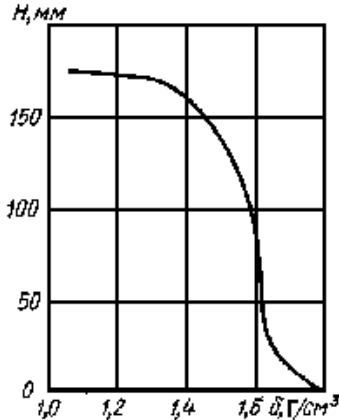


Рисунок 2.2 – Розподіл уцілювання по висоті опоки при струшуванні

Ступінь уцілювання форми (в середньому по всьому об'єму) визначається і розраховується таким чином: зважується суміш, засипана в опоку, вимірюється її об'єм.

$$\delta_o = \frac{Q_{см}}{V_{см}} = \frac{Q_{см}}{F_{оп} \cdot H_o}, \text{ г/см}^3, \quad (2.3)$$

де  $Q_{см}$  – вага суміші в опоці, г;

$V_{см}$  – об'єм суміші в опоці,  $\text{см}^3$ ;

$F_{оп}$  – площа перерізу опоки,  $\text{см}^2$ ;

$H_o$  – висота опоки, см.

При неоднаковій кількості ударів струшуючого столу замірюється об'єм суміші в опоках і визначається фактичний ступінь уцілювання:

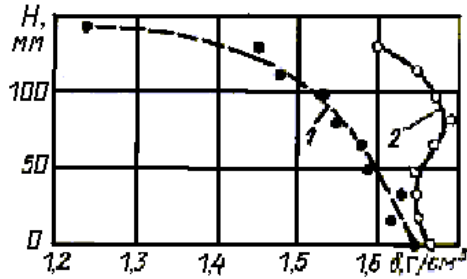
$$\delta_{факт} = \frac{Q_{см}}{F_{оп} \cdot H_{см}}, \text{ г/см}^3, \quad (2.4)$$

де  $H_{см}$  – висота суміші в опоці, см.

При цих же числах струшування проводиться розрахунок ступеня уцілювання ( $\delta_{розрахунковий}$ ) за формулою (2.2).

Верхні шари суміші в опоці при струшуванні мають недостатню щільність і потребують додаткового уцілювання або допресування форми після струшування, або пресування верхніх шарів у процесі струшування.

У першому варіанті машині додається спеціальний механізм пресування (рис.2.3). У другому – підпресування верхніх шарів форми здійснюється за допомогою металевго вантажу – плити, який кладеться на поверхню суміші в опці до струшування (рис.2.4).



1 – струшування; 2 – струшування з наступним статичним допресуванням.

Рисунок 2.3 – Розподіл ущільнення по висоті опоки при струшуванні з наступним статичним пресуванням

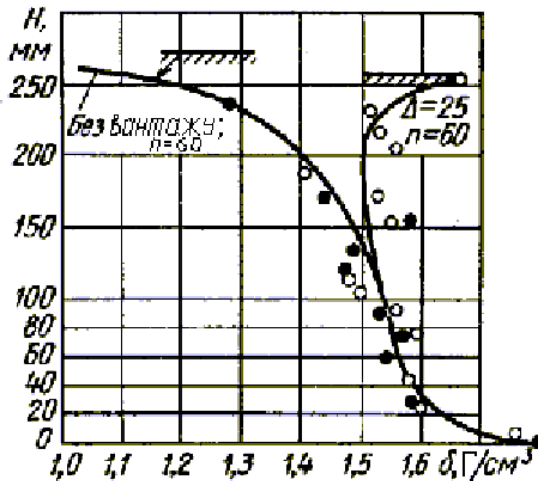


Рисунок 2.4 – Розподіл ущільнення по висоті опоки при струшуванні з вантажем (динамічне пресування)

### Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи студент самостійно вивчає матеріал стосовно теми лабораторної роботи за літературою [1, с.74-143; 2, с.135-162].

Студент проглядає конспект лекцій по темі лабораторної роботи.

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і готуються ескізи таблиць для занесення результатів дослідів, що будуть проведені в ході роботи.

***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

1 Що є основним фактором ущільнюючого впливу на форму при струшуванні? Від яких конструктивних параметрів машини він залежить?

2 Чому на струшувальних машинах високі форми краще ущільнюються, ніж низькі?

3 Чому біля модельної плити щільність форми різко збільшується?

4 Який характер розподілу ступеня ущільнення суміші в формі при струшуванні різних по висоті опок і при різній кількості ударів столу?

5 Що є основним фактором ущільнюючого впливу на форму при статичному та динамічному доущільненнях?

6 Необхідність допресування верхніх шарів форми при струшуванні.

7 Який характер розподілу ступеня ущільнення суміші у формі при струшуванні:

7.1 З допресуванням та без допресування.

7.2 З статичним та динамічним доущільненням.

7.3 З динамічним доущільненням різними по масі вантажами.

8 Які основні переваги і недоліки статичного і динамічного доущільнення?

**Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

1 Ливарна формувальна струшувальна машина.

2 Формувальна суміш.

3 Спеціальна опока.

4 Твердомір.

5 Скребок.

**Вказівки з техніки безпеки**

Перед роботою проводять зовнішній огляд машини. При зовнішньому огляді необхідно визначити, чи всі деталі машини на місці, чи надійно вони закріплені, чи немає перекосу модельної плити і штифтів. При холостому ході встановлюють, чи не має витоків стиснутого повітря через шланги. Якщо знайдено несправності в обладнанні студент зо-

бов'язаний доповісти про них викладачу і навчальному майстру.

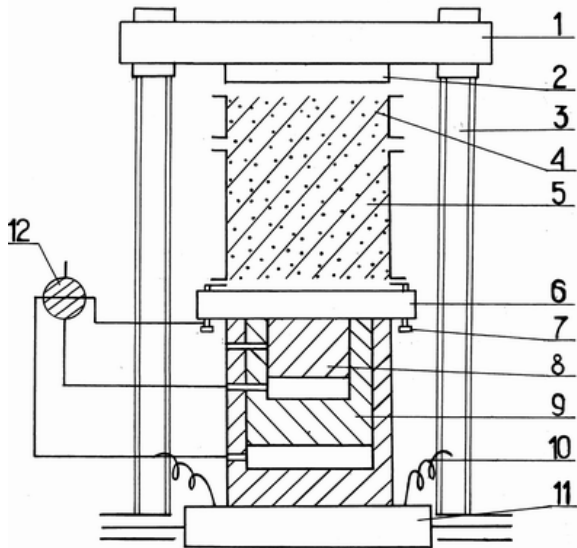
Все обладнання повинно бути зручним для огляду, налагодження, прибирання і управління.

При практичному виконанні лабораторної роботи забороняється вмикати в роботу машини, на яких не працюємо..

### Порядок проведення лабораторної роботи

1 Визначення залежності між ступенем ущільнення форми і числом струшувань.

На стіл машини (рис.2.5) ставиться опока висотою 250 мм, заповнюється розпушеною сумішшю і проводиться струшування. Через кожні 5 ударів столу машина вимикається і твердоміром проводять замір щільності форми по площині рознімання форми. Результати замірів заносять у таблицю 2.1.



- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1 – траверса;            | 7 – механізм вилучення моделі;     |
| 2 – пресова колодка;     | 8 – струшувальний поршень;         |
| 3 – гвинтова стійка;     | 9 – пресовий поршень;              |
| 4 – наповнювальна рамка; | 10 – пружини;                      |
| 5 – опока;               | 11 – станина;                      |
| 6 – стіл;                | 12 – пневматичний кран управління. |

Рисунок 2.5 – Схема формувальної машини

Таблиця 2.1 – Вплив кількості ударів ( $n$ ) столу машини на щільність формувальної суміші ( $H_o = 0$  – площина заміру)

n	5	10	15	20	25	30
$\delta(D)$						

За результатами дослідів будують графік впливу кількості ударів ( $n$ ) столу машини на твердість формувальної суміші ( $D$ ).

2 Визначення характеру розподілу ущільнення суміші по висоті форми при струшуванні.

Дослід проводять аналогічно попередньому, але суміш ущільнюється струшуванням при постійній кількості ударів. Результати заносять у табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Характер розподілу щільності формувальної суміші по висоті опоки при струшуванні без допресування (кількість ударів 20-30)

$H, \text{мм}$	0	30	60	90	120	150	180	210
$\delta(D)$								

3 Визначення характеру розподілу ущільнення суміші по висоті форми при струшуванні з допресуванням.

Дослід проводять з доущільненням пресуванням суміші з попереднього дослідів (п.2). Результати замірів щільності суміші по висоті форми заносяться в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Характер розподілу щільності формувальної суміші по висоті форми при струшуванні з допресуванням

$H, \text{мм}$	0	30	60	90	120	150	180	210
$\delta(D)$								

По результатах досліджень (п.2, п.3) будуються графіки зміни твердості форми ( $D$ ) по висоті опоки ( $H_o$ ) при струшуванні без допресування і з допресуванням.

### Зміст звіту

В звіті повинно бути відображено:

1 Мета роботи.

2 Схема струшувальної машини.



3 Результати досліджень: таблиці, графіки.

4 Висновки по роботі.

### Рекомендована література

1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.

2 Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. – Минск: Выш. школа, 1980. – 368 с.

## Лабораторна робота № 3

### АНАЛІЗ РОБОТИ ВАЛКОВОЇ ДРОБАРКИ

Мета роботи: встановлення залежності між фракційним складом, розміром зазору між валками та кількістю пропускань матеріалу крізь дробарку.

#### Загальні відомості

Валкова дробарка складається з двох однакових циліндричних валків, рівних за діаметром, які обертаються назустріч один одному. Підшипники одного з валків утримуються пружинами та мають змогу переміщатися у спрямовуючих.

Між підшипниками обох валків розташовують прокладки, котрі регулюють розмір щілини між валками (рис.3.1).

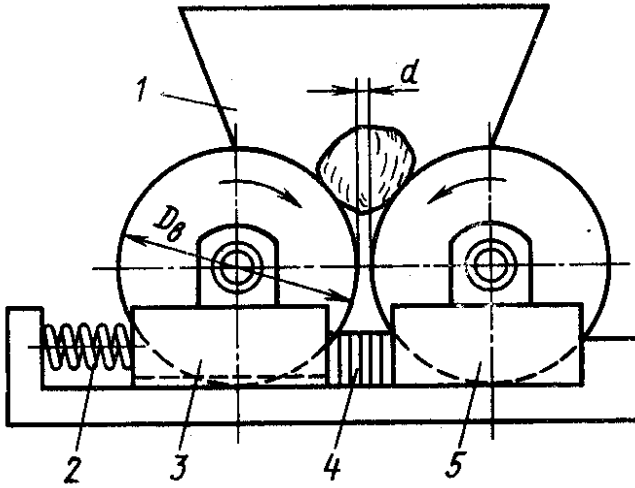
Розмір цієї щілини визначає максимальну величину грудки продукту, що роздрібнюється і який виходить з дробарки.

Гладенькі валки роздрібнюють матеріал роздавлюванням, зтягаючи грудки між валками силою тертя. Для крихких матеріалів застосовують також рифлені та зубчаті валки, в яких матеріал роздрібнюється розколюванням.

Плоскості, дотичні поверхні гладеньких валків у точках зіткнення з грудкою матеріалу (ОМ та ON) утворюють між собою кут  $\beta = 2\alpha$ , де  $\alpha$  - кут захоплення валкової дробарки (рис.3.2).

Для втягування грудки між валками повинно бути виконана умова  $\beta \leq \varphi$ , де  $\varphi = \arctg f$  - кут тертя матеріалу грудки по валках.

Співвідношення між діаметром валка та максимальним розміром грудки матеріалу визначається за рисунком 3.2 по формулі:



- 1 – бункер для засипання матеріалу; 4 – прокладки;  
 2 – пружина; 5 – нерухомий підшипник.  
 3 – рухомий підшипник;

Рисунок 3.1 – Валкова дробарка

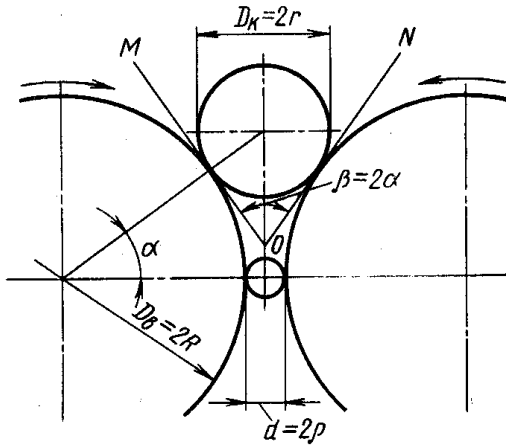


Рисунок 3.2 – Основні співвідношення валкової дробарки

$$\frac{D_в}{D_к} = \frac{\cos \alpha - 1/e}{1 - \cos \alpha}, \quad (3.1)$$

де  $e$  – кратність роздріблення, для гладеньких валів  $e = 3 \div 6$ ;

$$e = \frac{D_к}{d}, \quad (3.2)$$

$D_в$  – діаметр валка;

$D_к$  – максимальний діаметр грудки матеріалу;

$d$  – зазор між валками.

### **Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи студент самостійно проробляє матеріал стосовно питань конструкцій, принципу дії і роботи валкової дробарки за літературою [1, с.294-296].

Студент проглядає конспект лекцій по темі лабораторної роботи.

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і готуються ескізи таблиць для занесення результатів дослідів, що будуть проведені.

### ***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

1 Визначення кута захоплення дробарки. Які робочі параметри валкової дробарки залежать від кута захоплення?

2 Як змінюється характер роздріблення матеріалу за різними зазорами між валками?

3 Як відрізняється механізм роздріблення гладенькими, рифленими та зубчастими валками?

4 Від чого залежить максимальний розмір грудки до роздріблення?

### **Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

1 Валкова дробарка моделі 59ВДр.

2 Матеріал для роздріблення.

3 Сито.

4 Пристрій для просіювання.

### **Вказівки з техніки безпеки**

Готовність дробарки до роботи оцінюють зовнішнім оглядом. Електричний привід дробарки повинен бути закритий металевим кожухом.

хом і мати заземлення. Кнопки управління повинні бути надійними, добре пізнавані і зручними в використанні. При роботі уважно дотримуватись безпеки відносно частин машини, що обертаються та рухаються.

Якщо знайдені несправності в обладнанні студент зобов'язаний про це доповісти викладачу чи навчальному майстру.

### Порядок проведення роботи

1 Визначити характеристику валкової дробарки: діаметр та довжину валків, кількість обертів кожного валка за хвилину ( $n$ ) та їх кутову швидкість ( $\omega$ ). Кутова швидкість визначається за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, 1/\text{с} \quad (3.3)$$

2 Визначити максимальний розмір грудок, припустимий для роздрібнювання в цій дробарці.

3 Узяти наважку матеріалу для роздрібнювання – 2 кг.

4 Установити зазор між валками  $d_1 = 5\text{-}6$  мм.

5 Пропустити матеріал крізь дробарку та визначити його фракційний склад після роздрібнювання на ситах (№№ 2,5; 1,6; 1,0; 0,63; 0,4; 0,315; 0,25 та залишок). Після чого знову цей матеріал удруге роздрібнюють у дробарці при тому же зазорі між валків  $d_2 = 5$  мм.

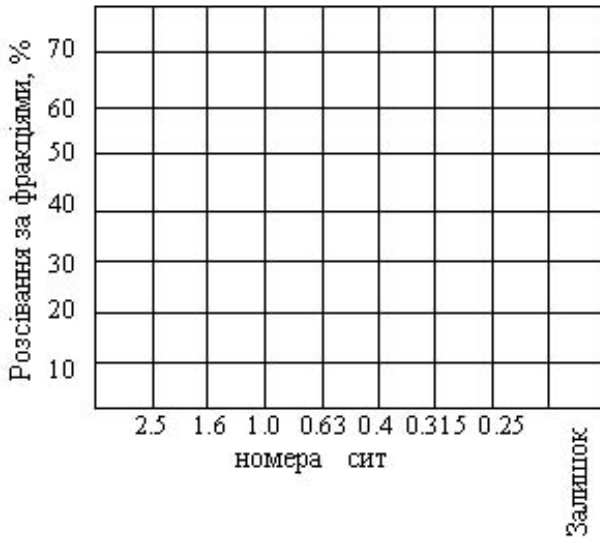
6 Дослід (пп.3, 4, 5) повторюють повністю для зазору між валками  $d_3 = 1$  мм.

7 Одержані дані фракційного розсіву (пп.4, 5, 6) заносять до табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість матеріалу, що залишилось на ситах в залежності від зазору між валками і кількості пропускань крізь дробарку

Зазор $d$ , мм	Пропускання крізь дробарку	Розсів матеріалу (№ сит)							
		2,5	1,6	1,0	0,63	0,4	0,315	0,25	залишок
5	1								
5	2								
1	3								

8 По результатах дослідження (табл.3.1) будують графіки (рис.3.3)



- а – після першого роздріблення крізь дробарку;  $d_1 = 5$  мм;  
 б – після другого проходження крізь дробарку;  $d_2 = 5$  мм;  
 в – після третього проходження крізь дробарку;  $d_3 = 1$  мм.

Рисунок 3.3 – Графік зображення результатів дослідження

### Зміст звіту

В звіті повинні бути відображені:

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема дробарки та короткий опис її роботи. Кратність роздрібнювання, розміри максимальних грудок до роздрібнювання.
- 3 Розрахунки, таблиці, графіки виявлених залежностей.
- 4 Висновки по роботі.

### Рекомендована література

1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.

## Лабораторна робота № 4

### АНАЛІЗ РОБОТИ КУЛЬОВОГО МЛИНА

Мета роботи: ознайомитись з конструкцією кульового млина, його характеристикою та основними робочими параметрами. Визначити режим роботи млина. Визначити залежності між фракційним складом матеріалу та часом розмелювання.

#### Загальні відомості

Кульовий млин (рис.4.1) має барабан, який обертається навколо горизонтальної осі. В барабані розташовані грудки матеріалу для розмелювання та сталеві кулі. При обертанні барабану кулі тягнуться за стінкою, досягаючи визначеної висоти, відриваються від неї і при падінні роздрібнюють матеріал ударом.

Довжина барабану млина частіше всього складає 1,5-2,0 його діаметру.

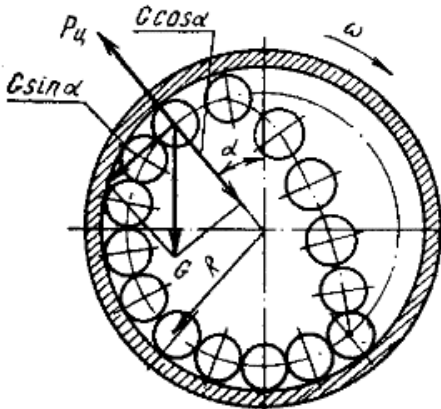


Рисунок 4.1 – Принцип роботи кульового млина

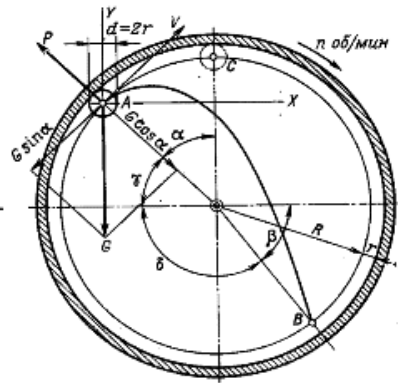


Рисунок 4.2 – Траєкторія руху куль у млині

В точці відриву А (рис.4.2) відцентрова сила «P» кулі вагою G (кг) врівноважується радіальною складовою  $G \cdot \cos \alpha$ .

$$P = \frac{G}{g} \cdot \left( \frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \cdot R = \frac{G \cdot n^2 \cdot R}{900}, \text{ кг} \quad (4.1)$$

$$\frac{G \cdot n^2 \cdot R}{900} = G \cdot \cos \alpha, \quad (4.2)$$

$$\text{або} \quad \frac{R}{\cos \alpha} = \frac{900}{n^2}. \quad (4.3)$$

Це виявлення показує, що  $\frac{R}{\cos \alpha}$  є постійною величиною для кожного шару кульового навантаження. Найбільша продуктивність млина спостерігається при максимальній висоті падіння куль, яка досягається при куті відриву куль  $\alpha = 54^\circ 40'$ . Кут цей є оптимальним кутом відриву.

При виборі числа обертів млина за хвилину треба мати на увазі, що надто повільне обертання барабана млина знижує продуктивність, в той же час при надто швидких обертах значно підвищується відцентрова сила куль, яка притисне їх до стінки млина, продуктивність знову буде знижуватися майже до нуля.

Число обертів барабана, коли відцентрова сила куль врівноважить його вагу в верхній точці «С» (рис.4.2) зветься критичним

$$P = \frac{G \cdot n_{кр}^2 \cdot R}{900} = G, \text{ кг} \quad (4.4)$$

$$\text{або} \quad n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{R}} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}, \quad (4.5)$$

де  $R$  – радіус обертання центра ваги зовнішнього шару куль, м.

$$D = 2R.$$

При визначенні робочої кількості обертів кульового млина можуть бути установлені два режими:

1 Режим максимальної абсолютної продуктивності млина (I-й режим).

2 Режим максимальної економічності млина (II-й режим).

Для встановлення I-го режиму необхідно поставити в найбільш вигідні умови (з кутом відриву  $\alpha = 54^\circ 40'$ ) зовнішній шар куль.

$$\text{Із} \quad \frac{R}{\cos \alpha} = \frac{900}{n^2} \quad \text{виходить:}$$

$$n = \frac{30 \cdot \sqrt{\cos 54^\circ 40'}}{\sqrt{R}}, \text{ об/хв}, \quad (4.6)$$

$$\text{або } n_I = \frac{22,8}{\sqrt{R}} = \frac{32}{\sqrt{D}}, \text{ об/хв.} \quad (4.7)$$

Для встановлення II-го режиму слід взяти за основу всю масу навантаження, котра динамічно може бути подана «редуктивним шаром». Для додержання цієї умови, кількість обертів млина слід взяти:

$$n_{II} = \frac{26,3}{\sqrt{R}} = \frac{37,2}{\sqrt{D}}, \text{ об/хв.} \quad (4.7)$$

Коефіцієнт заповнювання барабана млина кульовим навантаженням ( $\varphi$ ) складає для I-го режиму -  $\varphi_I = 0,4$ , для II-го режиму  $\varphi_{II} = 0,54$ .

Щоб кулі одного шару при падінні не стикалися з іншими, розміри куль ( $d$ ) повинні бути: для I-го режиму та для II-го режиму  $d_{II} \leq \frac{R}{12}$ .

### **Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи студент самостійно проробляє матеріал стосовно питань конструкції, принципу роботи кульового млина за літературою [1, с.297-307].

Студент проглядає конспект лекцій з даної дисципліни по темі лабораторної роботи.

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і ескізи таблиць для занесення результатів експериментів, що будуть проведені.

### ***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

1 Як налагодити роботу кульового млина, щоб отримати максимальну продуктивність?

2 Як змінюється характер розмелювання матеріалу при зміні кількості обертів млина, розмірів куль та кульового навантаження?

3 Як відрізняється робота млина у режимах максимальної абсолютної продуктивності та максимальної економічності?

### **Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

1 Кульовий млин.

2 Годинник (секундомір).

3 Матеріал для розмелювання.

4 Лоток.

5 Пристрій для просіювання матеріалу. Набір сит.



### Вказівки з техніки безпеки

Перед роботою млина проводять його зовнішній огляд і перевіряють його роботу в холостому режимі. При зовнішньому огляді необхідно визначити чи всі деталі машини на місці, чи надійно вони закріплені. Про несправність необхідно доповісти викладачу.

Забороняється торкатися оголених дротів, натискати кнопки і запускати у роботу машину без дозволу.

При роботі млина бути обережним до частин машини, що обертаються.

### Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитись з конструкцією та основними робочими параметрами кульового млина. Визначити критичну кількість обертів та кількість обертів в залежності від режимів роботи млина. Порівнюючи одержані результати з фактичною кількістю обертів лабораторного млина, визначити в якому режимі працює млин.

Визначити необхідні розміри куль ( $d$ ) для I-го та II-го режимів. Порівняти з застосованими у млині.

Визначити коефіцієнт навантаження об'єму млина кулями. Об'єм кульового навантаження  $V_K$ :

$$V_K = \frac{G_{куль}}{\delta}, \text{ дм}^3, \quad (4.9)$$

де  $\delta$  – насипна вага куль – 5,45 кг/дм<sup>3</sup>;

$G_{куль}$  – вага куль – 6,6 кг.

Коефіцієнт навантаження:

$$K_V = \frac{V_K}{V_M}, \quad (4.10)$$

де  $V_M$  – об'єм барабана млина (рис.4.3).

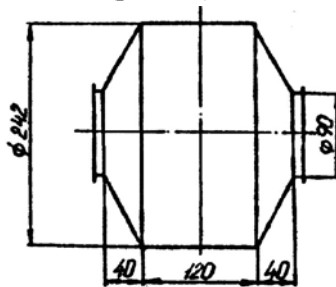


Рисунок 4.3 – Схема барабана кульового млина

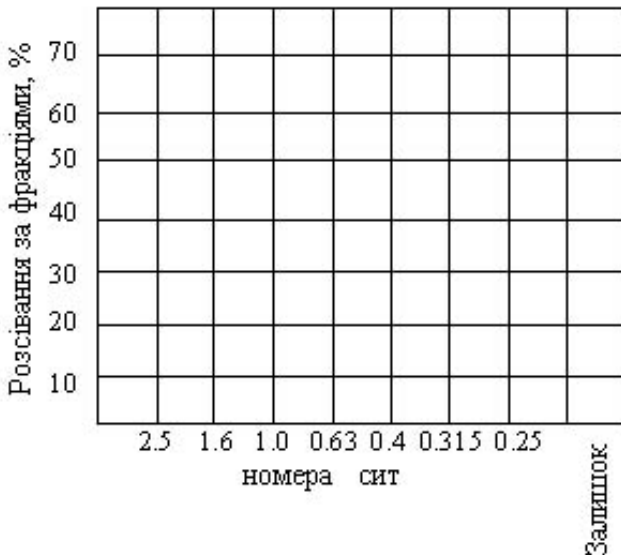
Для визначення залежності фракційного складу матеріалу від тривалості розмелювання, треба взяти наважку матеріалу (граніт, вапняк, кварцит) вагою 1 кг, розміром зерна 4-6 мм. Матеріал завантажується у млин, де розмелюється за часом.

Після кожного молоття матеріал вивантажується із млина, проводиться його розсіювання на стандартних ситах, та зважується кожна фракція. Результати зважування заносяться до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати досліджень

Номера сит	Час молоття, хв		
	5	10	15
2,5			
1,6			
1,0			
0,63			
0,40			
0,315			
0,25			
Залишок			
$\Sigma$			

За результатами досліджень будуються графіки:



### Зміст звіту

В звіті повинно бути відображено:

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема кульового млина.
- 3 Результати досліджень: таблиці, графіки.
- 4 Висновки по роботі: дати детальний аналіз одержаних результатів досліджень та практичні рекомендації щодо покращення роботи кульового млина.

### Рекомендована література

1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.

## Лабораторна робота № 5

### АНАЛІЗ РОБОТИ КАТКОВОГО ЗМІШУВАЧА

Мета роботи: Визначити вплив на якість формувальної суміші різноманітних модифікацій змішувача: 1) без катків; 2) без одного катка; 3) у комплекті (плужки та катки).

### Загальні відомості

Процес приготування суміші для разових форм та стрижнів з піщано-глинистих матеріалів полягає у змішуванні та перетиранні твердих та рідких компонентів. При їх перемішуванні по поверхні часток піску утворюється плівка, яка зв'язує між собою суміжні зерна. З'єднання зернин піску у єдину систему (суміш) обумовлено виникненням сил зчеплення між поверхнями зернин та плівкою зв'язуючого, а також присутністю зв'язку між частками зв'язуючої речовини. Головним вузлом кожної установки для підготовки суміші є змішувач. Існує багато типів змішувачів, котрі по характеру роботи можна поділити:

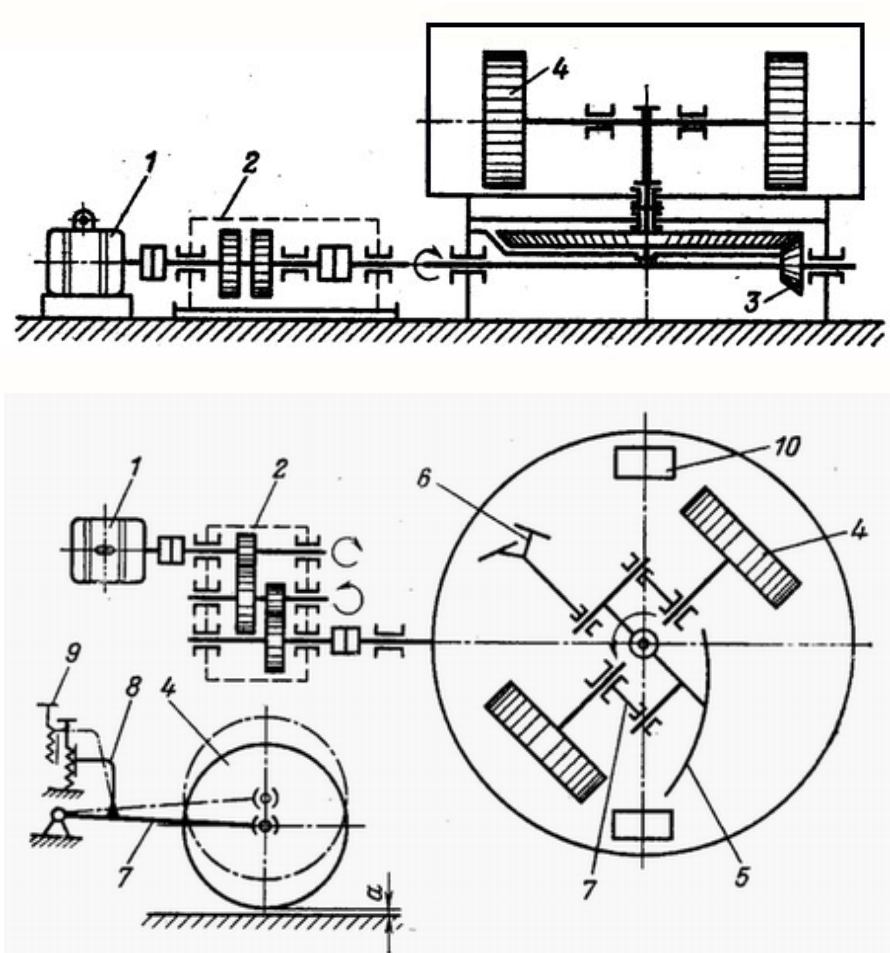
- 1 Змішувачі періодичної дії.
- 2 Змішувачі безперервної дії.

У змішувачах періодичної дії матеріал перемішується окремими порціями (замісами). У змішувачах безперервної дії завантаження, перемішування та вивантаження готової суміші ведеться одночасно.

За конструктивними ознаками машини для приготування фор-

мувальної суміші розрізняють: змішуючі бігуни (одинарні та здвоєні), відцентрові бігуни, лопатеві та барабанні змішувачі.

Однією з найбільш розповсюджених машин для приготування формувальної та стрижньової сумішей є катковий змішувач (рис.5.1)



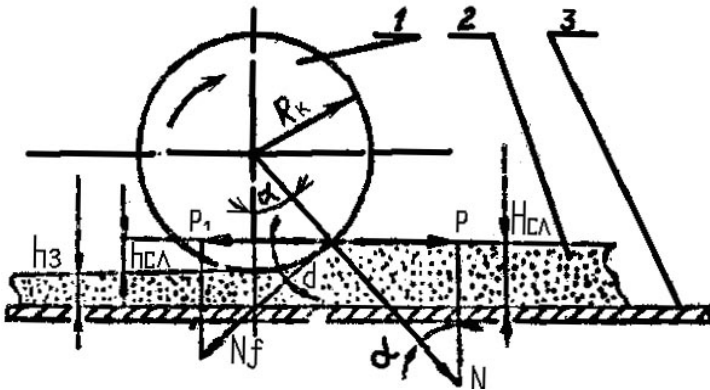
1 – мотор; 2 – редуктор; 3 – конічна шестерня; 4 – катки; 5,6 – плужки; 7 – кривошип; 8 – кронштейн кривошипу; 9 – гвинт, регулюючий зазор «а» між катком та чашею; 10 – розвантажувальні отвори у дніщі чаші.

Рисунок 5.1 – Схема каткового змішувача

При переміщенні, обертаючись навколо своїх вісей катки за рахунок тертя по шару матеріалу на дні чаші ущільнюють суміш, яка направляється під катки плужками.

Висока якість суміші у каткових змішувачах досягається тільки у тому разі, коли матеріал у чаші старанно перемішується та перетирається плужками та катками.

Тривалість приготування одного замісу визначається необхідними властивостями формувальної суміші. На практиці для єдиної суміші вона складає 3-6 хв., облицювальної 6-12 хв., стрижнєвої – 8-16 хвилин. Одноразове завантаження компонентів суміші у катковий змішувач (заміс) виявляється по висоті шару суміші у чаші бігунів, з умов руху катка по суміші (рис.5.2).



1 – каток; 2 – суміш попереду катка; 3 – чаша бігунів;

$N$  - тиск катка на верхній шар суміші;

$R_k$  - радіус катка;

$h_3$  - зазор між катком та чашею;

$h_{cl}$  - підминаємий під каток шар матеріалу;

$H_{cl}$  - шар суміші у бігунах.

Рисунок 5.2 – Визначення висоти шару суміші

Для лабораторних бігунів  $h_3 = 5-7$  мм. З умови  $P_1 \geq P$ , коли пісчинка верхнього шару суміші буде «притягнута» під каток, знаходимо:

$$P = N \cdot \sin \alpha \leq N \cdot f \cdot \cos \alpha = P_1, \text{ та } f \geq \operatorname{tg} \alpha, \quad (5.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між поверхнею катка та сумішшю (якщо  $f = 0,7$ , одержимо  $\alpha \leq 35^\circ$ ).

Знаючи  $R_k$  з рівняння:

$$h_{cl} = R_k \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (5.2)$$

визначаємо величину  $h_{cl}$  та висоту шару суміші

$$H_{cl} = h_{cl} + h_z = h_{cl} + (5...7) . \quad (5.3)$$

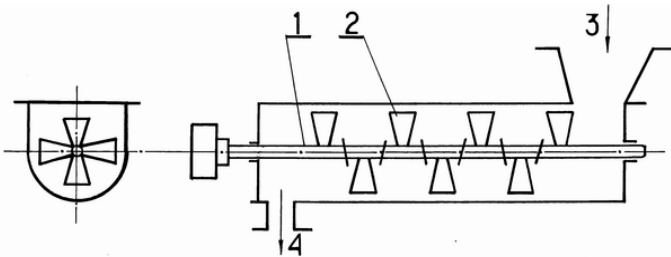
Одноразове завантаження матеріалу у бігуни:

$$G_{cm} = \frac{\pi \cdot D_r^2}{4} \cdot H_{cl} \cdot \gamma , \text{ кг}, \quad (5.4)$$

де  $D_r$  – внутрішній діаметр чаші бігунів, дм;

$\gamma$  – щільність суміші перед перемішуванням, кг/дм<sup>3</sup>.

Лопатеві змішувачі мають коритоподібний корпус, у середині якого обертається горизонтальний вал 1 з лопатями 2 (рис.5.3).



1 – вал; 2 – лопаті; 3 – завантаження суміші; 4 – вивантаження суміші.

Рисунок 5.3 – Схема лопатевого змішувача

При обертанні валу лопаті захоплюють матеріал та перемішують його, як по колу, так і вздовж корпусу змішувача. Завдяки цьому, а також тертю по стінках корита, частки матеріалу перемішуються. Проте суміш перетирається недостатньо ефективно і повного обволікання зернин піску глинистою оболонкою не досягається. По цій причині лопатеві змішувачі застосовуються переважно тоді, коли технологічно можливе приготування наповнюючих єдиних сумішей з невеликим процентом свіжих добавок, а також для приготування рідких самотвердіючих сумішей (РСС) та холоднотвердіючих сумішей (ХТС). Разом з цим у даних змішувачах є ряд переваг: простота конструкцій, надійність у роботі, висока продуктивність, а також можливість роботи у безперервному режимі.

### **Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи студент самостійно проробляє матеріал стосовно питань конструкції, принципу дії змішувачів за літературою [1, с.326-338; 2, с.54-70; 3, с.42-56].

Студенти проглядають конспект лекцій з даної теми.

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і готуються ескізи таблиць для занесення результатів дослідів по роботі.

#### ***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

- 1 Призначення катків у змішувачах.
- 2 Призначення плужків у змішувачах.
- 3 Чи впливає час перемішування на якість формувальної суміші?
- 4 На якому змішувачі одержується краща якість формувальної суміші? Чому?

#### **Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

- 1 Бігуни лабораторні.
- 2 Інструмент для розбирання та збирання бігунів.
- 3 Прилади для визначення газопроникнення та сирієї міцності суміші.
- 4 Складові компоненти для виготовлення суміші.

#### **Вказівки з техніки безпеки**

Студенти зобов'язані перед виконанням роботи ознайомитись з завданням.

Без дозволу викладача забороняється вмикати електроустаткування і залишатися працювати одному студенту в лабораторії: обов'язкова присутність другої особи для надання допомоги в разі нещасного випадку.

При виконанні робіт по переналадці устаткування, воно повинно бути вимкнено від мережі і на рубильнику підвищена табличка «НЕ ВМИКАТИ».

Після завершення роботи студенти зобов'язані привести у порядок робоче місце і повідомити про закінчення роботи.

#### **Порядок проведення лабораторної роботи**

1 Підготувати компоненти формувальної суміші. Загальна вага одного замісу для всіх дослідів повинна бути однаковою.

Склад компонентів та їх кількість слід занести у табл.5.1.

2 Підготувати суміші на змішувачах різних конструкцій з перемішуванням: 3, 5, 7 хвилин.

3 Перевірити якість виготовлених сумішей (газопроникнення, сиру міцність) на змішувачах трьох варіантів модифікацій. Одержані дані занести у табл.5.2

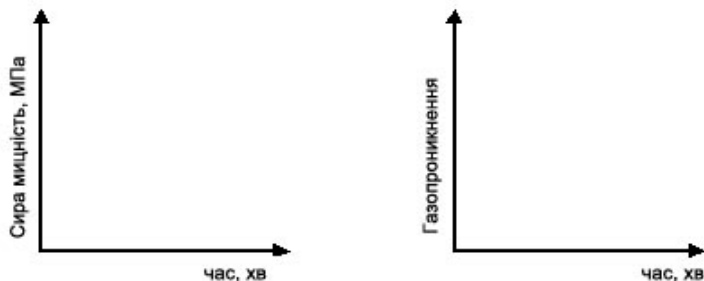
Таблиця 5.1 – Склад компонентів і їх кількість

Суміші Компоненти	1	2	3
Пісок			
Глина			
Горіла земля			
Вода			

Таблиця 5.2 – Характеристика зміни властивостей сумішей від часу перемішування на змішувачах різних модифікацій

Модифікація змішувача	Час перемішування суміші, хв.					
	3		5		7	
	Газо- проник- нення	Сира міцність, МПа	Газо- проник- нення	Сира міцність, МПа	Газо- проник- нення	Сира міцність, МПа
Без двох катків						
Без одного катка						
Два катка (у комплекті)						

4 Побудувати графіки залежності: сирої міцності та газопроникнення суміші від часу її приготування для різних модифікацій змішувачів.



1 - змішувач без катків; 2 - змішувач без одного катка; 3 - змішувач з двома катками.



### Зміст звіту

В звіті повинно бути відображено:

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема каткового змішувача.
- 3 Результати досліджень (таблиці та графічні залежності).
- 4 Висновки по роботі.

### Рекомендована література

- 1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.
- 2 Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. – Минск: Выш. школа, 1980. – 368 с.
- 3 Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 551 с.

### Лабораторна робота № 6

## АНАЛІЗ РОБОТИ ПІСКОДУВНИХ ТА ПІСКОСТРІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

Мета роботи: Визначити зміну ущільнення суміші відносно висоти опоки (стрижньового ящика) при різному тисненні повітря у резервуарі машини для опок (ящиків) різної висоти.

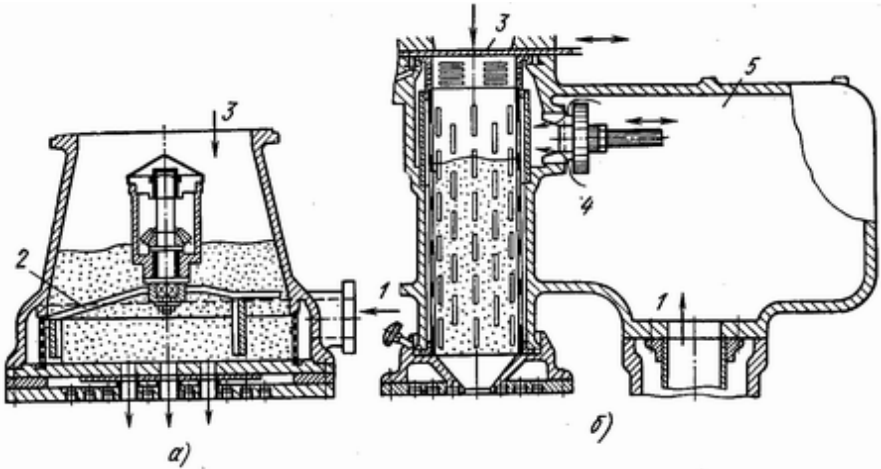
### Загальні відомості

Піскодувний процес ущільнення форм та стрижнів полягає у тому, що формувальна (стрижньова) суміш транспортується за допомогою стиснутого повітря крізь вдувні отвори з резервуару в опоки (ящики), заповнюючи їх та ущільнюючи одноразово.

Повітря, яке надходить разом з сумішшю, виходить з опоки (ящика) до атмосфери крізь спеціальні випускні отвори.

На рис.6.1 показані схеми сучасних піскодувного (а) та піскострільного (б) механізмів.

Щоб уникнути злежування суміші на дні резервуару, випуск повітря робиться периферійним, з кільцевого простору крізь сітку по всій бічній поверхні резервуару у його нижній частині (рис.6.1,а).



- 1 – подавання стиснутого повітря;      4 – впуск стиснутого повітря;  
 2 – механічна мішалка;                      5 – порожнина ресиверу.  
 3 – завантаження суміші;

Рисунок 6.1 – Схеми сучасних піскодувного (а) та піскострільного (б) механізмів

Струмені стиснутого повітря, входячи до резервуару, розпушують суміш, перешкоджають зависанню її та злежуванню, що сприяє більш легкому проходженню суміші крізь вдувні отвори. Резервуар має механічну мішалку, яка вмикається під час дуття, що також розпушує суміш та полегшує процес її вдування.

Як видно на рис.6.1,а, дуттєва плита резервуару складається з верхньої та нижньої плит, між якими є проміжок. Вдувні отвори проходять крізь обидві плити, проте випускні (вентиляційні) знаходяться лише у нижній плиті.

На рис.6.1,б показано другий тип сучасного піскодувного механізму – піскострільна машина. Від розглянутої раніш піскодувної машини, піскострільна відрізняється значно швидшим впуском стиснутого повітря у піскострільний резервуар – гільзу з конічною надставкою знизу.

Гільза має щілини по всій боковій поверхні, тому впуск повітря здійснюється зверху і збоку. Суміш прямує у технологічну місткість компактною масою, яка проштовхується стиснутим повітрям.

Головними факторами ущільнення суміші при піскодувному процесі є кінетична енергія піщано-повітряного струмені у період за-

повнення опоки (ящика) сумішшю та фільтрація повітряного потоку крізь суміш від вдувних отворів до вентиляційних у опоці (ящику), яка продовжується і після заповнення опоки (ящика).

Кінетична енергія струменю є головним ущільнюючим фактором. Вона діє у першу мить процесу заповнювання опоки (ящика) сумішшю і триває 0,06-0,1 сек з моменту вмикання дуття.

Швидкість струменю суміші в цей період досягає 18-25 м/с (рис.6.2).

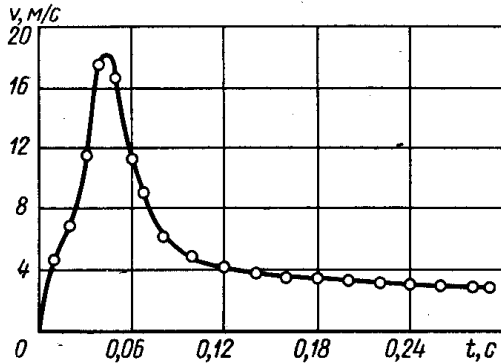


Рисунок 6.2 – Зміна швидкості піщано-повітряного струменю при заповнюванні сумішшю ящика з нижньою вентиляцією

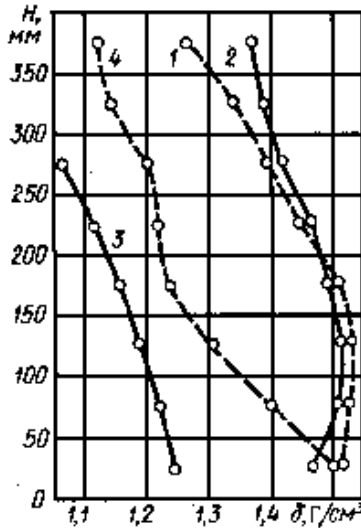
Фільтрація має другорядне значення у піскодувному процесі. На рис.6.3 подано дані про ущільнення суміші в стрижньовому ящику при ізольованій дії кожного з факторів піскодувного процесу.

При верхній вентиляції стрижньового ящика фактор кінетичної енергії є головним. При нижній вентиляції, коли випускні отвори розташовані унизу ящика, ущільнення зменшується, тому що кінетична енергія, як ущільнюючий фактор, грає важливу роль лише при заповнюванні нижньої частини ящика.

### Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи студенти самостійно ознайомлюються з матеріалом стосовно питань конструкцій, принципу дії і роботи піскодувного і піскострільного механізмів за літературою [1, с.149-198; 2, с.164-203; 3, с.216-222].

В зошиті для лабораторних робіт оформлюється теоретична частина роботи і готуються ескізи таблиць для занесення результатів експериментів, що будуть проведені.



- 1 – звичайний піскодувний процес з верхньою вентиляцією;
- 2 – дія тільки кінетичної енергії струменя;
- 3 – дія тільки фільтрації повітряного потоку крізь суміш;
- 4 – звичайний піскодувний процес з нижньою вентиляцією.

Рисунок 6.3 – Розподіл ущільнення формувальної суміші по висоті ящика

### ***Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи***

1 В чому полягає суть піскодувного методу ущільнення суміші? Чим відрізняється піскострільний метод ущільнення?

2 Який головний фактор ущільнюючого впливу на суміш при піскодувному процесі? При піскострільному?

3 Який характер змінювання тиску повітря у робочому просторі машини при піскодувному та піскострільному методі ущільнення?

4 В чому полягають суттєві різниці між піскодувним та піскострільним методами ущільнення?

5 Які основні переваги та недоліки піскодувного та піскострільного методів ущільнення?

6 В чому полягають основні вимоги техніки безпеки та охорони навколишнього середовища при роботі на піскострільних, піскодувних машинах?

## Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

- 1 Машина ливарна стрижньова.
- 2 Лабораторні опоки (стрижньові ящики).
- 3 Манометр.

### Вказівки з техніки безпеки

Перед роботою проводять зовнішній огляд машини.

В конструкції стрижньової машини повинно бути передбачено:

- блокування, що не допускає вдування суміші до повного притискання стрижньового ящика до піскодувального резервуару;
- блокування, що не допускає опускання піджимного столу машини до повного падіння тиску повітря в піскодувальному резервуарі;
- захисні огорожі на випадок вибивання суміші в зазор між стрижньовими ящиками і піскодувним резервуаром.

### Порядок проведення лабораторної роботи

На стіл стрижньової машини встановлюють по черзі лабораторні опоки (стрижньові ящики) різної висоти. Вдування суміші здійснюється при різному тиску повітря. Дійсне значення тиску повітря визначається за манометром. Щільність стрижня вимірюють через кожні 25 мм по висоті.

Результати досліджень заносять у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати замірів

Тиск повітря МПа	Висота опоки, мм	Щільність стрижня по висоті опоки										
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
$P_1$	150								-	-	-	-
	200										-	-
	250											
$P_2$	150								-	-	-	-
	200										-	-
	250											
$P_3$	150								-	-	-	-
	200										-	-
	250											

По результатам досліджень будують графіки зміни щільності стрижня по висоті опоки (ящика) для різного тиску повітря.

### Зміст звіту

В звіті повинні бути відображені:

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема та короткий опис роботи стрижньової машини.
- 3 Результати досліджень: таблиці, графіки.
- 4 Висновки по роботі.

### Рекомендована література

- 1 Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510- с.
- 2 Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. – Минск: Выш. школа, 1980. – 368 с.
- 3 Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 551 с.



