

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний технічний університет

**Методичні вказівки**

до лабораторних робіт з дисципліни

**„Сучасні методи лиття”**

для студентів спеціальності

131 «Прикладна механіка;

Обладнання та технології ливарного виробництва»

всіх форм навчання

2016



## ЗМІСТ

<b>Лабораторна робота №1. Вакуумно-плівкове формування (V – процес)</b> .....	5
1.1 Загальні відомості.....	5
1.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	7
1.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	7
1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	7
1.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	7
1.6 Вказівки з техніки безпеки.....	9
1.7 Зміст звіту.....	10
<b>Лабораторна робота №2. Визначення властивостей холоднотвердіючих сумішей(ХТС)</b> .....	10
2.1 Загальні відомості.....	10
2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	13
2.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	13
2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	13
2.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	15
2.6 Вказівки з техніки безпеки.....	16
2.7 Зміст звіту.....	16
<b>Лабораторна робота №3. Виготовлення стрижнів СО<sub>2</sub> - процесом</b> .....	16
3.1 Загальні відомості.....	16
3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	17
3.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	17
3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	18
3.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	18
3.6 Вказівки з техніки безпеки.....	19
3.7 Зміст звіту.....	19
<b>Лабораторна робота №4. Виготовлення стрижнів за гарячими ящиками</b> .....	20
4.1 Загальні відомості.....	20
4.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	22
4.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	22
4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	23
4.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	28
4.6 Вказівки з техніки безпеки.....	29
4.7 Зміст звіту.....	29

<b>Лабораторна робота №5 Лиття за моделями, що газифікуються.....</b>	<b>29</b>
5.1 Загальні відомості.....	29
5.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	32
5.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	32
5.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	32
5.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	32
5.6 Вказівки з техніки безпеки.....	35
5.7 Зміст звіту.....	35
<b>Рекомендована література.....</b>	<b>36</b>

## Лабораторна робота №1

**ВАКУУМНО-ПЛІВКОВЕ ФОРМУВАННЯ  
(V - ПРОЦЕС)**

Мета роботи – ознайомитися з технологічним процесом отримання виливків методом вакуумно-плівкового формування, вивчити послідовність технологічних операцій виробництва ливарних форм, конструктивні особливості модельно – опокової оснастки та властивості матеріалів; ознайомитися з обладнанням, необхідним для здійснення операцій технологічного процесу

**1.1 Загальні відомості**

Сутність сучасного V – процесу формування полягає у виготовленні ливарної форми із сухого кварцового піску, який ущільнюється за допомогою вакууму у герметичному просторі, обмеженому стінками опоки і синтетичною плівкою. Внаслідок вакууму всередині форми зовнішній атмосферний тиск (981 кПа) чинить стискуючу дію на окремі піщинки, що надає формі достатню міцність. Залишковий тиск (вакуум) у ливарній формі складає 30 – 50 кПа.

Продукти деструкції плівки під час заливки форми металом утворюють шар піску з деякою міцністю, що не спричиняє миттєвого руйнування форми. Порушення герметичності відбувається протягом 15 – 20 с, що відповідає тривалості заливки. Безперервне вакуумування форми під час заливки забезпечує притискання оболонки до основної маси піску, зберігаючи конфігурацію робочої порожнини форми.

Цей спосіб формування, винайдений у 1971 році фірмою Акіта Ко. лтд. разом з префектурним технічним інститутом Нагано (Японія), знаходить все більше розповсюдження у вітчизняних та закордонних ливарних цехах завдяки цілому ряду переваг у порівнянні з традиційними способами формування:

- відсутність будь-яких зв'язуючих, а разом з цим відсутність утворення газів та запахів від їх вигорання;
- відсутність традиційного сумішеготувального та вибивного відділення з їх металомістким та енергомістким обладнанням, зі складними системами транспортування і підготовки вихідних матеріалів;

- процес формування та вибивання відзначається низьким рівнем шуму, відсутністю громіздкого і складного формувального обладнання;

- практично відсутній знос моделей тому, що вони не мають безпосереднього контакту з піском; це дозволяє використовувати дерев'яну оснастку, що, у свою чергу, зменшує термін підготовки виробництва нових виробів;

- існує можливість використання моделей без формувальних ухилів, що підвищує розмірну точність виливків;

- рівномірна щільність форми, незалежно від її висоти і конфігурації моделі, теж забезпечує високу точність та якість виливків;

- можливість нанесення вогнетривкого покриття на поверхню плівки сприяє отриманню виливків без пригару;

- відсутність у виливках такого поширеного дефекту поверхні як ужимина;

- вибивання виливків не потребує значних енергетичних витрат, тому що після зняття вакууму сухий пісок легко висипається із форми.

До недоліків слід віднести порівняно низьку продуктивність існуючих формувальних установок, яка складає 6 – 10 форм на годину. Але розроблені в останній час багатопозиційні установки вже конкурують з автоматичними формувальними лініями.

Реалізація вакуумного формування потребує також виготовлення спеціальних опок та модельних плит із порожнинами, через які відбувається вакуумування. У моделях виконуються спеціальні вертикальні отвори, що сполучаються з порожниною модельних плит.

Для формування використовується збагачений кварцовий пісок з розмірною групою 01 – 02 та вмістом глинистої складової до 1%. Втрати піску за один цикл використання не перевищують 1,5 – 2,0 %.

Матеріалом для герметизації форм служить синтетична плівка. Вона повинна мати високу еластичність (добре розтягуватися), невелику газотвірну здатність, малу термічну усадку та мінімальну швидкість деструкції при взаємодії з рідким металом, а також низьку вартість. Цим вимогам задовольняє плівка товщиною 0,05 – 0,10 мм з етилен – вініл – ацетату (ЕВА). Найбільшу еластичність ця плівка має при температурі 50 – 60 °С.

Методом вакуумно-плівкового формування у наш час отримують виливки майже з усіх видів сплавів – алюмінієвих, мідних, чавуну

та сталі. Маса виливків може бути від кількох кілограмів до кількох тонн.

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

Перед виконанням лабораторної роботи ретельно ознайомитися з методом виготовлення виливків вакуумно-плівковим процесом, використовуючи рекомендовану літературу [1, С.190 – 195; 2]. Вивчити конструкцію лабораторного обладнання, порядок та техніку безпеки роботи на ньому. Приділити особливу увагу роботі з електричними нагрівачами плівки.

## **1.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

- 1** В чому полягає сутність вакуумно-плівкового формування?
- 2** Які переваги вакуумно-плівкового формування?
- 3** Які недоліки вакуумно-плівкового формування?
- 4** В чому полягає особливість модельно-опокової оснастки для вакуумно-плівкового формування?
- 5** Чому для вакуумно-плівкового формування можна використовувати дерев'яні моделі?
- 6** Чому на моделях можуть бути відсутні формувальні ухили?
- 7** Який вид плівки використовується для V – процесу?
- 8** Для чого плівку нагрівають перед нанесенням на модельну плиту?
- 9** Які вимоги до матеріалу плівки для V – процесу?
- 10** Який пісок використовують для V – процесу?
- 11** Яке зв'язуюче використовують для V – процесу?
- 12** Яка сфера застосування вакуумно-плівкового формування?

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

- 1.4.1 Обладнання: насос вакуумний ВН-461М, термостат ВШО 35
- 1.4.2 Прилади та інструмент: вакуумметр ТЗМ, твердомір 071, ножиці, опоки, модельні плити.
- 1.4.3 Матеріали – пісок 1КО<sub>2</sub>02, етилен-вініл ацетатна плівка.

## **1.5 Порядок виконання лабораторної роботи**

Виготовити ливарну форму дотримуючись послідовності технологічних операцій, які наведені на рис.1.1.

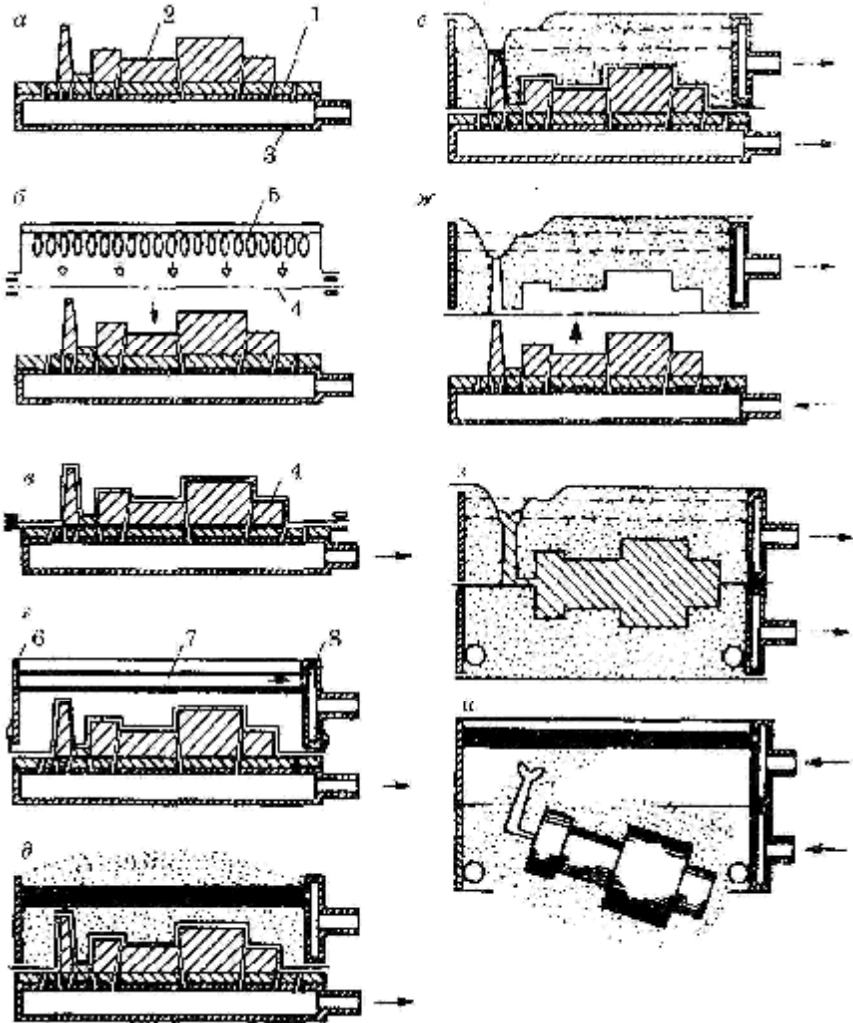


Рисунок 1.1 – Послідовність технологічних операцій вакуумно-плівкового формування [1]

Модельна плита 1 із встановленою на ній моделлю 2 монтується на вакуумній камері 3, порожнина якої з'єднана наскрізними каналами з поверхнею плити та моделлю (рис.1.1 а). Синтетичну плівку 4 тов-



щиною 0,05 – 0,10 мм і площею поверхні, яка дорівнює площі модельної плити у плані, протягом декількох секунд нагріти у термостаті 5 для переходу плівки у пластичний стан (рис.1.1 б). Плівку накласти зверху на модельну плиту (рис. 1.1 в) та підключити порожнину камери 3 до вакуумного насосу. При цьому плівка щільно облягає поверхню модельної плити та моделі, точно відтворюючи їх контур.

На модельну плиту встановити опоку 6, яка крізь витяжну камеру з'єднана трубопроводом 7 з колектором 8 відсмоктуючого пристрою (рис. 1.2 г). В опоку засипати сухий пісок та рівномірно розподілити його за об'ємом опоки (рис.1.1.д). Зайвий пісок очистити з поверхні контр ладу лінійкою. Відформувати ливникову чашу та накласти на поверхню контр ладу плівку (можна без попереднього нагріву) і ущільнити пісок підключенням опоки до вакуумного насосу (рис. 1.1 е).

В результаті вакуумування півформа набуває міцності (до 80 – 90 одиниць за твердиміром), після чого модельну плиту відключити від вакуумного насосу і зняти півформу (рис. 1.1 ж).

Другу півформу виготовити аналогічно, потім півформи скласти та залити рідким металом. В процесі складання форми, заливки її металом і кристалізації вилівка опоки залишити підключеними до вакуумного насосу (рис.1.1 з).

Вибивання форми, що полягає у відключенні вакууму від опок після затвердіння металу і досягнення ним температури, яка виключає зміну його конфігурації (рис.1.1 и).

### **1.6 Вказівки з техніки безпеки**

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і засвоїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностях обладнання. Всі студенти, що допомагають учбовому майстру або викладачу при формуванні, повинні бути забезпечені спецодягом – халатами. Студенти повинні дотримуватися загальних правил техніки безпеки, що діють у ливарному залі. При роботі з електричними приладами дотримуватися правил техніки безпеки по експлуатації електро-силових установок. Під час виконання роботи не ходити без необхідності по лабораторії, не заважати своїм товаришам, не залишати без нагляду свою роботу. Після закінчення роботи привести у порядок робоче місце та здати роботу викладачу або учбовому майстру.

## 1.7 Зміст звіту

Виконати ескіз послідовності технологічних операцій при вакуумно-плівковому формуванні та описати технологічний процес виробництва виливків за V – процесом. Зробити висновки по роботі.

### **Лабораторна робота №2 ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХОЛОДНОТВЕРДЮЧИХ СУМІШЕЙ (ХТС)**

Мета роботи – провести дослідження по визначенню властивостей холоднотвердіючої суміші та визначити її оптимальний склад.

#### 2.1 Загальні відомості

У сучасному ливарному виробництві спостерігається тенденція широкого використання формувальних сумішей, які отримали назву холоднотвердіючих (ХТС). До холоднотверднучих сумішей відносять суміші, що тверднуть безпосередньо в оснастці без додаткового зовнішнього впливу при звичайних температурах. Твердіння в оснастці відбувається в присутності рідких, твердих затверджувачів або під дією газових реагентів. Холоднотверднучі суміші в залежності від природи зв'язуючого матеріалу можна розділити на дві основні групи:

- суміші на основі неорганічних зв'язуючих (самотвердіючі суміші на рідкому склі – ПСС, РСС, цементні та фосфатні суміші);
- суміші на синтетичних смолах (їх традиційно називають холоднотвердіючими сумішами - ХТС).

Найбільшого поширення в останні роки у промисловорозвинутих країнах набувають процеси з використанням холоднотвердіючих синтетичних смол, які назвали «NO-BAKE» - процеси: фуран-процес, альфасет-процес та ін.

Використання ХТС суттєво вдосконалює процеси виготовлення форм та стрижнів для виливків з різних сплавів будь-якої номенклатури, розмірів та складності. Це досягається за рахунок скорочення циклу виготовлення внаслідок ліквідації процесу сушіння, підвищення продуктивності, зменшення вартості обладнання шляхом заміни традиційних методів ущільнення (пресових, струшування та ін.) вібраці-

єю. Використання ХТС сприяє отриманню виливків з підвищеною точністю (за масою та розмірам).

До недоліків синтетичних смол слід віднести їх високу вартість, токсичність складових (фенолу, формальдегіду та ін.), нетривалий час зберігання через можливу полімеризації смол.

Для синтезу смол використовують такі речовини: карбамід, формальдегід, фенол, фуриловий спирт та ін. В залежності від того, які речовини були обрані для синтезу смоли, визначається і назва смоли. Наприклад, якщо для синтезу були обрані карбамід і формальдегід, такі смоли називають карбамідоформальдегідними або карбамідними і т.п.

Для поліконденсації смол, необхідно, щоб молекули вихідних речовин мали визначене число реакційно власних (функціональних) груп, за допомогою яких вони могли б вступати у хімічні реакції між собою. Такими активними групами є гідроксильні – OH, що входять у молекули фенолу, альдегідні – COH у формальдегіді, амінні – NH<sub>2</sub> у карбаміді, карбоксильні – COOH рухливі атоми водню в молекулах фенолу та ін.. Чим більше в молекулі смоли функціональних груп, тим швидше проходить полімеризація (твердіння) смоли і зміцнення формувальної суміші.

Області використання різних смол для виготовлення виливків з різних сплавів залежить від їх термостійкості. Вищу термостійкість (400 – 800°C) мають фенолформальдегідні смоли, тому їх використовують для сталевого та крупного чавунного литва, але вони найдорожчі та неекологічні. Найменша термостійкість у карбамідоформальдегідних смол (230 – 320°C), а стрижні і форми з ними мають велику газотворність, в тому числі внаслідок виділення азоту, що може бути причиною газової пористості у виливках. Враховуючи це, при виготовленні сталевих та крупних чавунних виливків найбільш ефективно використовувати фенольні, і особливо фуранові зв'язуючі, які відрізняються підвищеною термостійкістю і відсутністю у своєму складі азоту.

Фуранові зв'язуючі отримують шляхом модифікування смол фуриловим спиртом (C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>). Чим більше введено у смолу фурилового спирту, тим вищою буде її термостійкість. В залежності від вмісту у смолі фурилового спирту фуранові зв'язуючі розділяють на смоли низької (20 – 60% фурилового спирту), середньої (60 – 80%) та вищої (більш 80%) категорій. Чим вище категорія зв'язуючого, тим більше

його зв'язуюча і реакційна здатність, а також термостійкість і тим менша витрата його у холоднотвердіючих сумішах.

Основна технологічна особливість холоднотвердіючих сумішей для технологій NO BAKE – наявність короткого періоду живучості. В цей період повинні бути виконанні перші технологічні операції – засипання суміші у опоку або стрижневий ящик та її ущільнення. Цей період для сумішей різного типу регулюється у інтервалі від 3 – 5 до 40 – 50 хвилин шляхом зміни вмісту каталізатору. Відповідно зростання міцності уповільнюється по мірі зменшення вмісту каталізатору.

Друга важливіша характеристика для ХТС – час набору маніпуляційної міцності, тобто міцності, достатньої для вилучення моделі з форми або стрижня з ящика та наступних операцій (фарбування, транспортування та ін.). Як правило, цей час складає для дрібних та середніх стрижнів та форм 10 – 20 хвилин, для крупних – 20 – 60 хвилин.

У склад холоднотвердіючої суміші входять наповнювач, зв'язуюча композиція, добавки.

У цій роботі використовують суміш наступного складу (мас. частка, %):

1 Пісок кварцовий	100,0
2 Смола фуранова	1,0 – 1,5
3 Затверджувач	0,2 – 0,7.

У якості наповнювача для забезпечення високих властивостей необхідно використовувати кварцові піски з розмірами зерен 0,16 – 0,20 мм та вмістом глини не більше 0,5%. Підвищений вміст глинистої складової у піску потребує додаткову витрату зв'язуючого та погіршує міцність.

У якості зв'язуючого використовується низько азотиста фуранова смола з вмістом фурфурилового спирту від 75 до 90 %. Вона уявляє собою рідину коричневого кольору щільністю 1,14 – 1,16 г/см<sup>3</sup> зі спиртовим запахом. Термін зберігання смоли – 6 місяців при температурі 10 – 30°C. При більш тривалому зберіганні, як і у більшості смол, відбувається реакція поліконденсації, змінюється структура смоли та погіршуються властивості.

Затверджувачем виступає один з матеріалів: паратолуол сульфоновна кислота (ПТСК), бензолна сульфоновна кислота (БСК), ортофосфорна кислота та ін.

## 2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Готуючись до лабораторної роботи треба ознайомитися за рекомендованою літературою із сумішами, що твердіють без нагрівання [1 С. 41-47, 313-315; 3 С.40-46; 4; 5] Вивчити склад суміші, порядок змішування, призначення її компонентів, стадії твердіння. Вивчити правила техніки безпеки при роботі на устаткуванні та з матеріалами суміші.

### 2.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Перелічіть компоненти, що входять до складу суміші, яка буде досліджена у лабораторній роботі.
- 2 Охарактеризуйте компоненти за їх функціональним призначенням.
- 3 Який вміст синтетичної смоли та затверджувача у складі суміші?
- 4 Чому для цих сумішей використовують здебільше кварцовий пісок, де глинистої складової не більше 0,5%?
- 5 Чому смоли для цих сумішей називаються синтетичними?
- 6 Які смоли називають фурановими?
- 7 Які основні переваги і недоліки сумішей холодного твердіння?
- 8 Назвіть область використання технології виготовлення форм та стрижнів із холоднотвердіючих сумішей?
- 9 Яким чином відбувається процес приготування холоднотвердіючих сумішей?
- 10 Скільки часу можна зберігати суміші після її приготування?
- 11 У чому полягає технологічний процес виготовлення форм та стрижнів з холоднотвердіючих сумішей?
- 12 Яка тривалість процесу виготовлення форм та стрижнів з холоднотвердіючих сумішей та від яких параметрів вона залежить?

### 2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

2.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач, оснащення для виготовлення стандартних зразків суміші на розтяг та газопроникність.

2.4.2 Прилади: прилади для визначення міцності (мод. 5070 та 5071А), газопроникності (мод.042), осипаємості (мод. 056).

Осипаємість є однією з характеристик поверхневої міцності суміші. Поверхнева міцність суміші визначає брак литва по засорам, пригару тощо. Визначення осипаємісті виконується на стандартному приладі для збовтування моделі 021.

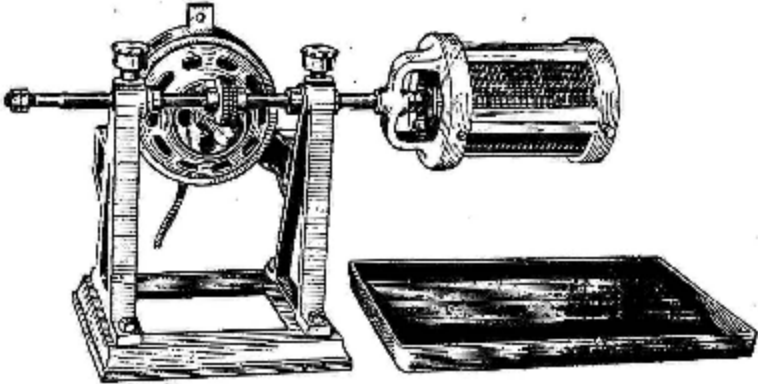


Рисунок 2.1 – Прилад для визначення осипаємісті формувальних матеріалів 056

Для визначення осипаємісті стандартний циліндричний зразок зважують та закладають у сітчастий барабан приладу 056. Після обертання протягом 1 хвилини зі швидкістю  $60 \text{ хв}^{-1}$  зразок виймають та знову зважують.

Осипаємість визначається у процентах втрати маси до початкової маси зразка за формулою

$$O = \frac{m_0 - m_1}{m_0} 100\% \quad (3.1)$$

де  $m_0$  і  $m_1$  – маса зразка до і після досліду відповідно, г.

2.4.3 Матеріали – пісок 1КО<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138-91,

фуранова смола та затверджувач швидкої дії (суміш кислот: паратолуол сульфенова кислота 15 – 40%, бензолна сульфенова кислота 25 – 60%, сірчана кислота до 2%).

## 2.5 Порядок виконання лабораторної роботи

### 1. Приготувати суміш заданого складу.

Процес приготування суміші полягає у змішуванні до стану рівномірного розподілення між собою усіх складових. Змішування виконують у лопасному змішувачі з об'ємом ванни 5 дм<sup>3</sup>, що розрахований на виготовлення порції суміші масою 2 – 8 кг. Розраховану кількість висушеного та просіяного піску заданої марки засипають у змішувач та перемішують спочатку із затверджувачем 2,0 – 2,5 хвилини, потім вводять смолу і перемішують ще 2,5 – 3,0 хвилини. Приготовлену суміш треба зразу використати для виготовлення зразків на розтяг та осипаємість.

2. Дослідити суміш при різних співвідношеннях смоли та затверджувача: (20%, 35% 50% від вмісту смоли). Визначити міцність суміші на розтяг через 1, 2, 4 та 24 години. Циліндричний зразок суміші використати для визначення осипаємість.

Дослід на осипаємість проводити через 24 години після виготовлення зразка. Для кожного варіанту випробувати по три зразки та визначити середній арифметичний процент осипаємість.

3. Результати дослідів занести у табл.2.1 та зробити аналіз отриманих даних. Оптимальне співвідношення технологічних параметрів часу твердіння та співвідношення смоли та затверджувача прийняти таким, яке забезпечує максимальну міцність суміші на розтяг та осипаємість.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження властивостей холоднотвердіючої суміші

Варіант складу суміші	Середня міцність суміші на розтяг, МПа				Осипаємість, %	Примітка
	Через 1 годину	Через 2 години	Через 4 години	Через 24 години		
1						
2						
3						

## 2.6 Вказівки з техніки безпеки

Смола та затверджувач є екологічно безпечними, але під час приготування формувальних сумішей необхідно дотримуватися необхідних правил з техніки безпеки, бо у концентрованому вигляді вони можуть викликати хімічні опіки та подразнення кожних та слизистих тканин. Треба не припускати контакту з відкритими частинами тіла, працювати у захисних рукавицях. При потрапленні на шкіру ретельно промити водою з милом. Якщо виникло подразнення звернутися до лікаря.

## 2.7 Зміст звіту

Навести технологію виготовлення форм та стрижнів із холодно-твердіючих сумішей, привести результати дослідження та зробити висновки.

### Лабораторна робота №3 ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ CO<sub>2</sub> - ПРОЦЕСОМ

Мета роботи – порівняти ефективність твердіння при різних режимах продування піщано-смоляної суміші.

## 3.1 Загальні відомості

Застосування газоподібних затверджувачів для хімічнотвердіючих сумішей дозволяє суттєво скоротити цикл виготовлення ливарних форм та стрижнів. Одним з таких газів є CO<sub>2</sub>, що вже давно застосовується у ливарних цехах для твердіння пластичних рідко скляних сумішей. Газ CO<sub>2</sub> є нетоксичним та доступним, не потребує значного ускладнення технологічного обладнання для виготовлення форм та стрижнів.

Застосування газу CO<sub>2</sub> для твердіння піщано-смоляних сумішей виключає сушіння та є перспективною швидкісною технологією виготовлення форм та стрижнів. Такі суміші позбавленні основних недоліків піщано-рідкоскляних сумішей – поганого вибивання та регенерації.

У якості зв'язуючого використовується лужна водорозчинна фенолформальдегідна смола, що забезпечує високій рівень технологічних властивостей, оптимальний рівень міцності, високу швидкість



твердіння, добре вибивання та екологічні показники. Зв'язуюче не містить сірки, фосфору, азоту, а рівень фенолу та формальдегіду не перевищує 0,1 – 0,2 %. Твердіння смоли відбувається за схемою: модифікована фенол формальдегідна смола (водний розчин) продувається  $\text{CO}_2$ , внаслідок чого утворюється затверділа смола, гідроксид калію та карбонат калію. Такий процес отримав назву Резол -  $\text{CO}_2$  – процес [5, 6].

Суміш містить 2 – 3 мас. ч. зв'язуючого. У якості вогнетривкого наповнювача найчастіше використовується кварцовий пісок, але можливе використання і інших – циркону, хроміту, шамоту та ін. Витрата  $\text{CO}_2$  становить 10 л на 1 кг суміші; відносний тиск 0,2 – 0,6 атм; температура газу 20 – 40 °С; час продування складає 20-60 с, рівень рН повинен бути на рівні 6,5 – 7,5 [5].

Використовується Резол -  $\text{CO}_2$  – процес у серійному та одиничному виробництві.

### 3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи треба ознайомитися зі швидкісними технологіями отримання ливарних форм з використанням газоподібних затверджувачів [5, 6]. Звернути увагу на процеси затвердження піщано-смоляних сумішей під дією вуглекислого газу, їх склад, механізм твердіння, переваги і недоліки та область використання.

### 3.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 З яких компонентів складається суміш для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 2 Яка речовина використовується у якості затверджувача?
- 3 Які вогнетривкі наповнювачі можна використовувати для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 4 За рахунок чого відбувається твердіння піщано-смоляної суміші при продуванні  $\text{CO}_2$ ?
- 5 Який вміст смоли для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 6 Назвіть область використання Резол -  $\text{CO}_2$  – процес.
- 7 Назвіть основні переваги та недоліки Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу.
- 8 Чим відрізняються операції виготовлення форм та стрижнів за Резол -  $\text{CO}_2$  – процесом від інших методів?

**9** Яка тривалість процесу продування вуглекислим газом? Від чого вона залежить?

### 3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

3.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач, лабораторний копер, сушильна шафа, оснастка для виготовлення і продування зразків.

3.4.2 Прилади: прилад для визначення межі міцності на розтяг зразків суміші, балон з вуглекислим газом, редуктор.

3.4.3 Матеріали: пісок кварцовий, смола синтетична для Резол - CO<sub>2</sub> – процесу.

### 3.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1 Приготувати суміш з 100% кварцового піску 1K02, 3 % смоли синтетичної (склад суміші може бути змінено за вказівкою викладача).

2 Виготовити 12 стандартних зразків – вісімок (рис.3.1)

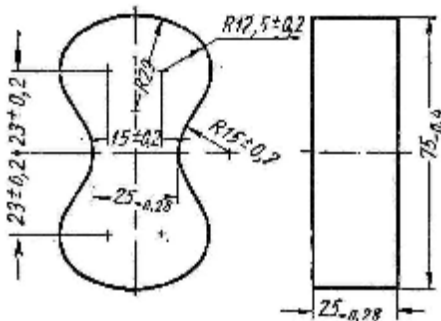


Рисунок 3.1 – Стандартний зразок на розтяг

3 Обробити по три зразка за наступними режимами:

3.1 Продути CO<sub>2</sub> протягом 15 с;

3.2 Продути CO<sub>2</sub> протягом 30 с;

3.3 Продути CO<sub>2</sub> протягом 45 с;

3.4 Продути CO<sub>2</sub> протягом 60 с.

Продувку проводити безпосередньо у стрижневому ящику під тиском 150 – 170 кПа.

4 Визначити межу міцності на розтяг зразків. Результати звести у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження ПРС

№ варіанту	Межа міцності на розтяг зразків, МПа				Примітка
	1	2	3	Середнє значення	
1					
2					
3					
4					

### 3.6 Вказівки з техніки безпеки

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і засвоїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностей обладнання. Газ  $\text{CO}_2$  є екологічно безпечними, зберігається у спеціальних балонах. Встановлення редуктора та підключення до лабораторного обладнання, а також усі роботи з продування виконує учбовий майстер або викладач. Всі студенти, що допомагають учбовому майстру або викладачу при формуванні, повинні бути забезпечені спецодягом – халатами. Студенти повинні дотримуватися загальних правил техніки безпеки, що діють у лабораторії формувальних матеріалів. Під час виконання роботи не ходити без необхідності по лабораторії, не заважати своїм товаришам, не залишати без нагляду свою роботу. При виготовленні зразків суміші за допомогою лабораторного копра дотримуватися правил безпеки роботі на ньому. Після закінчення роботи привести у порядок робоче місце та здати роботу викладачу або учбовому майстру.

### 3.7 Зміст звіту

Описати технологію отримання форм та стрижнів Резол -  $\text{CO}_2$  – процес навести, склад суміші, отримати результати дослідів властивостей суміші та зробити висновки.

## Лабораторна робота №4

### ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ ЗА ГАРЯЧИМИ ЯЩИКАМИ

Мета роботи – провести дослідження по визначенню оптимальних технологічних режимів виготовлення стрижнів за гарячими ящиками.

#### 4.1 Загальні відомості

Суміші гарячого твердіння використовують для виготовлення форм і стрижнів за модельної оснасткою, яка нагріта до 230 – 270 °С. Цей технологічний процес використовується у ливарному виробництві у таких технологіях: „Лиття в оболонкові форми” та „Виготовлення форм і стрижнів за гарячими ящиками”.

Формувальна суміш містить в якості зв'язуючого синтетичну смолу термореактивної групи. При нагріванні смола швидко розм'якшується, а потім після внутрішніх хімічних змін, незворотно твердіє, перетворюючись у неплавкий, практично нерозчинний у воді продукт.

Твердіння суміші відбувається у контакті з металевою оснасткою, завдяки чому стрижні і оболонкові форми утворюються високої точності. Крім того, вони мають високу міцність, як загальну так і поверхневу та практично негігроскопічні.

Під дією теплоти залитого металу суміш втрачає початкову міцність внаслідок вигорання зв'язуючого. Остаточна міцність суміші близька до нуля, що обумовлює низькі енерговитрати на вибивання виливок з форм та видалення стрижнів.

До недоліків технології слід віднести токсичність процесу, наявність різкого запаху та ін. Тому робочі місця обладнують підсиленою приточно-витяжною вентиляцією, автоматизують процес, виключаючи з нього безпосередній контакт робочого з вихідною продукцією у періоди інтенсивного газовиділення. Після охолодження стрижнів до кімнатної температури газовиділення практично припиняється.

Технологія виготовлення стрижнів за гарячими ящиками широко використовується у масовому та крупносерійному виробництвах. При цьому виготовляють стрижні різної складності – від простих до найскладніших.

Нагрівання ящиків в залежності від конструкції може відбуватися у печах або газовими пальниками, а також вбудованими електри-

чними нагрівачами. Процес твердіння суміші у ящику відбувається при температурах 230 – 270 °С, тому ящик повинен бути достатньо жорстким, здатним протистояти жолобленню внаслідок циклічних тепло змін. Найкращім матеріалом для таких ящиків є сірий чавун.

Склад суміші містить обов'язкові компоненти: вогнетривкий наповнювач (частіше пісок кварцовий), зв'язуюче (смола синтетична) та спеціальні добавки.

У цій роботі використовують суміш наступного складу (мас. частка, %):

1. Пісок кварцовий 1K016	100,0
2. Смола МФ – 17	4,0
3. Стеарат кальцію	0,1
4. Хлористий амоній	0,4
5 Графіт сріблястий	0,1
6 закис заліза	1,5

Глина у складі кварцових пісків знижує загальну і поверхневу міцність піщано – смоляних сумішей після твердіння, вимагаючи підвищеної витрати зв'язуючого. Найкращі властивості сумішей забезпечуються використанням збагачених кварцових пісків з розмірами зерен 0,16 – 0,20 мм та вмістом глини не більше 0,5%.

Смола МФ – 17 є карбамідноформальдегідною – продуктом конденсації карбаміду с формальдегідом. Вона уявляє собою малов'язку рідину кольором від білого до світло-коричневого. Термін зберігання смоли – до одного року. При більш тривалому зберіганні у результаті протікання реакції поліконденсації підвищується в'язкість смоли, змінюється її структура та погіршуються властивості. Смолу рекомендується зберігати при низьких температурах – у зимній період при 5 - 10°C, а в літній при 10 - 15°C. За цих умов швидкість реакції поліконденсації зменшується. За температури -20°C смола замерзає, але не втрачає зв'язуючої здатності, після нагрівання до 18 - 20°C смола придатна до використання. Суміші гарячого твердіння на синтетичній смолі МФ – 17 використовують для стрижнів 2 – 3 класів чавунного та кольорового литва.

Як і всі терморективні зв'язуючі, смола МФ – 17 в залежності від температури проходить три стадії полімерних перетворень (А, В, С).

У початковому стані – стадія А смола називається *резолом*, це плавка (у сухому стані) і розчинна речовина, властивості якого у цьо-

му стані описані вище. Смола у стадію В переходить при нагріванні і називається **резитолом**, при цьому розм'якшується, перетворюючись у резиноподібну масу, яка після охолодження стає твердою та крихкою. Така смола при подальшому нагріванні переходить у неплавкий і нерозчинний стан: стадію С – кінцевий продукт, що називається **резитом**, який і обумовлює властивості сумішей гарячого твердіння.

Смола інтенсивно твердіє також під дією кислот - ортофосфорної, щавелевої та інших. Цей ефект використовують для виготовлення холоднотвердіючих сумішей (ХТС).

**Стеарат кальцію** – порошок або рідина білого кольору використовують у якості добавки, що покращує низку властивостей суміші. При контакті з гарячою моделлю (стрижневим ящиком) стеарат розм'якшується, утворює ізолюючий шар між оснасткою та затверділою оболонкою, що полегшує знімання та забезпечує гладку поверхню форми або стрижня. Крім того він знижує тертя між частками піску, що забезпечує краще заповнення форми при засипанні та надуванні, збільшення щільності і міцності оболонки. У суміш додають стеарат кальцію у кількості 2 – 6% від маси смоли.

**Хлористий амоній** – каталізатор твердіння. Додається до суміші у кількості 0,5 – 1,0% від зв'язуючого; зкорочує час твердіння суміші на 1,5 – 2,0 хвилини і підвищує питому міцність суміші на розтяг.

**Графіт сріблястий** використовують для підвищення вогнетривкості і теплопровідності суміші. Завдяки підвищенню теплопровідності, суміш швидше прогривається та твердіє.

**Закис заліза** у кількості до 1,5% від маси суміші додають для підвищення теплопровідності та усунення розтріскування оболонок і стрижнів.

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

Готуючись до лабораторної роботи треба ознайомитися із сумішами, що твердіють у гарячій оснастці [1 С.41-47, С.303-310; 3, С.40-46, С.106-107; 4, С.50-59, С.247-264]. Вивчити склад суміші, порядок змішування, призначення її компонентів, стадії твердіння. Вивчити правила техніки безпеки при роботі на устаткуванні.

#### **4.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

1 Перелічіть компоненти, що входять до складу суміші, яка буде досліджена у лабораторній роботі.

- 2 Охарактеризуйте компоненти за їх функціональним призначенням.
- 3 Чому для цих сумішей використовують здебільше кварцовий пісок, де глинистої складової не більше 0,5%?
- 4 Чому смоли для цих сумішей називаються синтетичними?
- 5 Які основні переваги і недоліки сумішей гарячого твердіння?
- 6 Назвіть область використання технології виготовлення стрижнів за гарячими ящиками?
- 7 Яким чином може відбуватися нагрівання оснастки?
- 8 Яким чином відбувається процес приготування сумішей гарячого твердіння?
- 9 У чому полягає технологічний процес виготовлення форм та стрижнів у нагрітій оснастці?
- 10 Які стадії полімерних перетворень проходять смоли в залежності від зміни температури?

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

4.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач.

4.4.2 Прилади: універсальний прилад для формування піскодупним методом стандартного зразка – вісімки, його твердіння та досліду на розтяг.

Універсальний прилад для визначення міцності мод. LRu – TS (Польща) призначений для визначення міцності на розтяг зразків, що отриманні із сумішей гарячого твердіння, має для цього механізм надування стрижньової суміші у ящик, забезпечуючи формування стандартного зразка – „вісімки”, нагрівальні елементи для нагріву ящика, регулятори температури та часу нагрівання, гвинтовий механізм для розривання зразка з пристроєм для вимірювання сили та автоматичним записом показників результатів дослідів. Прибор служить також для виготовлення стандартних циліндричних зразків методом пресування під високим питомим тиском та визначення їх міцності на стискання.

## Технічна характеристика

Діапазони визначення

міцності на розтяг, МПа	0,1...0,5
	0,2...1,6
	1,0...5,0
	3,0...7,0

Діапазони визначення

міцності на	
стискання, МПа	0,02...0,12
	0,05...0,40
	0,04...1,20
	1,00...5,50

Сила пресування при виготовленні  
циліндричних зразків, кН. 1,0...10,0

Швидкість пересування

рухомої балки:

робоча (вимірювальна), мм/хв.	6,0
холостого ходу, мм/хв..	60,0

Похибка при вимірюванні

міцності, %  $\pm 1,0$ 

Похибка при вимірюванні

температури, °С  $\pm 1,0$ 

Напруга живлення, В 220

Витрата максимальної

потужності, Вт 650

Номінальний тиск повітря

у мережі, МПа 0,5

Маса приладу, кг 260.



## 4.4.2.1 Позначки символів на приладі

Основний прилад

- - положення балки під час виготовлення зразка (нейтральне);
- - положення, у якому балка автоматично зупиняється після руйнування дослідного зразка;
- - кінцеве нижнє положення балки;
- ▲<sub>р</sub>•• - кнопка, що приводить у рух балку уверх вище



пункту „••”;

**A** – вимикач автоматичного керування (що використовується при дослідженні зразків зі сумішей гарячого твердіння);


**STOP** – вимикач для зупинки балки у будь-якому положенні;

- - - кнопка швидкого пересування балки уверх;

- - кнопка повільного пересування балки уверх;

- - - кнопка швидкого пересування балки вниз;


- - - кнопка повільного пересування балки вниз;


 **p •** - кнопка пересування балки уверх або вниз від будь-якого пункту;

**ZF** – кнопка закриття нагрівальних плит стрижневого ящика.

Шафа керування

**Z1 – Z6** – перемикачі вимірювальних діапазонів;

 - перемикач вимірювальної системи досліджу на міцність;

 - перемикач вимірювальної системи виготовлення циліндричних зразків методом пресування;

~ - головний вимикач живлення;

**G** – вимикач живлення нагрівальних плит стрижневого ящика;

**R** – вимикач живлення пересування стрічки реєстратора;

 - встановлення стрілки реєстратора у нульове положення;

**à** - запасний вимикач.




#### 4.4.2.2 Перевірка налагодженості приладу

Основний прилад

1 Натиснути головний перемикач живлення „~”;

- 2 Вручну відкрити нагрівальні плити;
- 3 Перевірити рухомі балки уверх: натиснути „-” і через декілька секунд зупинити натисканням „STOP”;
- 4 Натиснути „-” та виключити „STOP”, балка повинна зупинитися у кінцевому нижньому положенні – „•••”;
- 5 Перевірити кнопки „- -” та „- -”, зупиняючи швидке пересування балки натисканням кнопки „STOP”;
- 6 Встановити балку у положення „•••”;
- 7 Підключити стиснуте повітря при положенні бокового важеля „Wyt”;
- 8 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика; у момент зіткнення балку зупинити за допомогою „STOP”;
- 9 Закрити нагрівальні плити натисканням кнопки „ZF”;
- 10 Задати час твердіння на реле часу;
- 11 Натиснути „A”, натиснути „-” та вимкнути „STOP”;
- 12 Повільно пересунути важіль у положення наддування „Sat” та повільно повернути назад у положення „Wyt”. Після спливання заданого часу нагрівальні плити повинні розкритися і балка почне пересуватися униз до положення „•••”.


### Реєстратор

- 1 Виключити „~”;
- 2 Дістати реєстратор з шафи і встановити його в положення запису вмиканням тумблера „Antrib”;
- 3 Включити „~”;
- 4 Включити кнопку перемикача вимірювальних діапазонів „Z6”;
- 5 Включити „ ”; 
- 6 Воротком потенціометру „ ”  встановити стрілку реєстратора вище другого ділення шкали;
- 7 Включити „R” та після початку руху стрічки у реєстраторі виключити „R”;
- 8 Встановити воротком „ ”  стрілку реєстратора у нульове положення, при натисканні рукою на нижній кронштейн стрілка реєстратора повинна відхилитися, що свідчить про налагодженість приладу.

#### Нагрівальна система

- 1 Встановити штепсельне гніздо на вилку нагрівальних плит;
- 2 Завести термопару у гніздо;
- 3 Задати будь-яку температуру (до 50°C) на датчику температури;
- 4 Включити „**G**”;
- 5 Після з’ясування того, що плити нагріваються, виключити „**G**”.

#### 4.4.2.3 Виготовлення зразків та проведення дослідження

- 1 Подати стиснуте повітря у мережу при закритому вентилі подачі повітря у прилад;
- 2 Заповнити стрижневий ящик сумішшю резервуар на 4/5 його місткості;
- 3 Встановити потрібне час твердіння суміші на реле часу.
- 4 Встановити потрібну температуру твердіння суміші на датчику температури.
- 5 Розмістити у регістраторі шкалу для визначення міцності на розтяг (Rm), вибрати передбачений вимірювальний діапазон і відповідно з позначенням на шкалі натиснути відповідний перемикач вимірювальних діапазонів „**Z**”;
- 6 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика, після чого зупинити натисканням „**STOP**”;
- 7 Закрити нагрівальні плити натисканням „**ZF**”;
- 8 Перевірити вірність закривання нагрівальних плит (повинні стикатися зі стрижневим ящиком, при необхідності піджати плити вручну);
- 9 Включити „**G**” – нагрівання плит;
- 10 Натиснути вимикач „”, натиснути „**A**”, натиснути „**-**”;
- 11 Воротком потенціометру встановити стрілку реєстратора у нульове положення;
- 12 Натиснути „**R**” – рух стрічки реєстратора;
- 13 Після нагрівання стрижневого ящика до заданої температури встановити наконечник гумового вдувного шлангу у гніздо стрижневого ящика та зафіксувати його шляхом повороту на 90°;
- 14 Піджати нагрівальні плити до стрижневого ящика за допомогою ручного важеля; відкрити вентиль подачі повітря у прилад; вико-

нати надування ящика сумішшю повільним рухом бокового важеля з положення „**WYT**” в положення „**ZAT**”, після чого важіль повільно повернути в початкове положення „**WYT**”; закрити вентиль подачі повітря у прилад;

15 Вимкнути „**STOP**”;

16 Після спливання заданого часу твердіння відбувається відкривання нагрівальних плит, пересування балки униз та навантаження на дослідний зразок, під дією якої він руйнується; стрілка реєстратора повертається у нульове положення, автоматично виключається пересування стрічки; балка автоматично зупиняється у положенні „•••”;

17 Вимкнути „**A**”;

18 У випадку, коли міцність зразка перевершить вибраний вимірювальний діапазон (стрілка виходить за межі шкали) треба миттєво натиснути перемикач діапазонів на більш високий, відповідно до позначення;

19 Видалити з половин стрижневого ящика залишки стрижня, очистити плити та ящик від залишків суміші, після чого прилад знову готовий до проведення нового дослідження.

4.4.3 Матеріали: пісок кварцовий, смола МФ – 17, стеарат кальцію, хлористий амоній, графіт сріблястий.

#### 4.5 Порядок виконання лабораторної роботи

##### 4. Приготувати суміш заданого складу.

Процес приготування суміші полягає у змішуванні до стану рівномірного розподілення між собою усіх складових. Змішування виконують у лопатному змішувачі з об'ємом ванни 5 дм<sup>3</sup>, що розрахований на виготовлення порції суміші масою 2 – 8 кг. Розраховану кількість усіх сухих компонентів суміші: піску, стеарата кальцію (половина дози), хлористого амонію, графіту та закису заліза засипають у змішувач та перемішують 2,0 – 2,5 хвилини, потім вводять смолу і перемішують 2,5 – 3,0 хвилини, додають другу дозу стеарата кальцію і перемішують ще 2,5 – 3,0 хвилини. Приготовлену суміш у закритій тарі можна зберігати протягом 1 – 2 місяців.

5. Дослідити суміш при температурах твердіння (°C): 240, 255 і 270 та часу витримки у стрижневому ящику (хв): 2,0; 2,5; 3,0. Для ко-

жного варіанту дослід повторити три рази. Результати дослідів занести у табл.4.1 та зробити аналіз отриманих даних. Оптимальне співвідношення технологічних параметрів температури і часу твердження прийняти таким, яке забезпечує максимальну міцність суміші і продуктивність процесу.

#### **4.6 Вказівки з техніки безпеки**

Найбільш небезпечною операцією при проведенні роботи є формування зразка – вісімки, яке відбувається шляхом надування суміші у стрижневий ящик стисненим повітрям тиском 0,6 МПа.

Необхідною умовою безпеки при надуванні суміші є надійне з'єднання надувного сопла і гнізда стрижневого ящика, які під час надування повинні бути взаємно зафіксовані. Операцію надування виконують тільки учбовий майстер або викладач з використанням захисних окулярів. Студентам з метою виключення травмування очей необхідно знаходитися на відстані не ближче трьох метрів від приладу. Враховуючи, що елементи стрижневого ящика та дослідний зразок нагріті до високих температур, необхідно користуватися рукавицями при виконанні відповідних операцій.

#### **4.7 Зміст звіту**

Виконати ескіз принципової технологічної схеми роботи устаткування, привести результати дослідження та зробити висновки.

### **Лабораторна робота №5 ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ**

Мета роботи – засвоїти технологічні особливості сучасного виду лиття за моделями, що газифікуються

#### **5.1 Загальні відомості**

В останні роки у ливарному виробництві конкуренцію звичайним способам лиття набуває технологія лиття за моделями, що газифікуються. Пінополістиролові моделі зменшують трудомісткість виготовлення модельної оснастки, дають можливість виготовляти нероз'ємні форми, відмовитися від стрижнів, формувальних ухилів, зме-

ншити припуски на механічну обробку. Цим методом виготовляються виливки з чорних та кольорових сплавів різноманітної номенклатури за розмірами, масою та призначенням.

Але процес має і недоліки, до яких відноситься токсичність продуктів газифікації моделей та утворення специфічних дефектів лиття, що теж пов'язані з продуктами розкладання пінополістиролу.

Полістирол – синтетичний термопластичний матеріал, що отримують полімеризацією стиролу ( $C_2H_5 - CH - CH_2$ ). В залежності від методів виготовлення розрізняють блочний та емульсійний полістироли. Для виготовлення моделей використовують блочний полістирол, що відрізняється великою чистотою та малою зольністю ( $-0,04\%$ ), значно меншою ніж у емульсійного ( $0,48\%$ ).

Пінополістирол отримують шляхом спінювання звичайного полістиролу.

Полістирол для спінювання уявляє собою синтетичний полімерний матеріал у вигляді шароподібних безкольорових або мутно-білих гранул. Кожна гранула складається з безлічі замкнених осередків, що заповнені пороутворювачем (легкокіплячим компонентом, зазвичай ізопентаном). У процесі нагрівання при  $80 - 90\text{ }^\circ\text{C}$  полістирольна основа гранул розмягшується, а ізопентан, що має температуру кипіння близько  $28\text{ }^\circ\text{C}$ , перетворюючись на пар натискає на пластифіковану оболонку осередків, гранули спінюються, значно збільшуючи свій об'єм. Один кубічний метр пінополістиролу важить  $22 - 27\text{ кг}$ . Температура плавлення пінополістиролу  $\approx 164\text{ }^\circ\text{C}$ , а температура випаровування  $\approx 316\text{ }^\circ\text{C}$ .

Технологічний цикл виготовлення виливків за моделями, що газифікуються включає:

- виготовлення пінополістиролової моделі одним з двох методів: спінюванням гранул у прес-формі або механічною обробкою блочного пінополістиролу;
- виготовлення ливникової системи та складання модельного блоку;
- фарбування модельного блоку протипригарною фарбою;
- формування блока у опоку (у сухий пісок або ХТС);
- заливання метала у форму без вилучення моделі;
- вибивання виливків та інші фінішні операції.

Вітчизняними та закордонними фахівцями постійно вдосконалюється вид лиття за моделями, що газифікуються, запропоновано багато нових процесів: ГАМОЛІВ, ГАМОДАР, Policast, Replicast-FM, Replscast-CS (Ceramic shell) та ін.

Основний напрямок вдосконалення пов'язаний з вибором технології формування пінополістиролових моделей. Вибір технології формування залежить від серійності виробництва, габаритних розмірів та маси виливків. При серійному виробництві виливків форми виготовляються із сипких вогнетривких матеріалів, в основному з кварцового піску. Формування може відбуватися у поєднанні з використанням вакууму та заливки під тиском. При спеціальних вимогах за механічними та експлуатаційними властивостями можуть використовувати магнітне формування у чавунному або сталевому дробу. Також можна формувати у холоднотвердіючих, рідких самотвердіючих та ін. сумішах.

Важливою умовою отримання якісного виливка при литті за моделями, які газифікуються, є добра вентиляція форми, що забезпечує вільний вихід газів при термодеструкції моделі в процесі заливки металом. Вентиляційна система повинна забезпечувати не тільки вільний вихід газоподібних продуктів термодеструкції, але і фільтрувати їх від твердих продуктів термодеструкції (сажі), виділення якої при заливці неприпустимо, тому що приводить до значного погіршення екологічного становища у ливарному цеху та за його межами. Випори та надливи виконують тільки закритими.

Для формування можуть використовуватися різні види моделей:

- суцільні або роз'ємні пінополістиролові моделі, що не вилучають із форми;
- комбіновані моделі, які складаються з дерев'яної частини моделі, що буде вилучатися з форми, та пінополістиролових від'ємних частин;
- моделі з дерев'яного каркасу, що облицьований пінополістиролом.

В останніх двох випадках пінополістиролові частини не вилучаються із форми, а внутрішня частина виливка виконується у стрижнях [6].

У даній роботі розглядається технології формування за роз'ємною та нероз'ємною моделями з пінополістиролу.

## 5.2 Завдання підготовки до лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи ретельно ознайомитися з видом лиття за моделями моделей, що газифікуються, використовуючи рекомендовану літературу [1 С. 193-194; 6 С. 243-304], згадати методи, за якими отримують пінополістиролові моделі. Ознайомитися з конструкцією опокової оснастки, інструментом і приладдям. Вивчити порядок формування за пінополістироловими моделями.

### 5.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Які моделі називають такими, що газифікуються?
- 2 З якого матеріалу виготовляються моделі, що газифікуються під дією рідкого металу?
- 3 Які переваги та недоліки лиття за моделями, що газифікуються?
- 4 Яка питома вага полістиролових моделей?
- 5 Які види моделей виготовляють з пінополістиролу?
- 6 Перелічить основні технологічні операції при литті за моделями, що газифікуються.
- 7 Для чого пінополістиролові моделі фарбують? Які фарби використовують?
- 8 Які формувальні суміші використовують для формування моделей з пінополістиролу? Назвіть переваги та недоліки кожної суміші та яка з них найбільш прийнятна?

### 5.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

- 5.4.1 Обладнання: насос вакуумний ВН-461М.
- 5.4.2 Приладдя: пінополістиролові моделі, опоки.
- 5.4.3 Інструмент: трамбівка ручна з гумовою п'ятою, сито, гладилка, голка вентиляційна, щітка.
- 5.4.4 Матеріали – облицювальна та наповнювальна суміш, сухий кварцовий пісок.

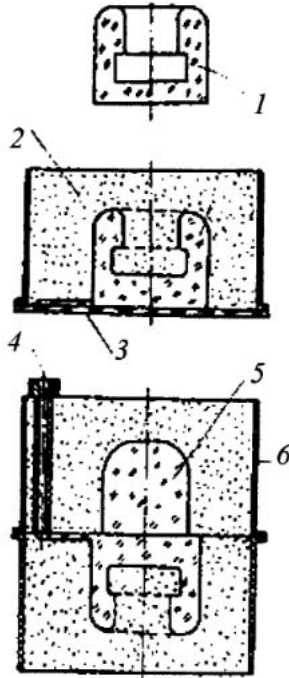
### 5.5 Порядок виконання лабораторної роботи

Виготовити ливарну форму за роз'ємною та нероз'ємною моделями з пінополістиролу, залити форму. Проаналізувати якість отриманого виливка.



Послідовність формування за роз'ємною моделлю, що газифікується представлена на рис. 5.1.

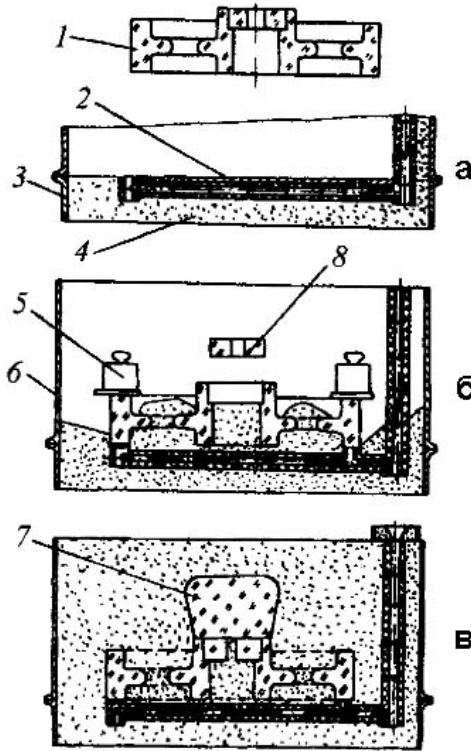
Порядок формування майже не відрізняється від традиційного формування за роз'ємною моделлю у піщано-глиняних формах., крім декількох специфічних операцій: відсутня операція вилучення моделі, для формування використовується трамбівка з гумовою п'ятою.



- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1 – пінополістиролова модель; | 4 – ливникова система; |
| 2 – півформа низу;            | 5 – модель надливу;    |
| 3 – під модельна плита;       | 6 – опока              |

Рисунок 5.1 – Формування за роз'ємною пінополістироловою моделлю у двох опоках [6]

Послідовність операцій при формуванні за нероз'ємною моделлю наведений на рис.5.2.



- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 1 – суцільна модель;   | 5 – вантажі;        |
| 2 – ливникова система; | 6 – опока верху;    |
| 3 – опока низу;        | 7 – модель надливу; |
| 4 – формувальна суміш; | 8 – вставка         |

Рисунок 5.2 – Формування за нероз’ємною суцільною моделлю [7]

Спочатку у опоку низу 3 насипати наповнювальну суміш 4, виконати ливникову систему з керамічних трубок 2, зробити вентиляційні наколи. Решту нижньої опоки засипати облицювальною сумішшю, надлишок якої після ущільнення зрізати лінійкою врівень з опокою (рис.5.2 а).

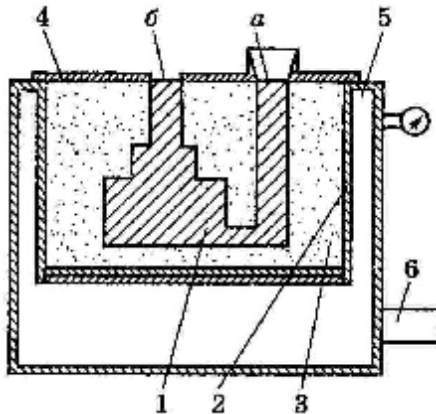
Далі встановити в опоку верху 6, пінополістиролову модель 1, стояк з керамічних трубок або його дерев’яну модель. На модель

встановити вантажі 5 та пошарово (70 - 100 мм) ущільнити облицювальною сумішшю (рис.5.2 б).

Після твердіння суміші вантажі 5 зняти, поставити вставку 8, модель надливу 7 та пошарово ущільнювати спочатку облицювальною, а потім наповнювальною сумішшю. зробити вентиляційні канали, які засипати сухим піском. Зверху встановити ливникову воронку (рис.5.2 в).

Для виготовлення тонкостінних виливків з розвинутою поверхнею формування виконують у сухому кварцовому піску з використанням вакууму (рис.5.3). При заливці форми газу, що виділяються у процесі деструкції моделі, видаляються через систему вакуумування. Це попереджує можливість утворення у виливках газових дефектів. Приклад формування піно полістиролової моделі з використанням вакууму наведено на рис.5.3. Порядок формування за цією технологією наступний:

- у формувальний контейнер (опоку) засипати дозу кварцового піску товщиною 80 – 100 мм, яка буде слугувати піщаною «подушкою»;
- на останню встановити модельний блок та засипати сухим піском;
- контейнер вкрити поліетиленою плівкою та підключити до вакуумної системи.



- |                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1 – пінополістиролова модель; | 2 – опока (контейнер);    |
| 3 – піщана подушка;           | 4 – поліетиленова плівка; |
| 5 – вакуумна камера;          | 6 – трубопровід;          |
- а, б - литниковий канал та отвір для надливу, що не вкривають плівкою

Рисунок 5.3 – Ливарна форма з моделлю, що газифікується [1]:

## 5.6 Вказівки з техніки безпеки

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і за своїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностей обладнання. Під час виконання лабораторної роботи строго виконувати тільки роботу, яка була доручена. При ущільненні суміші вручну додержуватися обережності, щоб не припустити ушкодження пальців рук, пошкодження моделей, опок. Після закінчення роботи прибрати робоче місце.

## 5.7 Зміст звіту

Навести технологію виготовлення виливків за моделями, що газифікуються, виконати ескізи обладнання та ливарної форми. Зробити висновки по роботі.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства [Текст] / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, В. Н. Эктова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.
2. Минаев, А.А. Вакуумная формовка [Текст] / А. А. Минаев, Е. Б. Ноткин, В. А. Сазонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
3. Формувальні суміші: Навч. посібник / С.П. Дорошенко. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
4. Формовочные материалы и смеси [Текст] / С.П. Дорошенко, В.П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек. – К.: Вища школа, 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 415 с.
5. Жуковский, С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник [Текст] / С. С. Жуковский. – М. : Машиностроение, 2010. – 256 с.
6. Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении (Формы и стержни). Сборник руководящих материалов по современным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении. М.: ЗАО ИТЦМ «Металлург». – 2002. – 281 с.
7. Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям [Текст] / В. С. Шуляк. – СПб.: НПО «Профессионал», - 2007. – 408 с.

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний технічний університет

**Методичні вказівки**

до лабораторних робіт з дисципліни

**„Сучасні методи лиття”**

для студентів спеціальності

131 «Прикладна механіка;

Обладнання та технології ливарного виробництва»

всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни „Сучасні методи лиття” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка; Обладнання та технології ливарного виробництва» всіх форм навчання / Укл.: В.Г. Іванов, О.Ф. Кузовов, Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 36 с.

Укладачі: В.Г. Іванов, доцент, к.т.н.  
О.Ф. Кузовов, доцент, к.т.н.

Рецензент: В.В. Луньов, професор, д.т.н.

Відповідальний  
за випуск: В.В. Луньов, професор, д.т.н.

Схвалено  
НМК інженерно-фізичного  
факультету

Затверджено  
на засіданні кафедри машин і тех-  
нології ливарного виробництва

Протокол № 2  
від „11” жовтня 2016 р.

Протокол № 2  
від „28” вересня 2016 р.

## ЗМІСТ

<b>Лабораторна робота №1. Вакуумно-плівкове формування (V – процес)</b> .....	5
1.1 Загальні відомості.....	5
1.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	7
1.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	7
1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	7
1.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	7
1.6 Вказівки з техніки безпеки.....	9
1.7 Зміст звіту.....	10
<b>Лабораторна робота №2. Визначення властивостей холоднотвердіючих сумішей(ХТС)</b> .....	10
2.1 Загальні відомості.....	10
2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	13
2.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	13
2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	13
2.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	15
2.6 Вказівки з техніки безпеки.....	16
2.7 Зміст звіту.....	16
<b>Лабораторна робота №3. Виготовлення стрижнів СО<sub>2</sub> - процесом</b> .....	16
3.1 Загальні відомості.....	16
3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	17
3.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	17
3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	18
3.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	18
3.6 Вказівки з техніки безпеки.....	19
3.7 Зміст звіту.....	19
<b>Лабораторна робота №4. Виготовлення стрижнів за гарячими ящиками</b> .....	20
4.1 Загальні відомості.....	20
4.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	22
4.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	22
4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	23
4.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	28
4.6 Вказівки з техніки безпеки.....	29
4.7 Зміст звіту.....	29

<b>Лабораторна робота №5 Лиття за моделями, що газифікуються.....</b>	<b>29</b>
5.1 Загальні відомості.....	29
5.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	32
5.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	32
5.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	32
5.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	32
5.6 Вказівки з техніки безпеки.....	35
5.7 Зміст звіту.....	35
<b>Рекомендована література.....</b>	<b>36</b>



## Лабораторна робота №1

**ВАКУУМНО-ПЛІВКОВЕ ФОРМУВАННЯ  
(V - ПРОЦЕС)**

Мета роботи – ознайомитися з технологічним процесом отримання виливків методом вакуумно-плівкового формування, вивчити послідовність технологічних операцій виробництва ливарних форм, конструктивні особливості модельно – опокової оснастки та властивості матеріалів; ознайомитися з обладнанням, необхідним для здійснення операцій технологічного процесу

**1.1 Загальні відомості**

Сутність сучасного V – процесу формування полягає у виготовленні ливарної форми із сухого кварцового піску, який ущільнюється за допомогою вакууму у герметичному просторі, обмеженому стінками опоки і синтетичною плівкою. Внаслідок вакууму всередині форми зовнішній атмосферний тиск (981 кПа) чинить стискуючу дію на окремі піщинки, що надає формі достатню міцність. Залишковий тиск (вакуум) у ливарній формі складає 30 – 50 кПа.

Продукти деструкції плівки під час заливки форми металом утворюють шар піску з деякою міцністю, що не спричиняє миттєвого руйнування форми. Порушення герметичності відбувається протягом 15 – 20 с, що відповідає тривалості заливки. Безперервне вакуумування форми під час заливки забезпечує притискання оболонки до основної маси піску, зберігаючи конфігурацію робочої порожнини форми.

Цей спосіб формування, винайдений у 1971 році фірмою Акіта Ко. лтд. разом з префектурним технічним інститутом Нагано (Японія), знаходить все більше розповсюдження у вітчизняних та закордонних ливарних цехах завдяки цілому ряду переваг у порівнянні з традиційними способами формування:

- відсутність будь-яких зв'язуючих, а разом з цим відсутність утворення газів та запахів від їх вигорання;
- відсутність традиційного сумішеготувального та вибивного відділення з їх металомістким та енергомістким обладнанням, зі складними системами транспортування і підготовки вихідних матеріалів;

- процес формування та вибивання відзначається низьким рівнем шуму, відсутністю громіздкого і складного формувального обладнання;

- практично відсутній знос моделей тому, що вони не мають безпосереднього контакту з піском; це дозволяє використовувати дерев'яну оснастку, що, у свою чергу, зменшує термін підготовки виробництва нових виробів;

- існує можливість використання моделей без формувальних ухилів, що підвищує розмірну точність виливків;

- рівномірна щільність форми, незалежно від її висоти і конфігурації моделі, теж забезпечує високу точність та якість виливків;

- можливість нанесення вогнетривкого покриття на поверхню плівки сприяє отриманню виливків без пригару;

- відсутність у виливках такого поширеного дефекту поверхні як ужимина;

- вибивання виливків не потребує значних енергетичних витрат, тому що після зняття вакууму сухий пісок легко висипається із форми.

До недоліків слід віднести порівняно низьку продуктивність існуючих формувальних установок, яка складає 6 – 10 форм на годину. Але розроблені в останній час багатопозиційні установки вже конкурують з автоматичними формувальними лініями.

Реалізація вакуумного формування потребує також виготовлення спеціальних опок та модельних плит із порожнинами, через які відбувається вакуумування. У моделях виконуються спеціальні вертикальні отвори, що сполучаються з порожниною модельних плит.

Для формування використовується збагачений кварцовий пісок з розмірною групою 01 – 02 та вмістом глинистої складової до 1%. Втрати піску за один цикл використання не перевищують 1,5 – 2,0 %.

Матеріалом для герметизації форм служить синтетична плівка. Вона повинна мати високу еластичність (добре розтягуватися), невелику газотвірну здатність, малу термічну усадку та мінімальну швидкість деструкції при взаємодії з рідким металом, а також низьку вартість. Цим вимогам задовольняє плівка товщиною 0,05 – 0,10 мм з етилен – вініл – ацетату (ЕВА). Найбільшу еластичність ця плівка має при температурі 50 – 60 °С.

Методом вакуумно-плівкового формування у наш час отримують виливки майже з усіх видів сплавів – алюмінієвих, мідних, чавуну

та сталі. Маса виливків може бути від кількох кілограмів до кількох тонн.

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

Перед виконанням лабораторної роботи ретельно ознайомитися з методом виготовлення виливків вакуумно-плівковим процесом, використовуючи рекомендовану літературу [1, С.190 – 195; 2]. Вивчити конструкцію лабораторного обладнання, порядок та техніку безпеки роботи на ньому. Приділити особливу увагу роботі з електричними нагрівачами плівки.

## **1.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

- 1** В чому полягає сутність вакуумно-плівкового формування?
- 2** Які переваги вакуумно-плівкового формування?
- 3** Які недоліки вакуумно-плівкового формування?
- 4** В чому полягає особливість модельно-опокової оснастки для вакуумно-плівкового формування?
- 5** Чому для вакуумно-плівкового формування можна використовувати дерев'яні моделі?
- 6** Чому на моделях можуть бути відсутні формувальні ухили?
- 7** Який вид плівки використовується для V – процесу?
- 8** Для чого плівку нагрівають перед нанесенням на модельну плиту?
- 9** Які вимоги до матеріалу плівки для V – процесу?
- 10** Який пісок використовують для V – процесу?
- 11** Яке зв'язуюче використовують для V – процесу?
- 12** Яка сфера застосування вакуумно-плівкового формування?

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

- 1.4.1 Обладнання: насос вакуумний ВН-461М, термостат ВШО 35
- 1.4.2 Прилади та інструмент: вакуумметр ТЗМ, твердомір 071, ножиці, опоки, модельні плити.
- 1.4.3 Матеріали – пісок 1КО<sub>2</sub>02, етилен-вініл ацетатна плівка.

## **1.5 Порядок виконання лабораторної роботи**

Виготовити ливарну форму дотримуючись послідовності технологічних операцій, які наведені на рис.1.1.

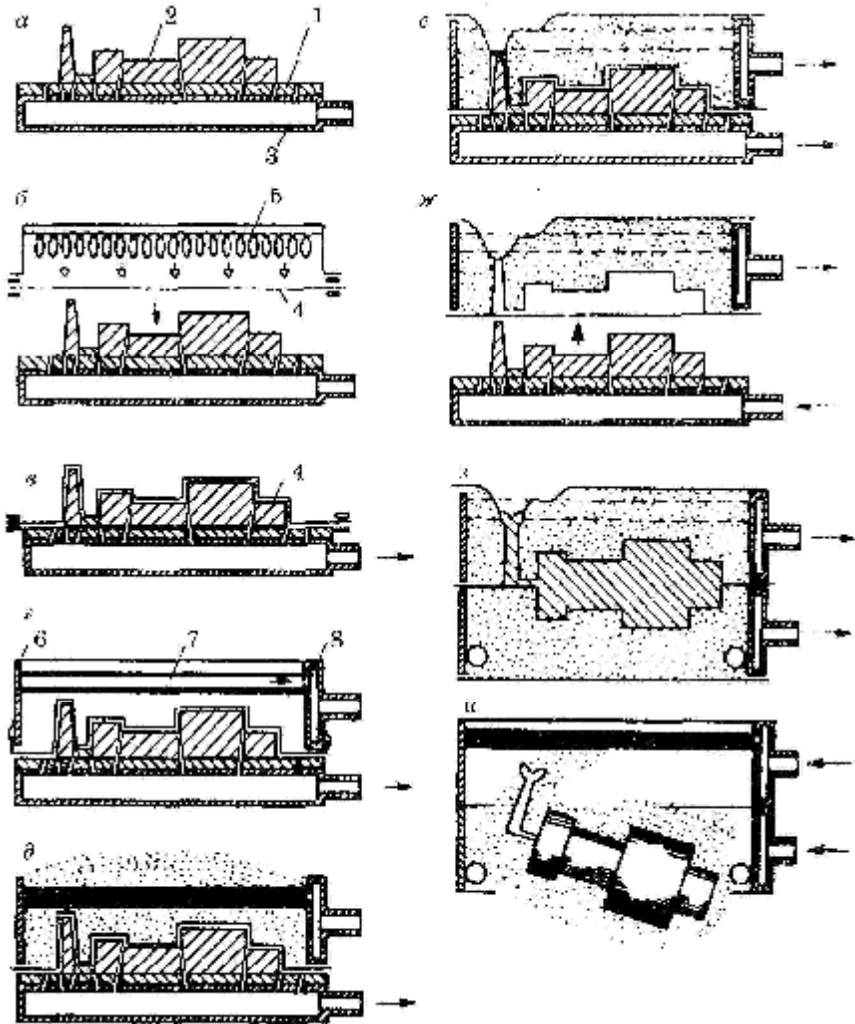


Рисунок 1.1 – Послідовність технологічних операцій вакуумно-плівкового формування [1]

Модельна плита 1 із встановленою на ній моделлю 2 монтується на вакуумній камері 3, порожнина якої з'єднана наскрізними каналами з поверхнею плити та моделлю (рис.1.1 а). Синтетичну плівку 4 тов-

щиною 0,05 – 0,10 мм і площею поверхні, яка дорівнює площі модельної плити у плані, протягом декількох секунд нагріти у термостаті 5 для переходу плівки у пластичний стан (рис.1.1 б). Плівку накласти зверху на модельну плиту (рис. 1.1 в) та підключити порожнину камери 3 до вакуумного насосу. При цьому плівка щільно облягає поверхню модельної плити та моделі, точно відтворюючи їх контур.

На модельну плиту встановити опоку 6, яка крізь витяжну камеру з'єднана трубопроводом 7 з колектором 8 відсмоктуючого пристрою (рис. 1.2 г). В опоку засипати сухий пісок та рівномірно розподілити його за об'ємом опоки (рис.1.1.д). Зайвий пісок очистити з поверхні контр ладу лінійкою. Відформувати ливникову чашу та накласти на поверхню контр ладу плівку (можна без попереднього нагріву) і ущільнити пісок підключенням опоки до вакуумного насосу (рис. 1.1 е).

В результаті вакуумування півформа набуває міцності (до 80 – 90 одиниць за твердиміром), після чого модельну плиту відключити від вакуумного насосу і зняти півформу (рис. 1.1 ж).

Другу півформу виготовити аналогічно, потім півформи скласти та залити рідким металом. В процесі складання форми, заливки її металом і кристалізації вилівка опоки залишити підключеними до вакуумного насосу (рис.1.1 з).

Вибивання форми, що полягає у відключенні вакууму від опок після затвердіння металу і досягнення ним температури, яка виключає зміну його конфігурації (рис.1.1 и).

### **1.6 Вказівки з техніки безпеки**

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і засвоїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностях обладнання. Всі студенти, що допомагають учбовому майстру або викладачу при формуванні, повинні бути забезпечені спецодягом – халатами. Студенти повинні дотримуватися загальних правил техніки безпеки, що діють у ливарному залі. При роботі з електричними приладами дотримуватися правил техніки безпеки по експлуатації електро-силових установок. Під час виконання роботи не ходити без необхідності по лабораторії, не заважати своїм товаришам, не залишати без нагляду свою роботу. Після закінчення роботи привести у порядок робоче місце та здати роботу викладачу або учбовому майстру.

## 1.7 Зміст звіту

Виконати ескіз послідовності технологічних операцій при вакуумно-плівковому формуванні та описати технологічний процес виробництва виливків за V – процесом. Зробити висновки по роботі.

### **Лабораторна робота №2 ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХОЛОДНОТВЕРДЮЧИХ СУМІШЕЙ (ХТС)**

Мета роботи – провести дослідження по визначенню властивостей холоднотвердіючої суміші та визначити її оптимальний склад.

#### 2.1 Загальні відомості

У сучасному ливарному виробництві спостерігається тенденція широкого використання формувальних сумішей, які отримали назву холоднотвердіючих (ХТС). До холоднотверднучих сумішей відносять суміші, що тверднуть безпосередньо в оснастці без додаткового зовнішнього впливу при звичайних температурах. Твердіння в оснастці відбувається в присутності рідких, твердих затверджувачів або під дією газових реагентів. Холоднотверднучі суміші в залежності від природи зв'язуючого матеріалу можна розділити на дві основні групи:

- суміші на основі неорганічних зв'язуючих (самотвердіючі суміші на рідкому склі – ПСС, РСС, цементні та фосфатні суміші);
- суміші на синтетичних смолах (їх традиційно називають холоднотвердіючими сумішами - ХТС).

Найбільшого поширення в останні роки у промисловорозвинутих країнах набувають процеси з використанням холоднотвердіючих синтетичних смол, які назвали «NO-BAKE» - процеси: фуран-процес, альфасет-процес та ін.

Використання ХТС суттєво вдосконалює процеси виготовлення форм та стрижнів для виливків з різних сплавів будь-якої номенклатури, розмірів та складності. Це досягається за рахунок скорочення циклу виготовлення внаслідок ліквідації процесу сушіння, підвищення продуктивності, зменшення вартості обладнання шляхом заміни традиційних методів ущільнення (пресових, струшування та ін.) вібраці-

єю. Використання ХТС сприяє отриманню виливків з підвищеною точністю (за масою та розмірам).

До недоліків синтетичних смол слід віднести їх високу вартість, токсичність складових (фенолу, формальдегіду та ін.), нетривалий час зберігання через можливу полімеризації смол.

Для синтезу смол використовують такі речовини: карбамід, формальдегід, фенол, фуриловий спирт та ін. В залежності від того, які речовини були обрані для синтезу смоли, визначається і назва смоли. Наприклад, якщо для синтезу були обрані карбамід і формальдегід, такі смоли називають карбамідоформальдегідними або карбамідними і т.п.

Для поліконденсації смол, необхідно, щоб молекули вихідних речовин мали визначене число реакційно власних (функціональних) груп, за допомогою яких вони могли б вступати у хімічні реакції між собою. Такими активними групами є гідроксильні – OH, що входять у молекули фенолу, альдегідні – COH у формальдегіді, амінні – NH<sub>2</sub> у карбаміді, карбоксильні – COOH рухливі атоми водню в молекулах фенолу та ін.. Чим більше в молекулі смоли функціональних груп, тим швидше проходить полімеризація (твердіння) смоли і зміцнення формувальної суміші.

Області використання різних смол для виготовлення виливків з різних сплавів залежить від їх термостійкості. Вищу термостійкість (400 – 800°C) мають фенолформальдегідні смоли, тому їх використовують для сталевого та крупного чавунного литва, але вони найдорожчі та неекологічні. Найменша термостійкість у карбамідоформальдегідних смол (230 – 320°C), а стрижні і форми з ними мають велику газотворність, в тому числі внаслідок виділення азоту, що може бути причиною газової пористості у виливках. Враховуючи це, при виготовленні сталевих та крупних чавунних виливків найбільш ефективно використовувати фенольні, і особливо фуранові зв'язуючі, які відрізняються підвищеною термостійкістю і відсутністю у своєму складі азоту.

Фуранові зв'язуючі отримують шляхом модифікування смол фуриловим спиртом (C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>). Чим більше введено у смолу фурилового спирту, тим вищою буде її термостійкість. В залежності від вмісту у смолі фурилового спирту фуранові зв'язуючі розділяють на смоли низької (20 – 60% фурилового спирту), середньої (60 – 80%) та вищої (більш 80%) категорій. Чим вище категорія звязуючого, тим більше

його зв'язуюча і реакційна здатність, а також термостійкість і тим менша витрата його у холоднотвердіючих сумішах.

Основна технологічна особливість холоднотвердіючих сумішей для технологій NO BAKE – наявність короткого періоду живучості. В цей період повинні бути виконанні перші технологічні операції – засипання суміші у опоку або стрижневий ящик та її ущільнення. Цей період для сумішей різного типу регулюється у інтервалі від 3 – 5 до 40 – 50 хвилин шляхом зміни вмісту каталізатору. Відповідно зростання міцності уповільнюється по мірі зменшення вмісту каталізатору.

Друга важливіша характеристика для ХТС – час набору маніпуляційної міцності, тобто міцності, достатньої для вилучення моделі з форми або стрижня з ящика та наступних операцій (фарбування, транспортування та ін.). Як правило, цей час складає для дрібних та середніх стрижнів та форм 10 – 20 хвилин, для крупних – 20 – 60 хвилин.

У склад холоднотвердіючої суміші входять наповнювач, зв'язуюча композиція, добавки.

У цій роботі використовують суміш наступного складу (мас. частка, %):

1 Пісок кварцовий	100,0
2 Смола фуранова	1,0 – 1,5
3 Затверджувач	0,2 – 0,7.

У якості наповнювача для забезпечення високих властивостей необхідно використовувати кварцові піски з розмірами зерен 0,16 – 0,20 мм та вмістом глини не більше 0,5%. Підвищений вміст глинистої складової у піску потребує додаткову витрату зв'язуючого та погіршує міцність.

У якості зв'язуючого використовується низько азотиста фуранова смола з вмістом фурфурилового спирту від 75 до 90 %. Вона уявляє собою рідину коричневого кольору щільністю 1,14 – 1,16 г/см<sup>3</sup> зі спиртовим запахом. Термін зберігання смоли – 6 місяців при температурі 10 – 30°C. При більш тривалому зберіганні, як і у більшості смол, відбувається реакція поліконденсації, змінюється структура смоли та погіршуються властивості.

Затверджувачем виступає один з матеріалів: паратолуол сульфенова кислота (ПТСК), бензолна сульфенова кислота (БСК), ортофосфорна кислота та ін.



## 2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Готуючись до лабораторної роботи треба ознайомитися за рекомендованою літературою із сумішами, що твердіють без нагрівання [1 С. 41-47, 313-315; 3 С.40-46; 4; 5] Вивчити склад суміші, порядок змішування, призначення її компонентів, стадії твердіння. Вивчити правила техніки безпеки при роботі на устаткуванні та з матеріалами суміші.

### 2.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Перелічіть компоненти, що входять до складу суміші, яка буде досліджена у лабораторній роботі.
- 2 Охарактеризуйте компоненти за їх функціональним призначенням.
- 3 Який вміст синтетичної смоли та затверджувача у складі суміші?
- 4 Чому для цих сумішей використовують здебільше кварцовий пісок, де глинистої складової не більше 0,5%?
- 5 Чому смоли для цих сумішей називаються синтетичними?
- 6 Які смоли називають фурановими?
- 7 Які основні переваги і недоліки сумішей холодного твердіння?
- 8 Назвіть область використання технології виготовлення форм та стрижнів із холоднотвердіючих сумішей?
- 9 Яким чином відбувається процес приготування холоднотвердіючих сумішей?
- 10 Скільки часу можна зберігати суміші після її приготування?
- 11 У чому полягає технологічний процес виготовлення форм та стрижнів з холоднотвердіючих сумішей?
- 12 Яка тривалість процесу виготовлення форм та стрижнів з холоднотвердіючих сумішей та від яких параметрів вона залежить?

### 2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

2.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач, оснащення для виготовлення стандартних зразків суміші на розтяг та газопроникність.

2.4.2 Прилади: прилади для визначення міцності (мод. 5070 та 5071А), газопроникності (мод.042), осипаємості (мод. 056).

Осипаємість є однією з характеристик поверхневої міцності суміші. Поверхнева міцність суміші визначає брак литва по засорам, пригару тощо. Визначення осипаємісті виконується на стандартному приладі для збовтування моделі 021.

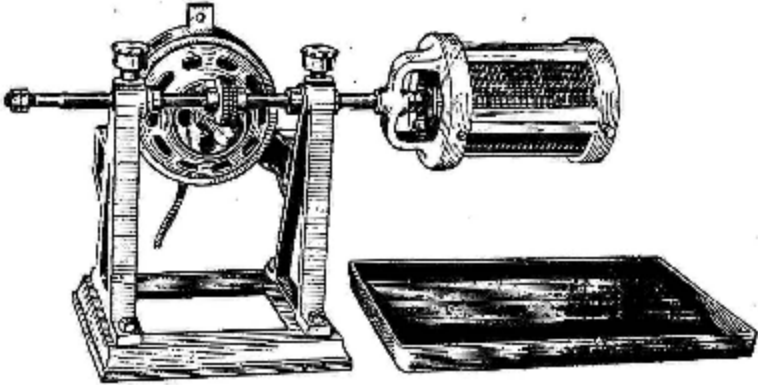


Рисунок 2.1 – Прилад для визначення осипаємісті формувальних матеріалів 056

Для визначення осипаємісті стандартний циліндричний зразок зважують та закладають у сітчастий барабан приладу 056. Після обертання протягом 1 хвилини зі швидкістю  $60 \text{ хв}^{-1}$  зразок виймають та знову зважують.

Осипаємість визначається у процентах втрати маси до початкової маси зразка за формулою

$$O = \frac{m_0 - m_1}{m_0} 100\% \quad (3.1)$$

де  $m_0$  і  $m_1$  – маса зразка до і після досліду відповідно, г.

2.4.3 Матеріали – пісок 1КО<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138-91,

фуранова смола та затверджувач швидкої дії (суміш кислот: паратолуол сульфенова кислота 15 – 40%, бензолна сульфенова кислота 25 – 60%, сірчана кислота до 2%).

## 2.5 Порядок виконання лабораторної роботи

### 1. Приготувати суміш заданого складу.

Процес приготування суміші полягає у змішуванні до стану рівномірного розподілення між собою усіх складових. Змішування виконують у лопасному змішувачі з об'ємом ванни 5 дм<sup>3</sup>, що розрахований на виготовлення порції суміші масою 2 – 8 кг. Розраховану кількість висушеного та просіяного піску заданої марки засипають у змішувач та перемішують спочатку із затверджувачем 2,0 – 2,5 хвилини, потім вводять смолу і перемішують ще 2,5 – 3,0 хвилини. Приготовлену суміш треба зразу використати для виготовлення зразків на розтяг та осипаємість.

2. Дослідити суміш при різних співвідношеннях смоли та затверджувача: (20%, 35% 50% від вмісту смоли). Визначити міцність суміші на розтяг через 1, 2, 4 та 24 години. Циліндричний зразок суміші використати для визначення осипаємість.

Дослід на осипаємість проводити через 24 години після виготовлення зразка. Для кожного варіанту випробувати по три зразки та визначити середній арифметичний процент осипаємість.

3. Результати дослідів занести у табл.2.1 та зробити аналіз отриманих даних. Оптимальне співвідношення технологічних параметрів часу твердіння та співвідношення смоли та затверджувача прийняти таким, яке забезпечує максимальну міцність суміші на розтяг та осипаємість.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження властивостей холоднотвердіючої суміші

Варіант складу суміші	Середня міцність суміші на розтяг, МПа				Осипаємість, %	Примітка
	Через 1 годину	Через 2 години	Через 4 години	Через 24 години		
1						
2						
3						

## 2.6 Вказівки з техніки безпеки

Смола та затверджувач є екологічно безпечними, але під час приготування формувальних сумішей необхідно дотримуватися необхідних правил з техніки безпеки, бо у концентрованому вигляді вони можуть викликати хімічні опіки та подразнення кожних та слизистих тканин. Треба не припускати контакту з відкритими частинами тіла, працювати у захисних рукавицях. При потрапленні на шкіру ретельно промити водою з милом. Якщо виникло подразнення звернутися до лікаря.

## 2.7 Зміст звіту

Навести технологію виготовлення форм та стрижнів із холодно-твердіючих сумішей, привести результати дослідження та зробити висновки.

### Лабораторна робота №3 ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ CO<sub>2</sub> - ПРОЦЕСОМ

Мета роботи – порівняти ефективність твердіння при різних режимах продування піщано-смоляної суміші.

## 3.1 Загальні відомості

Застосування газоподібних затверджувачів для хімічнотвердіючих сумішей дозволяє суттєво скоротити цикл виготовлення ливарних форм та стрижнів. Одним з таких газів є CO<sub>2</sub>, що вже давно застосовується у ливарних цехах для твердіння пластичних рідко скляних сумішей. Газ CO<sub>2</sub> є нетоксичним та доступним, не потребує значного ускладнення технологічного обладнання для виготовлення форм та стрижнів.

Застосування газу CO<sub>2</sub> для твердіння піщано-смоляних сумішей виключає сушіння та є перспективною швидкісною технологією виготовлення форм та стрижнів. Такі суміші позбавленні основних недоліків піщано-рідкоскляних сумішей – поганого вибивання та регенерації.

У якості зв'язуючого використовується лужна водорозчинна фенолформальдегідна смола, що забезпечує високій рівень технологічних властивостей, оптимальний рівень міцності, високу швидкість

твердіння, добре вибивання та екологічні показники. Зв'язуюче не містить сірки, фосфору, азоту, а рівень фенолу та формальдегіду не перевищує 0,1 – 0,2 %. Твердіння смоли відбувається за схемою: модифікована фенол формальдегідна смола (водний розчин) продувається  $\text{CO}_2$ , внаслідок чого утворюється затверділа смола, гідроксид калію та карбонат калію. Такий процес отримав назву Резол -  $\text{CO}_2$  – процес [5, 6].

Суміш містить 2 – 3 мас. ч. зв'язуючого. У якості вогнетривкого наповнювача найчастіше використовується кварцовий пісок, але можливе використання і інших – циркону, хроміту, шамоту та ін. Витрата  $\text{CO}_2$  становить 10 л на 1 кг суміші; відносний тиск 0,2 – 0,6 атм; температура газу 20 – 40 °С; час продування складає 20-60 с, рівень рН повинен бути на рівні 6,5 – 7,5 [5].

Використовується Резол -  $\text{CO}_2$  – процес у серійному та одиничному виробництві.

### 3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи треба ознайомитися зі швидкісними технологіями отримання ливарних форм з використанням газоподібних затверджувачів [5, 6]. Звернути увагу на процеси затвердження піщано-смоляних сумішей під дією вуглекислого газу, їх склад, механізм твердіння, переваги і недоліки та область використання.

### 3.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 З яких компонентів складається суміш для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 2 Яка речовина використовується у якості затверджувача?
- 3 Які вогнетривкі наповнювачі можна використовувати для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 4 За рахунок чого відбувається твердіння піщано-смоляної суміші при продуванні  $\text{CO}_2$ ?
- 5 Який вміст смоли для Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу?
- 6 Назвіть область використання Резол -  $\text{CO}_2$  – процес.
- 7 Назвіть основні переваги та недоліки Резол -  $\text{CO}_2$  – процесу.
- 8 Чим відрізняються операції виготовлення форм та стрижнів за Резол -  $\text{CO}_2$  – процесом від інших методів?

9 Яка тривалість процесу продування вуглекислим газом? Від чого вона залежить?

### 3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

3.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач, лабораторний копер, сушильна шафа, оснастка для виготовлення і продування зразків.

3.4.2 Прилади: прилад для визначення межі міцності на розтяг зразків суміші, балон з вуглекислим газом, редуктор.

3.4.3 Матеріали: пісок кварцовий, смола синтетична для Резол - CO<sub>2</sub> – процесу.

### 3.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1 Приготувати суміш з 100% кварцового піску 1K02, 3 % смоли синтетичної (склад суміші може бути змінено за вказівкою викладача).

2 Виготовити 12 стандартних зразків – вісімок (рис.3.1)

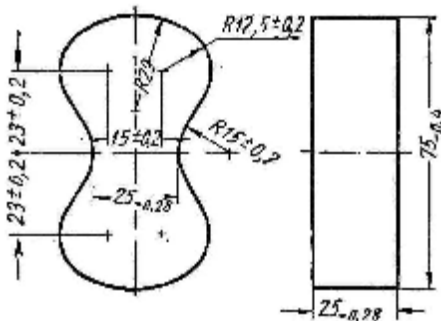


Рисунок 3.1 – Стандартний зразок на розтяг

3 Обробити по три зразка за наступними режимами:

3.1 Продути CO<sub>2</sub> протягом 15 с;

3.2 Продути CO<sub>2</sub> протягом 30 с;

3.3 Продути CO<sub>2</sub> протягом 45 с;

3.4 Продути CO<sub>2</sub> протягом 60 с.

Продувку проводити безпосередньо у стрижневому ящику під тиском 150 – 170 кПа.

4 Визначити межу міцності на розтяг зразків. Результати звести у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження ПРС

№ варіанту	Межа міцності на розтяг зразків, МПа				Примітка
	1	2	3	Середнє значення	
1					
2					
3					
4					

### 3.6 Вказівки з техніки безпеки

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і засвоїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностей обладнання. Газ  $\text{CO}_2$  є екологічно безпечними, зберігається у спеціальних балонах. Встановлення редуктора та підключення до лабораторного обладнання, а також усі роботи з продування виконує учбовий майстер або викладач. Всі студенти, що допомагають учбовому майстру або викладачу при формуванні, повинні бути забезпечені спецодягом – халатами. Студенти повинні дотримуватися загальних правил техніки безпеки, що діють у лабораторії формувальних матеріалів. Під час виконання роботи не ходити без необхідності по лабораторії, не заважати своїм товаришам, не залишати без нагляду свою роботу. При виготовленні зразків суміші за допомогою лабораторного копра дотримуватися правил безпеки роботі на ньому. Після закінчення роботи привести у порядок робоче місце та здати роботу викладачу або учбовому майстру.

### 3.7 Зміст звіту

Описати технологію отримання форм та стрижнів Резол -  $\text{CO}_2$  – процес навести, склад суміші, отримати результати дослідів властивостей суміші та зробити висновки.

## Лабораторна робота №4

### ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ ЗА ГАРЯЧИМИ ЯЩИКАМИ

Мета роботи – провести дослідження по визначенню оптимальних технологічних режимів виготовлення стрижнів за гарячими ящиками.

#### 4.1 Загальні відомості

Суміші гарячого твердіння використовують для виготовлення форм і стрижнів за модельної оснасткою, яка нагріта до 230 – 270 °С. Цей технологічний процес використовується у ливарному виробництві у таких технологіях: „Лиття в оболонкові форми” та „Виготовлення форм і стрижнів за гарячими ящиками”.

Формувальна суміш містить в якості зв'язуючого синтетичну смолу термореактивної групи. При нагріванні смола швидко розм'якшується, а потім після внутрішніх хімічних змін, незворотно твердіє, перетворюючись у неплавкий, практично нерозчинний у воді продукт.

Твердіння суміші відбувається у контакті з металевою оснасткою, завдяки чому стрижні і оболонкові форми утворюються високої точності. Крім того, вони мають високу міцність, як загальну так і поверхневу та практично негіроскопічні.

Під дією теплоти залитого металу суміш втрачає початкову міцність внаслідок вигорання зв'язуючого. Остаточна міцність суміші близька до нуля, що обумовлює низькі енерговитрати на вибивання виливок з форм та видалення стрижнів.

До недоліків технології слід віднести токсичність процесу, наявність різкого запаху та ін. Тому робочі місця обладнують підсиленою приточно-витяжною вентиляцією, автоматизують процес, виключаючи з нього безпосередній контакт робочого з вихідною продукцією у періоди інтенсивного газовиділення. Після охолодження стрижнів до кімнатної температури газовиділення практично припиняється.

Технологія виготовлення стрижнів за гарячими ящиками широко використовується у масовому та крупносерійному виробництвах. При цьому виготовляють стрижні різної складності – від простих до найскладніших.

Нагрівання ящиків в залежності від конструкції може відбуватися у печах або газовими пальниками, а також вбудованими електри-



чними нагрівачами. Процес твердіння суміші у ящику відбувається при температурах 230 – 270 °С, тому ящик повинен бути достатньо жорстким, здатним протистояти жолобленню внаслідок циклічних тепло змін. Найкращім матеріалом для таких ящиків є сірий чавун.

Склад суміші містить обов'язкові компоненти: вогнетривкий наповнювач (частіше пісок кварцовий), зв'язуюче (смола синтетична) та спеціальні добавки.

У цій роботі використовують суміш наступного складу (мас. частка, %):

1. Пісок кварцовий 1K016	100,0
2. Смола МФ – 17	4,0
3. Стеарат кальцію	0,1
4. Хлористий амоній	0,4
5 Графіт сріблястий	0,1
6 закис заліза	1,5

Глина у складі кварцових пісків знижує загальну і поверхневу міцність піщано – смоляних сумішей після твердіння, вимагаючи підвищеної витрати зв'язуючого. Найкращі властивості сумішей забезпечуються використанням збагачених кварцових пісків з розмірами зерен 0,16 – 0,20 мм та вмістом глини не більше 0,5%.

Смола МФ – 17 є карбамідноформальдегідною – продуктом конденсації карбаміду с формальдегідом. Вона уявляє собою малов'язку рідину кольором від білого до світло-коричневого. Термін зберігання смоли – до одного року. При більш тривалому зберіганні у результаті протікання реакції поліконденсації підвищується в'язкість смоли, змінюється її структура та погіршуються властивості. Смолу рекомендується зберігати при низьких температурах – у зимній період при 5 - 10°С, а в літній при 10 - 15°С. За цих умов швидкість реакції поліконденсації зменшується. За температури -20°С смола замерзає, але не втрачає зв'язуючої здатності, після нагрівання до 18 - 20°С смола придатна до використання. Суміші гарячого твердіння на синтетичній смолі МФ – 17 використовують для стрижнів 2 – 3 класів чавунного та кольорового литва.

Як і всі терморективні зв'язуючі, смола МФ – 17 в залежності від температури проходить три стадії полімерних перетворень (А, В, С).

У початковому стані – стадія А смола називається *резолом*, це плавка (у сухому стані) і розчинна речовина, властивості якого у цьо-

му стані описані вище. Смола у стадію В переходить при нагріванні і називається **резитолом**, при цьому розм'якшується, перетворюючись у резиноподібну масу, яка після охолодження стає твердою та крихкою. Така смола при подальшому нагріванні переходить у неплавкий і нерозчинний стан: стадію С – кінцевий продукт, що називається **резитом**, який і обумовлює властивості сумішей гарячого твердіння.

Смола інтенсивно твердіє також під дією кислот - ортофосфорної, щавелевої та інших. Цей ефект використовують для виготовлення холоднотвердіючих сумішей (ХТС).

**Стеарат кальцію** – порошок або рідина білого кольору використовують у якості добавки, що покращує низку властивостей суміші. При контакті з гарячою моделлю (стрижневим ящиком) стеарат розм'якшується, утворює ізолюючий шар між оснасткою та затверділою оболонкою, що полегшує знімання та забезпечує гладку поверхню форми або стрижня. Крім того він знижує тертя між частками піску, що забезпечує краще заповнення форми при засипанні та надуванні, збільшення щільності і міцності оболонки. У суміш додають стеарат кальцію у кількості 2 – 6% від маси смоли.

**Хлористий амоній** – каталізатор твердіння. Додається до суміші у кількості 0,5 – 1,0% від зв'язуючого; зкорочує час твердіння суміші на 1,5 – 2,0 хвилини і підвищує питому міцність суміші на розтяг.

**Графіт сріблястий** використовують для підвищення вогнетривкості і теплопровідності суміші. Завдяки підвищенню теплопровідності, суміш швидше прогривається та твердіє.

**Закис заліза** у кількості до 1,5% від маси суміші додають для підвищення теплопровідності та усунення розтріскування оболонок і стрижнів.

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

Готуючись до лабораторної роботи треба ознайомитися із сумішами, що твердіють у гарячій оснастці [1 С.41-47, С.303-310; 3, С.40-46, С.106-107; 4, С.50-59, С.247-264]. Вивчити склад суміші, порядок змішування, призначення її компонентів, стадії твердіння. Вивчити правила техніки безпеки при роботі на устаткуванні.

#### **4.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

1 Перелічіть компоненти, що входять до складу суміші, яка буде досліджена у лабораторній роботі.

- 2 Охарактеризуйте компоненти за їх функціональним призначенням.
- 3 Чому для цих сумішей використовують здебільше кварцовий пісок, де глинистої складової не більше 0,5%?
- 4 Чому смоли для цих сумішей називаються синтетичними?
- 5 Які основні переваги і недоліки сумішей гарячого твердіння?
- 6 Назвіть область використання технології виготовлення стрижнів за гарячими ящиками?
- 7 Яким чином може відбуватися нагрівання оснастки?
- 8 Яким чином відбувається процес приготування сумішей гарячого твердіння?
- 9 У чому полягає технологічний процес виготовлення форм та стрижнів у нагрітій оснастці?
- 10 Які стадії полімерних перетворень проходять смоли в залежності від зміни температури?

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

4.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач.

4.4.2 Прилади: універсальний прилад для формування піскодупним методом стандартного зразка – вісімки, його твердіння та дослідів на розтяг.

Універсальний прилад для визначення міцності мод. LRu – TS (Польща) призначений для визначення міцності на розтяг зразків, що отриманні із сумішей гарячого твердіння, має для цього механізм надування стрижньової суміші у ящик, забезпечуючи формування стандартного зразка – „вісімки”, нагрівальні елементи для нагріву ящика, регулятори температури та часу нагрівання, гвинтовий механізм для розривання зразка з пристроєм для вимірювання сили та автоматичним записом показників результатів дослідів. Прибор служить також для виготовлення стандартних циліндричних зразків методом пресування під високим питомим тиском та визначення їх міцності на стискання.

## Технічна характеристика

Діапазони визначення

міцності на розтяг, МПа	0,1...0,5
	0,2...1,6
	1,0...5,0
	3,0...7,0

Діапазони визначення

міцності на	
стискання, МПа	0,02...0,12
	0,05...0,40
	0,04...1,20
	1,00...5,50

Сила пресування при виготовленні  
циліндричних зразків, кН. 1,0...10,0

Швидкість пересування

рухомої балки:

робоча (вимірювальна), мм/хв.	6,0
холостого ходу, мм/хв..	60,0

Похибка при вимірюванні

міцності, %  $\pm 1,0$ 

Похибка при вимірюванні

температури, °С  $\pm 1,0$ 

Напруга живлення, В 220

Витрата максимальної

потужності, Вт 650

Номінальний тиск повітря

у мережі, МПа 0,5

Маса приладу, кг 260.



## 4.4.2.1 Позначки символів на приладі

Основний прилад

- - положення балки під час виготовлення зразка (нейтральне);
- - положення, у якому балка автоматично зупиняється після руйнування дослідного зразка;
- - кінцеве нижнє положення балки;
- ▲<sub>р</sub>•• - кнопка, що приводить у рух балку уверх вище

пункту „••”;

**A** – вимикач автоматичного керування (що використовується при дослідженні зразків зі сумішей гарячого твердіння);


**STOP** – вимикач для зупинки балки у будь-якому положенні;

- - - кнопка швидкого пересування балки уверх;

- - кнопка повільного пересування балки уверх;

- - - кнопка швидкого пересування балки вниз;


- - - кнопка повільного пересування балки вниз;


 р • - кнопка пересування балки уверх або вниз від будь-якого пункту;

**ZF** – кнопка закриття нагрівальних плит стрижневого ящика.

Шафа керування

**Z1 – Z6** – перемикачі вимірювальних діапазонів;

 - перемикач вимірювальної системи досліджу на міцність;

 - перемикач вимірювальної системи виготовлення циліндричних зразків методом пресування;

~ - головний вимикач живлення;

**G** – вимикач живлення нагрівальних плит стрижневого ящика;

**R** – вимикач живлення пересування стрічки реєстратора;

 - вимикач живлення стрілки реєстратора у нульове положення;

**à** - запасний вимикач.




#### 4.4.2.2 Перевірка налагодженості приладу

Основний прилад

1 Натиснути головний перемикач живлення „~”;

- 2 Вручну відкрити нагрівальні плити;
- 3 Перевірити рухомі балки уверх: натиснути „-” і через декілька секунд зупинити натисканням „**STOP**”;
- 4 Натиснути „-” та виключити „**STOP**”, балка повинна зупинитися у кінцевому нижньому положенні – „●●●”;
- 5 Перевірити кнопки „- -” та „- -”, зупиняючи швидке пересування балки натисканням кнопки „**STOP**”;
- 6 Встановити балку у положення „●●●”;
- 7 Підключити стиснуте повітря при положенні бокового важеля „**Wyt**”;
- 8 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика; у момент зіткнення балку зупинити за допомогою „**STOP**”;
- 9 Закрити нагрівальні плити натисканням кнопки „**ZF**”;
- 10 Задати час твердіння на реле часу;
- 11 Натиснути „**A**”, натиснути „-” та вимкнути „**STOP**”;
- 12 Повільно пересунути важіль у положення наддування „**Sat**” та повільно повернути назад у положення „**Wyt**”. Після спливання заданого часу нагрівальні плити повинні розкритися і балка почне пересуватися униз до положення „●●●”.


### Реєстратор

- 1 Виключити „~”;
- 2 Дістати реєстратор з шафи і встановити його в положення запису вмиканням тумблера „**Antrib**”;
- 3 Включити „~”;
- 4 Включити кнопку перемикача вимірювальних діапазонів „**Z6**”;
- 5 Включити „ ”; 
- 6 Воротком потенціометру „ ”  встановити стрілку реєстратора вище другого ділення шкали;
- 7 Включити „**R**” та після початку руху стрічки у реєстраторі виключити „**R**”;
- 8 Встановити воротком „ ”  стрілку реєстратора у нульове положення, при натисканні рукою на нижній кронштейн стрілка реєстратора повинна відхилитися, що свідчить про налагодженість приладу.

#### Нагрівальна система

- 1 Встановити штепсельне гніздо на вилку нагрівальних плит;
- 2 Завести термопару у гніздо;
- 3 Задати будь-яку температуру (до 50°C) на датчику температури;
- 4 Включити „**G**”;
- 5 Після з’ясування того, що плити нагріваються, виключити „**G**”.

#### 4.4.2.3 Виготовлення зразків та проведення дослідження

- 1 Подати стиснуте повітря у мережу при закритому вентилі подачі повітря у прилад;
- 2 Заповнити стрижневий ящик сумішшю резервуар на 4/5 його місткості;
- 3 Встановити потрібне час твердіння суміші на реле часу.
- 4 Встановити потрібну температуру твердіння суміші на датчику температури.
- 5 Розмістити у регістраторі шкалу для визначення міцності на розтяг (Rm), вибрати передбачений вимірювальний діапазон і відповідно з позначенням на шкалі натиснути відповідний перемикач вимірювальних діапазонів „**Z**”;
- 6 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика, після чого зупинити натисканням „**STOP**”;
- 7 Закрити нагрівальні плити натисканням „**ZF**”;
- 8 Перевірити вірність закривання нагрівальних плит (повинні стикатися зі стрижневим ящиком, при необхідності піджати плити вручну);
- 9 Включити „**G**” – нагрівання плит;
- 10 Натиснути вимикач „”, натиснути „**A**”, натиснути „-”;
- 11 Воротком потенціометру встановити стрілку реєстратора у нульове положення;
- 12 Натиснути „**R**” – рух стрічки реєстратора;
- 13 Після нагрівання стрижневого ящика до заданої температури встановити наконечник гумового вдвального шлангу у гніздо стрижневого ящика та зафіксувати його шляхом повороту на 90°;
- 14 Піджати нагрівальні плити до стрижневого ящика за допомогою ручного важеля; відкрити вентиль подачі повітря у прилад; вико-

нати надування ящика сумішшю повільним рухом бокового важеля з положення „**WYT**” в положення „**ZAT**”, після чого важіль повільно повернути в початкове положення „**WYT**”; закрити вентиль подачі повітря у прилад;

15 Вимкнути „**STOP**”;

16 Після спливання заданого часу твердіння відбувається відкривання нагрівальних плит, пересування балки униз та навантаження на дослідний зразок, під дією якої він руйнується; стрілка реєстратора повертається у нульове положення, автоматично виключається пересування стрічки; балка автоматично зупиняється у положенні „•••”;

17 Вимкнути „**A**”;

18 У випадку, коли міцність зразка перевершить вибраний вимірювальний діапазон (стрілка виходить за межі шкали) треба миттєво натиснути перемикач діапазонів на більш високий, відповідно до позначення;

19 Видалити з половин стрижневого ящика залишки стрижня, очистити плити та ящик від залишків суміші, після чого прилад знову готовий до проведення нового дослідження.

4.4.3 Матеріали: пісок кварцовий, смола МФ – 17, стеарат кальцію, хлористий амоній, графіт сріблястий.

#### 4.5 Порядок виконання лабораторної роботи

##### 4. Приготувати суміш заданого складу.

Процес приготування суміші полягає у змішуванні до стану рівномірного розподілення між собою усіх складових. Змішування виконують у лопатному змішувачі з об'ємом ванни 5 дм<sup>3</sup>, що розрахований на виготовлення порції суміші масою 2 – 8 кг. Розраховану кількість усіх сухих компонентів суміші: піску, стеарата кальцію (половина дози), хлористого амонію, графіту та закису заліза засипають у змішувач та перемішують 2,0 – 2,5 хвилини, потім вводять смолу і перемішують 2,5 – 3,0 хвилини, додають другу дозу стеарата кальцію і перемішують ще 2,5 – 3,0 хвилини. Приготовлену суміш у закритій тарі можна зберігати протягом 1 – 2 місяців.

5. Дослідити суміш при температурах твердіння (°C): 240, 255 і 270 та часу витримки у стрижневому ящику (хв): 2,0; 2,5; 3,0. Для ко-



жного варіанту дослід повторити три рази. Результати дослідів занести у табл.4.1 та зробити аналіз отриманих даних. Оптимальне співвідношення технологічних параметрів температури і часу твердження прийняти таким, яке забезпечує максимальну міцність суміші і продуктивність процесу.

#### **4.6 Вказівки з техніки безпеки**

Найбільш небезпечною операцією при проведенні роботи є формування зразка – вісімки, яке відбувається шляхом надування суміші у стрижневій ящик стисненим повітрям тиском 0,6 МПа.

Необхідною умовою безпеки при надуванні суміші є надійне з'єднання надувного сопла і гнізда стрижневого ящика, які під час надування повинні бути взаємно зафіксовані. Операцію надування виконують тільки учбовий майстер або викладач з використанням захисних окулярів. Студентам з метою виключення травмування очей необхідно знаходитися на відстані не ближче трьох метрів від приладу. Враховуючи, що елементи стрижневого ящика та дослідний зразок нагріті до високих температур, необхідно користуватися рукавицями при виконанні відповідних операцій.

#### **4.7 Зміст звіту**

Виконати ескіз принципової технологічної схеми роботи устаткування, привести результати дослідження та зробити висновки.

### **Лабораторна робота №5 ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ**

Мета роботи – засвоїти технологічні особливості сучасного виду лиття за моделями, що газифікуються

#### **5.1 Загальні відомості**

В останні роки у ливарному виробництві конкуренцію звичайним способам лиття набуває технологія лиття за моделями, що газифікуються. Пінополістиролові моделі зменшують трудомісткість виготовлення модельної оснастки, дають можливість виготовляти нероз'ємні форми, відмовитися від стрижнів, формувальних ухилів, зме-

ншити припуски на механічну обробку. Цим методом виготовляються виливки з чорних та кольорових сплавів різноманітної номенклатури за розмірами, масою та призначенням.

Але процес має і недоліки, до яких відноситься токсичність продуктів газифікації моделей та утворення специфічних дефектів лиття, що теж пов'язані з продуктами розкладання пінополістиролу.

Полістирол – синтетичний термопластичний матеріал, що отримують полімеризацією стиролу ( $C_2H_5 - CH - CH_2$ ). В залежності від методів виготовлення розрізняють блочний та емульсійний полістироли. Для виготовлення моделей використовують блочний полістирол, що відрізняється великою чистотою та малою зольністю ( $-0,04\%$ ), значно меншою ніж у емульсійного ( $0,48\%$ ).

Пінополістирол отримують шляхом спінювання звичайного полістиролу.

Полістирол для спінювання уявляє собою синтетичний полімерний матеріал у вигляді шароподібних безкольорових або мутно-білих гранул. Кожна гранула складається з безлічі замкнених осередків, що заповнені пороутворювачем (легкокіплячим компонентом, зазвичай ізопентаном). У процесі нагрівання при  $80 - 90\text{ }^\circ\text{C}$  полістирольна основа гранул розмягшується, а ізопентан, що має температуру кипіння близько  $28\text{ }^\circ\text{C}$ , перетворюючись на пар натискає на пластифіковану оболонку осередків, гранули спінюються, значно збільшуючи свій об'єм. Один кубічний метр пінополістиролу важить  $22 - 27\text{ кг}$ . Температура плавлення пінополістиролу  $\approx 164\text{ }^\circ\text{C}$ , а температура випаровування  $\approx 316\text{ }^\circ\text{C}$ .

Технологічний цикл виготовлення виливків за моделями, що газифікуються включає:

- виготовлення пінополістиролової моделі одним з двох методів: спінюванням гранул у прес-формі або механічною обробкою блочного пінополістиролу;
- виготовлення ливникової системи та складання модельного блоку;
- фарбування модельного блоку протипригарною фарбою;
- формування блока у опоку (у сухий пісок або ХТС);
- заливання метала у форму без вилучення моделі;
- вибивання виливків та інші фінішні операції.

Вітчизняними та закордонними фахівцями постійно вдосконалюється вид лиття за моделями, що газифікуються, запропоновано багато нових процесів: ГАМОЛІВ, ГАМОДАР, Policast, Replicast-FM, Replscast-CS (Ceramic shell) та ін.

Основний напрямок вдосконалення пов'язаний з вибором технології формування пінополістиролових моделей. Вибір технології формування залежить від серійності виробництва, габаритних розмірів та маси виливків. При серійному виробництві виливків форми виготовляються із сипких вогнетривких матеріалів, в основному з кварцового піску. Формування може відбуватися у поєднанні з використанням вакууму та заливки під тиском. При спеціальних вимогах за механічними та експлуатаційними властивостями можуть використовувати магнітне формування у чавунному або сталевому дробу. Також можна формувати у холоднотвердіючих, рідких самотвердіючих та ін. сумішах.

Важливою умовою отримання якісного виливка при литті за моделями, які газифікуються, є добра вентиляція форми, що забезпечує вільний вихід газів при термодеструкції моделі в процесі заливки металом. Вентиляційна система повинна забезпечувати не тільки вільний вихід газоподібних продуктів термодеструкції, але і фільтрувати їх від твердих продуктів термодеструкції (сажі), виділення якої при заливці неприпустимо, тому що приводить до значного погіршення екологічного становища у ливарному цеху та за його межами. Випори та надливи виконують тільки закритими.

Для формування можуть використовуватися різні види моделей:

- суцільні або роз'ємні пінополістиролові моделі, що не вилучають із форми;
- комбіновані моделі, які складаються з дерев'яної частини моделі, що буде вилучатися з форми, та пінополістиролових від'ємних частин;
- моделі з дерев'яного каркасу, що облицьований пінополістиролом.

В останніх двох випадках пінополістиролові частини не вилучаються із форми, а внутрішня частина виливка виконується у стрижнях [6].

У даній роботі розглядається технології формування за роз'ємною та нероз'ємною моделями з пінополістиролу.

## 5.2 Завдання підготовки до лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи ретельно ознайомитися з видом лиття за моделями моделей, що газифікуються, використовуючи рекомендовану літературу [1 С. 193-194; 6 С. 243-304], згадати методи, за якими отримують пінополістиролові моделі. Ознайомитися з конструкцією опокової оснастки, інструментом і приладдям. Вивчити порядок формування за пінополістироловими моделями.

### 5.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Які моделі називають такими, що газифікуються?
- 2 З якого матеріалу виготовляються моделі, що газифікуються під дією рідкого металу?
- 3 Які переваги та недоліки лиття за моделями, що газифікуються?
- 4 Яка питома вага полістиролових моделей?
- 5 Які види моделей виготовляють з пінополістиролу?
- 6 Перелічить основні технологічні операції при литті за моделями, що газифікуються.
- 7 Для чого пінополістиролові моделі фарбують? Які фарби використовують?
- 8 Які формувальні суміші використовують для формування моделей з пінополістиролу? Назвіть переваги та недоліки кожної суміші та яка з них найбільш прийнятна?

### 5.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

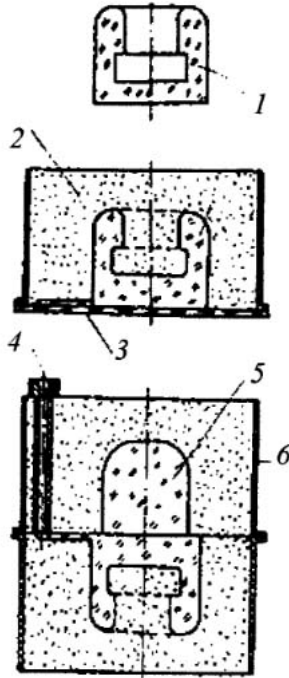
- 5.4.1 Обладнання: насос вакуумний ВН-461М.
- 5.4.2 Приладдя: пінополістиролові моделі, опоки.
- 5.4.3 Інструмент: трамбівка ручна з гумовою п'ятою, сито, гладилка, голка вентиляційна, щітка.
- 5.4.4 Матеріали – облицювальна та наповнювальна суміш, сухий кварцовий пісок.

### 5.5 Порядок виконання лабораторної роботи

Виготовити ливарну форму за роз'ємною та нероз'ємною моделями з пінополістиролу, залити форму. Проаналізувати якість отриманого виливка.

Послідовність формування за роз'ємною моделлю, що газифікується представлена на рис. 5.1.

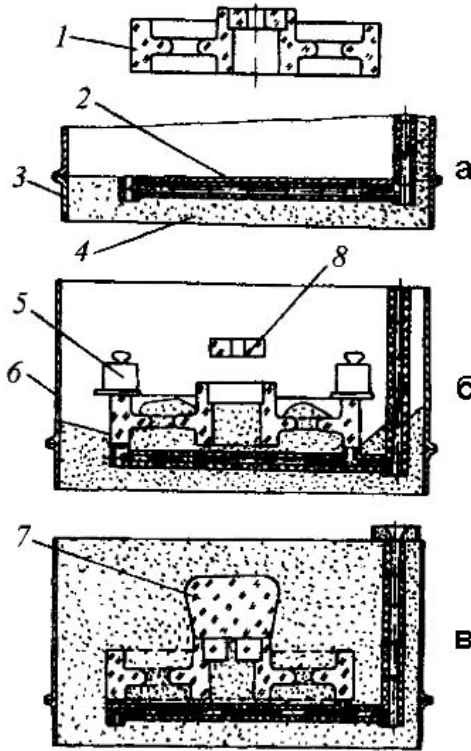
Порядок формування майже не відрізняється від традиційного формування за роз'ємною моделлю у піщано-глиняних формах., крім декількох специфічних операцій: відсутня операція вилучення моделі, для формування використовується трамбівка з гумовою п'ятою.



- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1 – пінополістиролова модель; | 4 – ливникова система; |
| 2 – півформа низу;            | 5 – модель надливу;    |
| 3 – під модельна плита;       | 6 – опока              |

Рисунок 5.1 – Формування за роз'ємною пінополістироловою моделлю у двох опоках [6]

Послідовність операцій при формуванні за нероз'ємною моделлю наведений на рис.5.2.



- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 1 – суцільна модель;   | 5 – вантажі;        |
| 2 – ливникова система; | 6 – опока верху;    |
| 3 – опока низу;        | 7 – модель надливу; |
| 4 – формувальна суміш; | 8 – вставка         |

Рисунок 5.2 – Формування за нероз’ємною суцільною моделлю [7]

Спочатку у опоку низу 3 насипати наповнювальну суміш 4, виконати ливникову систему з керамічних трубок 2, зробити вентиляційні наколи. Решту нижньої опоки засипати облицювальною сумішшю, надлишок якої після ущільнення зрізати лінійкою врівень з опокою (рис.5.2 а).

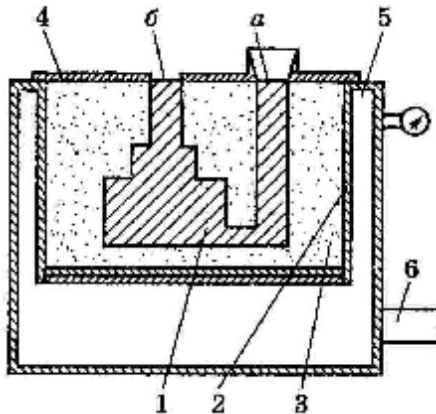
Далі встановити в опоку верху б, пінополістиролову модель 1, стояк з керамічних трубок або його дерев’яну модель. На модель

встановити вантажі 5 та пошарово (70 - 100 мм) ущільнити облицювальною сумішшю (рис.5.2 б).

Після твердіння суміші вантажі 5 зняти, поставити вставку 8, модель надливу 7 та пошарово ущільнювати спочатку облицювальною, а потім наповнювальною сумішшю. зробити вентиляційні канали, які засипати сухим піском. Зверху встановити ливникову воронку (рис.5.2 в).

Для виготовлення тонкостінних виливків з розвинутою поверхнею формування виконують у сухому кварцовому піску з використанням вакууму (рис.5.3). При заливці форми газу, що виділяються у процесі деструкції моделі, видаляються через систему вакуумування. Це попереджує можливість утворення у виливках газових дефектів. Приклад формування піно полістиролової моделі з використанням вакууму наведено на рис.5.3. Порядок формування за цією технологією наступний:

- у формувальний контейнер (опоку) засипати дозу кварцового піску товщиною 80 – 100 мм, яка буде слугувати піщаною «подушкою»;
- на останню встановити модельний блок та засипати сухим піском;
- контейнер вкрити поліетиленовою плівкою та підключити до вакуумної системи.



- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 – пінополістиролова модель;   | 2 – опока (контейнер);    |
| 3 – піщана подушка;   | 4 – поліетиленова плівка; |
| 5 – вакуумна камера;  | 6 – трубопровід;          |
| а, б - литниковий канал та отвір для надливу, що не вкривають плівкою |                           |

Рисунок 5.3 – Ливарна форма з моделлю, що газифікується [1]:

## 5.6 Вказівки з техніки безпеки

Перед виконанням лабораторної роботи уважно вислухати і за своїти інструктаж з техніки безпеки та можливих небезпечностей обладнання. Під час виконання лабораторної роботи строго виконувати тільки роботу, яка була доручена. При ущільненні суміші вручну додержуватися обережності, щоб не припустити ушкодження пальців рук, пошкодження моделей, опок. Після закінчення роботи прибрати робоче місце.

## 5.7 Зміст звіту

Навести технологію виготовлення виливків за моделями, що газифікуються, виконати ескізи обладнання та ливарної форми. Зробити висновки по роботі.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства [Текст] / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, В. Н. Эктова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.
2. Минаев, А.А. Вакуумная формовка [Текст] / А. А. Минаев, Е. Б. Ноткин, В. А. Сазонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
3. Формувальні суміші: Навч. посібник / С.П. Дорошенко. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
4. Формовочные материалы и смеси [Текст] / С.П. Дорошенко, В.П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек. – К.: Вища школа, 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 415 с.
5. Жуковский, С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник [Текст] / С. С. Жуковский. – М. : Машиностроение, 2010. – 256 с.
6. Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении (Формы и стержни). Сборник руководящих материалов по современным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении. М.: ЗАО ИТЦМ «Металлург». – 2002. – 281 с.
7. Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям [Текст] / В. С. Шуляк. – СПб.: НПО «Профессионал», - 2007. – 408 с.