

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Оснащення для спеціальних ливарних технологій»
для студентів спеціальності G10 Металургія
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Оснащення для спеціальних ливарних технологій» для студентів спеціальності G10 Металургія усіх форм навчання /Укл. : В. М. Сажнів, М. В. Матвейшин. – Запоріжжя: НУЗП, 2026. - 87 с.

Укладачі: В. М. Сажнів, доцент, канд. техн. наук.
М. В. Матвейшин, асистент;

Рецензент: В. В. Кудін, доцент, канд. техн. наук.

Відповідальний
за випуск: В. Г. Іванов, доцент, д.т.н.

Затверджено

на засіданні кафедри
«Машини і технологія ливарного
виробництва»

Протокол № 7
від «06» квітня 2026 р

Рекомендовано

до видання НМК
Інженерно-фізичного факультету

Протокол № 6
від «08» квітня 2026 р

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота №1 Конструювання і виготовлення прес-форм для лиття за витоплюваними моделями.....	5
2 Лабораторна робота №2 Технологічні і конструктивні розрахунки при конструюванні прес-форм лиття за витоплюваними моделями.....	12
3 Лабораторна робота №3 Конструювання і виготовлення прес-форм для лиття під тиском.....	22
4 Лабораторна робота №4 Технологічні і конструктивні розрахунки при конструюванні прес-форм лиття під тиском.....	29
5 Лабораторна робота №5 Конструювання і виготовлення кокілів.....	40
6 Лабораторна робота №6 Технологічні і конструктивні розрахунки при конструюванні кокілів.....	48
7 Лабораторна робота №7 Конструювання і виготовлення прес-форм для лиття за газифікованими моделями.....	61
8 Лабораторна робота №8 Технологічні і конструктивні розрахунки при конструюванні прес-форм лиття за газифікованими моделями.....	76
Перелік джерел посилання.....	87

ВСТУП

Тенденція переходу від традиційних способів лиття в піщані форми до спеціальних способів лиття пояснюється тим, що спеціальні способи лиття сприяють різкому зниженню витрат праці і металоємності виливків, досягненню високих значень фізико-механічних характеристик і експлуатаційних властивостей литих деталей.

Отримані спеціальними способами литі деталі успішно конкурують з деталями, виготовленими з деформованих матеріалів, металевих порошків та ін. Литі деталі у зрівнянні з деталями, виготовленими іншими способами, мають ряд переваг, а саме: меншу вартість, можливість отримання складних криволінійних поверхонь, внутрішніх порожнин, виступів, розташованих у різних площинах, при мінімальній механічній обробці, що особливо важливо при виготовленні деталей з матеріалів, що погано обробляються.

Основним недоліком всіх спеціальних видів лиття є висока вартість конструювання та виготовлення головного інструмента, який забезпечує отримання вказаних вище переваг: прес-форм, кокілів, моделей, тому питання проектування оснастки, вибір матеріалів для її виготовлення, стійкість, шляхи її підвищення є основною темою лабораторних робіт. В них розглянуті спеціальні види лиття, які знайшли найбільше застосування в промисловості:

- лиття за витоплюваними моделями;
- лиття під тиском;
- лиття у кокіль;
- лиття за газифікованими моделями.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

КОНСТРУЮВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТТЯ ЗА ВИТОПЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

1.1 Мета роботи

Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- знання конструкцій технологічної оснастки для лиття за витоплюваними моделями;
- засвоєння основ конструювання і виготовлення прес-форм для лиття за витоплюваними моделями.

1.2 Загальні відомості

В промислових умовах, при виготовленні виливків литтям за витоплюваними моделями, прес-форма - основний інструмент для отримання моделі виливка.

Класифікують прес-форми ЛВМ за дев'ятьма ознаками [1]: за точністю, складністю, матеріалом прес-форм, способом виготовлення прес-форм, способом заповнення модельною масою, способом охолодження прес-форм, механізацією, кількістю моделей, що одноразово отримують у прес-формі, положенням площини роз'єму.

Прес-форма повинна забезпечити отримання якісних моделей за мінімально коротким часом. Вона повинна бути простою у виготовленні, зручною у експлуатації та обслуговувати, надійною та довговічною.

Конструкція прес-форми, положення площини її роз'єму, матеріал формоутворюючих елементів, спосіб виготовлення залежать від серійності виробництва і прийнятого для виготовлення моделей обладнання [1].

Конструювання прес-форми починають з вибору матеріалу формоутворюючих деталей прес-форми. Для цього використовують такі матеріали: сталі вуглецеві 35, 45 та інструментальні У7, У8; алюмінієві сплави, АК9ч, АК2, Д16; легкоплавкі кольорові сплави: сплав Вуда, Розе, ЦАМ4-1; латунь; епоксидні пластмаси; еластичні матеріали: формо-пласти; гума; силікон; гіпс [1].

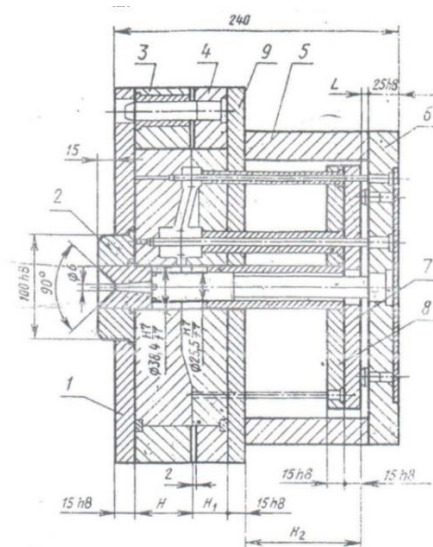
У великосерійному і масовому виробництві, при використанні для виготовлення моделей автоматів 653 та 655, прес-форми

виконуються автоматизованими, з вертикальною площиною роз'єму. Вони складаються з рухомої і нерухомої частин (обойм), де розташовані матриці, в яких виконані формоутворюючі порожнини прес-форми (рис. 1.1).

Такі прес-форми бувають одномісні для виготовлення моделей виливків, моделей ЛЖС, а частіше - багатомісні для виготовлення ланок моделей виливків одночасно з елементами ливниково-живильної системи.

В автоматизованих прес-формах отримують моделі з високою розмірною точністю. Елементи таких прес-форм виготовляють з прокату або поковок сталей 35, 45, У7, У8, У8А [1].

Для моделей простої конфігурації робочі порожнини виконують механічною обробкою безпосередньо в тілі плит (матриць). В інших випадках робочі порожнини виконують теж механічною обробкою у вставках, які монтують в спеціальні гнізда матриць і піджимають опорною та проміжною плитами [1].



- 1 - плита опорна; 2 - втулка центруюча; 3 - плита рухома; 4 - плита нерухома;
5 - стійка; 6 - основа; 7 - плита притискна; 8 - плита виштовхувачів;
9 - плита проміжна

Рисунок 1.1 – Автоматизована прес-форма

В автоматизованих прес-формах внутрішні порожнини і отвори в моделях виконують рухомими і нерухомими металевими стрижнями. Рухомі стрижні встановлюють в нерухомій частині прес-форми, нерухомі - в рухомій.

Вилучення моделі з прес-форми виконується виштовхувачами, встановленими на плиті виштовхувачів, яка приводиться в дію підставкою автомата. В таких прес-формах виконуються також системи вентиляції і охолодження.

У середньосерійному виробництві, при використанні для виготовлення моделей шприц-машин або гідравлічних пресів, застосовують багатогніздові ручні прес-форми, виготовлені механічною обробкою. Формоутворюючі елементи в них виготовляють із сталі і алюмінієвих сплавів: литих АК2, або деформованого Д16 [1].

Як правило, багатогніздові прес-форми мають горизонтальну поверхню роз'єму для зручності вилучення моделей, тому що збирання, розбирання і знімання моделей виконують вручну [1].

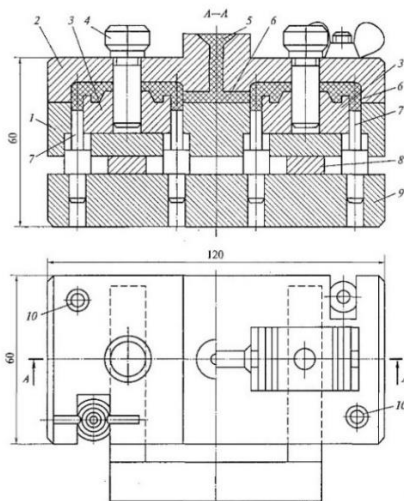
Прес-форма (рис. 1.2) для двох моделей складається з нижньої і верхньої знімної матриць. Циліндричний отвір в моделі виконується рухомим стрижнем. Точність з'єднання матриць забезпечується напрямними штирями. Скріплюються матриці відкидними болтами з барашками.

У дрібносерійному виробництві застосовують ручні прес-форми, виготовлені механічною обробкою. В таких прес-формах отримують моделі з достатньо високою точністю. Формоутворюючі елементи в них виготовляють з алюмінієвих сплавів: литих АК2, або деформованого Д16 [1].

Напівформи скріплюють скобами або накидними болтами з «барашками». Внутрішні порожнини в моделях виконують рухомими металевими стрижнями, а також водорозчинними, керамічними, графітовими (для виливків з титану) [1]. В такій прес-формі передбачають знакові частини.

Центруються напівформи направляючими штирями і втулками.

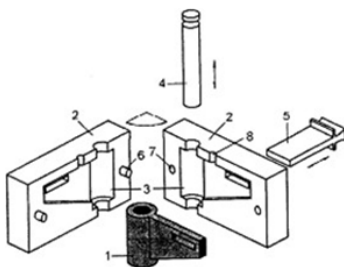
Напівформи можуть бути комбінованими, коли застосовують вкладиші з пластмаси, латуні, бронзи, сплаву Вуда або алюмінієвого сплаву [1].



1 – нижня матриця; 2 – верхня знімна матриця; 3 – вставка;
 4 – рухомий стрижень; 5 – ливниковий канал; 6 – живильники;
 7 – виштовхувачі; 8 – фіксатор; 9 – плита основи; 10 – штирі напрямні

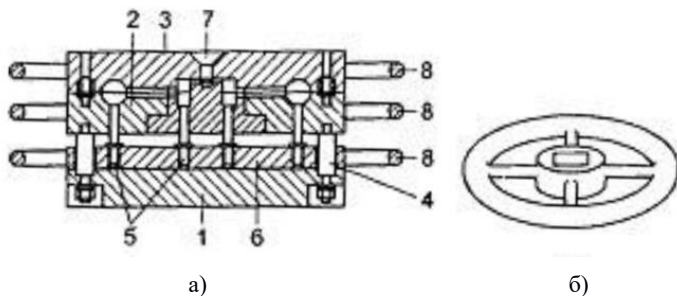
Рисунок 1.2 – Багатогніздова прес-форма для середньосерійного виробництва

Ручні прес-форми можуть бути як з вертикальною (рис. 1.3), так і з горизонтальною площиною роз'єму (рис. 1.4) [1]. Прес-форми з горизонтальним роз'ємом можуть бути оснащені виштовхувачами.



1 – модель виливка; 2 – напівформи; 3 – робочі порожнини;
 4 – стрижень круглого перетину; 5 – стрижень прямокутного перетину;
 6 – направляючі штирі; 7 – направляючі втулки; 8 – ливниковий отвір

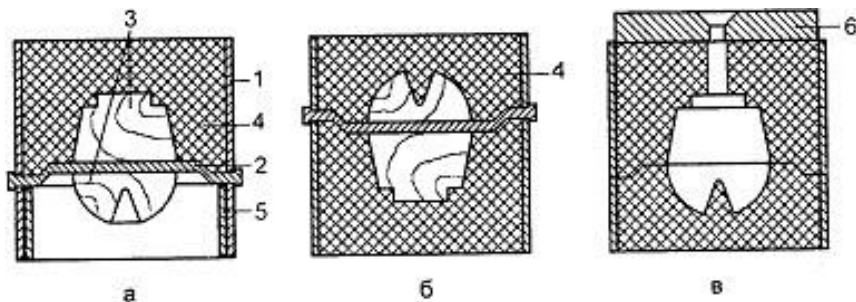
Рисунок 1.3 – Ручна прес-форма



1 – опорна плита; 2 – нижня напівформа; 3 – верхня напівформа;
4 – опорна стійка; 5 – виштовхувачі; 6 – рухома плита; 7 – ливниковий отвір;
8 – рукоятки

Рисунок 1.4 – Ручна прес-форма з виштовхувачами (а), модель виливка (б)

Спосіб виготовлення литих прес-форм, незалежно від матеріалу, який використовується, приблизно однаковий (рис 1.5): закріплюють майстер-модель (еталон моделі) на пластині, встановлюють обичайки, заливають будь-яким із вказаних матеріалів напівформу (а), перевертають і заливають другу напівформу (б), вилучають майстер-модель (в) [1].



1 – обичайка; 2 – сталевая пластина; 3 – еталон; 4 – гіпс; 5 – опора;
6 – металевая пластина

Рисунок 1.5 – Схема етапів виготовлення гіпсової прес-форми

Різниця тільки в положенні поверхні роз'єму: у прес-формах з легкоплавких сплавів роз'єм вертикальний, у всіх інших -

горизонтальний; та у матеріалі еталону, наприклад, у гіпсових прес-форм він може бути навіть з пластиліну або глини, тоді як в інших - тільки металевий.

Літі прес-форми можуть бути також комбінованими. Спосіб виготовлення комбінованих прес-форм близький до розглянутого вище, тільки формують поверхні та площини роз'єму виконуються гальванопластикою, металізацією або напиленням [1].

1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи студент повинен повторити наступний теоретичний матеріал, необхідний для розуміння сутності лабораторної роботи:

- особливості конструкцій автоматизованих і ручних прес-форм для ЛВМ;
- матеріали які використовуються для виготовлення формують і конструктивних елементів прес-форм;
- способи виготовлення прес-форм.

1.4 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

Перед початком виконання роботи студент повинен знати:

- фактори, які впливають на вибір матеріалу для прес-форм;
- фактори, які впливають на вибір способу виготовлення прес-форм ЛВМ;
- елементи центрування напівформ;
- механізми виштовхування моделей;
- поняття про модельну ланку;
- методи охолодження прес-форм;
- конструкції вентиляційних систем.

1.5 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- прес-форми ручні металеві, пластмасова, комбінована;
- прес-форма автоматизована на вилівок «Фланець»;

- креслення вилівка «Фланець».

1.6 Порядок проведення лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- ознайомитись з конструкціями ручних прес-форм металевих, комбінованої, пластмасової;
- ознайомитись з автоматизованою прес-формою на вилівок «Фланець» в зборі, визначити рухому і нерухому половини прес-форми;
- розібрати автоматизовану прес-форму, ознайомитись з конструкціями деталей, з яких складаються половини прес-форми, і їх призначенням;
- роздрукувати креслення вилівка «Фланець», нанести на кресленні елементи ливарної форми згідно з прес-формою;
- виконати ескіз ланки моделей вилівка «Фланець» згідно з прес-формою;
- виконати ескіз прес-форми на вилівок «Фланець» з визначенням всіх її елементів;
- оформити специфікацію визначених елементів з призначенням матеріалів для їх виготовлення.

1.7 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- короткий опис конструкцій прес-форм для ЛВМ та способів їх виготовлення;
- ескіз вилівка «Фланець» з елементами ливарної форми;
- ескіз ланки моделей вилівка «Фланець»;
- ескіз прес-форми на вилівок «Фланець»;
- специфікацію деталей прес-форми на вилівок «Фланець» з визначенням матеріалів для їх виготовлення.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ПРЕС-ФОРМ ЛИТТЯ ЗА ВИТОПЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

2.1 Мета роботи

Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- вміння проводити розрахунки ливниково-живильної системи І типу та елементів блока моделей;
- засвоєння основ розрахунків розмірів робочої порожнини прес-форм ЛВМ.

2.2 Загальні відомості

Застосування автоматизованих прес-форм у великосерійному і масовому виробництві для виготовлення модельних ланок ЛВМ на карусельних автоматах забезпечує можливість виготовлення з будь-яких ливарних сплавів фасонних виливків, у тому числі складних по конфігурації і тонкостінних, з шорсткістю поверхні від $R_z = 20$ мкм до $R_z = 1,25$ мкм і підвищеною точністю до 3-5 класів точності по ДСТУ 8981:2020 [1]. Це дозволяє отримувати виливки, максимально наближені по формі і розмірам до готової деталі, а у ряді випадків, і таких, що не потребують обробки різанням.

В результаті значно знижується трудомісткість і вартість виготовлення виробів, зменшуються витрати матеріалів і інструмента, потреба у виробничих площах, верстатному обладнанні і пристосуваннях, зменшується енергоємність виробництва, а також потреба у робітниках-верстатниках високої кваліфікації. Також це дозволяє проектувати складні тонкостінні деталі з товщиною стінки 1 мм і менше, об'єднувати окремі деталі в компактні цільнолиті вузли, зменшувати масу і габаритні розміри виробів.

Формоутворюючі деталі автоматизованих прес-форм сталеві. Прості деталі виготовляють обробкою різанням, складні - литтям з наступним доведенням різанням, шліфуванням [1]. Переміщення стрижнів, матриць і запирання прес-форм здійснюється рейковими,

гвинтовими, пневматичними механізмами [1]. Прес-форми, як правило, виконують з вертикальним роз'ємом.

В матрицях монтують змінні вкладиші з формуютьорюючими порожнинами, що збільшує тривалість експлуатації прес-форми. Для скорочення циклу виготовлення моделі в стінках прес-форми виконують канали водяного охолодження [1]. Порожнини складної конфігурації, глухі кишені прес-форми вентилюють за допомогою вузьких каналів по роз'єму або по стрижнях.

Таким чином, автоматизована прес-форма є достатньо складним механізмом, і найбільш відповідальним інструментом для виготовлення моделей, головна вимога до якого полягає у тому, щоб в ній можна було отримати моделі виливків із заданими точністю розмірів і шорсткістю поверхні. Точність розмірів моделі і якість відтворення її конфігурації залежать від точності розмірів порожнини прес-форми, якісного заповнення її модельною масою, що крім оптимально розробленої конструкції прес-форми забезпечується і правильно виконаними технологічними і конструктивними розрахунками параметрів, починаючи ще з видачі технологом технічного завдання на проектування і при виконанні конструкторських робіт [1]. Це розрахунки розмірів елементів ЛЖС, елементів блока моделей, розмірів робочої порожнини, та ін.

Розрахунки розмірів елементів ЛЖС. Ливниково-живильна система при литті за витоплюваними моделями призначена для заповнення форми розплавом, живлення виливка, що твердіє, а також часто є конструкцією, на якій монтуються моделі. Розрізняють три типи ливниково-живильних систем [1]: I тип - з центральним стояком, II тип - з місцевими надливами і III тип - з верхнім надливом. Ливниково-живильна система в блоках, зібраних з ланок, виготовлених в автоматизованій прес-формі, відноситься до ЛЖС I типу, в яких стояк є центральним елементом при збиранні моделей і надливом для живлення виливків [1].

Розрахунок елементів ливниково-живильних систем всіх типів заснований на принципі послідовного затвердіння. Для ЛЖС I типу з масою виливків до 3,5 кг цей принцип реалізується методом розрахунків по модулю охолодження. Для II-го і III-го типів ЛЖС використовується метод вписаних сфер [2].

Метод по модулю охолодження для I типу ЛЖС заснований на виборі оптимальних співвідношень приведених товщин (відношення

площі перетину до його перетину) масивного вузла виливка, який треба підживлювати, і живлячих елементів ЛЖС, при яких забезпечується отримання вільних від усадкових раковин та пор виливків внаслідок направленості твердіння від виливка до живлячого її стояка [2]. Для отримання щільного металу у виливку необхідно визначити розміри живильника і стояка, щоб забезпечувалося співвідношення [2]:

$$R_{ст} > R_{ж} > R_0,$$

де $R_{ст}$, $R_{ж}$ і R_0 , - відповідно, приведені товщини (модулі охолодження) стояка, живильника і масивного вузла виливка, мм.

Послідовність розрахунку: визначають приведену товщину R_0 масивного вузла виливка, який треба підживлювати, потім за вимогами технології (можливості відокремлення виливка від ЛЖС) обирають довжину живильника $l_{ж}$ ($l_{ж} = 4-10$ мм), по параметрам R_0 і $l_{ж}$ по таблиці з практичними рекомендаціями (табл. 2.1) визначають діаметр стояка $D_{ст}$ і приведену товщину перетину живильника $R_{ж}$.

Потім обирають найбільш раціональну форму перетину живильника (коло або прямокутник) і по таблиці з практичними рекомендаціями (табл. 2.2) обирають розміри перетину живильника, які можуть бути вписані в місце підводу живильника.

Приклад. Розрахувати розміри елементів ливниково-живильної системи для виливка «Петля» (рис. 2.1), матеріал – сталь 35Л, маса виливка 185 г.

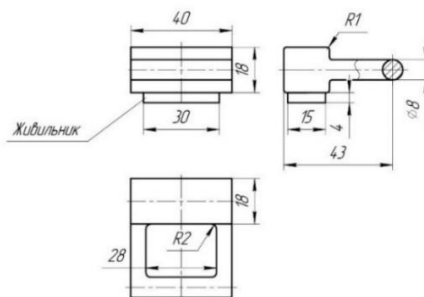


Рисунок 2.1 - Ескіз виливка «Петля»

Таблиця 2.1 - Діаметри стояків та модулі охолодження перетину живильників [1]

Маса вилівка, кг	Модулі охолодження термічного вузла вилівка, мм														
	1,8			2,5			3,0			3,5			3,9		
	D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм	
		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10
До 0,05	-	-	-	25	2,50	3,25	25	3,00	3,50	28	3,00	3,75	32	3,75	4,75
0,05-0,10	-	-	-		3,00	3,75	28	3,00	3,50		3,50	4,50		3,75	4,75
0,10-0,20	25	2,75	3,50	28	3,00	3,75	32	3,25	4,25	36	3,50	4,50	36	3,75	4,75
0,20-0,30		3,00	3,75		3,25	4,00		3,75	4,75		3,75	4,75		4,50	5,50
0,30-0,50	-	-	-	32	3,75	4,50	36	3,75	4,50	40	5,00	6,00	40	5,50	6,50
0,50-0,75	-	-	-		4,75	5,75		4,75	5,50		5,00	6,00		6,00	7,00
0,75-1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,75	6,50	-	6,00	7,00
1,00-1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,50-2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00-2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,50-3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00-3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Маса вилівка, кг	Модулі охолодження термічного вузла вилівка, мм														
	4,2			4,6			5,1			5,8			6,7		
	D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм		D _{ст} , мм	Рж, мм	
		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10		4-6	8-10
До 0,05															
0,05-0,10	32	4,00	5,00	36	3,50	4,50									
0,10-0,20	36	4,00	5,00		3,75	4,75		4,00	5,25		4,50	5,50			
0,20-0,30	40	4,00	5,00	40	4,25	5,25	40	4,50	5,75	40	4,50	5,50			
0,30-0,50		4,50	5,50		4,75	6,00		5,00	6,50		5,00	6,25			
0,50-0,75	40	6,00	7,00	45	7,00	7,25	45	6,00	7,00	45	6,75	7,75	50	6,75	7,75
0,75-1,00		6,25	7,25		6,00	7,00		6,75	7,50		7,25	8,25		7,25	8,25
1,00-1,50	45	6,25	7,25	45	6,75	7,75	50	7,00	8,00	50	7,25	8,25	56	7,25	8,25
1,50-2,00		-	-		-	7,25		8,25	7,25		-	7,75		9,00	7,75
2,00-2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	7,50	8,75	56	7,50	8,75
2,50-3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,75	9,00
3,00-3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	9,50

Таблиця 2.2 - Значення перетинів живильників [1]

Модулі охолодження живильників, мм	Розміри прямокутних перетинів живильників, мм					
2,0	8×8	6,6×10	6×12	5,3×16	5×20	4,8×24
2,5	10×10	8,3×12,5	7,5×15	6,6×20	6,2×25	6×30
3,0	12×12	10×15	9×18	8×24	7,5×30	7,2×36
3,5	14×14	11,6×17,5	10,5×21	9,3×28	8,7×35	8,4×42
4,0	16×16	13,3×20	12×24	10,6×32	10×40	9,6×48
4,5	18×18	15×22,5	13,5×27	12×36	11,2×45	10,8×54
5,0	20×20	16,6×25	15×30	13,3×40	12,5×50	12×60
5,5	22×22	18,3×27,5	16,5×33	14,6×44	13,7×50	13,2×66
6,0	24×24	20×30	18×36	16×48	15×60	14,4×72
6,5	26×26	21,6×32,5	19,5×39	17,3×52	16,2×65	15,6×78
7,0	28×28	23,3×35	21×42	18,6×56	17,5×70	16,8×84
7,5	30×30	25×37,5	22,5×45	20×60	18,7×75	18×90
8,0	32×32	26,6×40	24×48	21,3×64	20×80	19,2×96
8,5	34×34	28,3×42,5	25,5×51	22,6×68	21,2×85	20,4×102
9,0	36×36	30×45	27×54	24×72	22,5×90	21,6×108
9,5	38×38	31,6×47,5	28,5×57	25,3×76	23,7×95	22,8×114
10,0	40×40	33,3×50	30×60	26,6×80	25×100	24×120

Розраховуємо приведену товщину (модуль) теплового вузла R_0 . Тепловий вузол являє собою брус із сторонами 18 x 18 мм, довжиною 40 мм. Живильник підведений до довгої сторони бруса. Розміри перетину, перпендикулярного напрямку підводу метала: $a = 18$ мм, $b = 40$ мм. Площа перетину $a \cdot b$, периметр перетину $2(a + b)$, тоді:

$$R_0 = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} = \frac{18 \cdot 40}{2(18+40)} = 6,2 \text{ мм}$$

По таблиці 2.1 визначаємо діаметр стояка $D_{ст} = 40$ мм і приведену товщину перетину живильника $R_{ж} = 5,5$ мм.

По таблиці 2.2 обираємо розміри перетину живильника, які можуть бути вписані в місце підводу: 16,5 x 33 мм.

Розрахунки елементів блока моделей. Ланки моделей виливків, що виготовлені в автоматизованих прес-формах на карусельних автоматах, збираються в блоки механічним скріпленням на стояках-каркасах (рис. 2.2), на яких блоки моделей потім подаються на автоматичну лінію виготовлення керамічних оболонок [2].

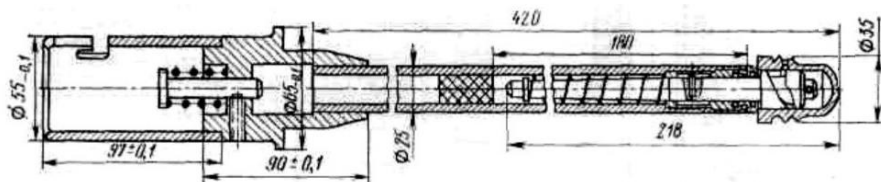


Рисунок 2.2 – Стояк-каркас для ланкового складання моделей в блок

При конструюванні блока з ланок необхідно враховувати, що разом з вимогами до його компактності, повинні бути враховані і такі технологічні вимоги, як зручність збирання моделей у блок, нанесення шарів суспензії і обсыпки, заповнення керамічної оболонки рідким металом, відокремлення виливків від ливників тощо [2]. Так, відстані a і b між окремими виливками в кожному ярусі і між ярусами (рис. 2.3) повинні бути такими, щоб при формуванні керамічної оболонки забезпечувалася можливість нанесення рівномірних по товщині шарів суспензії, обсыпки і сушіння шарів кожного з них.

Відстань h від рівня металу в ливниковій чаші до верхньої частини виливків першого ярусу, яка характеризує статичний натиск розплаву в момент закінчення заповнення оболонки, що забезпечує заповнення верхньої частини порожнини форми, повинна бути не менше 60-70 мм для простих виливків з товщиною стінки 2-3 мм і більше, а для тонкостінних виливків – 110-120 мм [2].

Крім того, необхідно виключити теплову дію сусідніх виливків, а також зручність їх відокремлення від ЛЖС без ушкоджень [2]. Зазвичай, при виготовленні дрібних виливків у чотирьох-п'ятишарових оболонках мінімальна відстань $a = 8-10$ мм; $b = 10-15$ мм. Також треба передбачати зумпф в нижній частині стояка з відстанню від півсферичного його закінчення до найближчої втулки $h_1 = 30-40$ мм (рис. 2.3) [2].

Дотримання рекомендацій по цим показникам забезпечується правильним визначенням розмірів елементів ланки моделей при її конструюванні. Розмір a регулюється кількістю моделей у ланці, розмір b - висотою втулки L , яка оформлює стояк у ланці (рис. 2.4) [2]. Висота стояка в ланці моделей дорівнює сумі максимального розміру моделі вилівка вздовж осі стояка c і розміру b , тому при конструюванні блока обирають розміри h , h_1 , b такими, щоб кількість

ланок у блоці з урахуванням довжини робочої частини стояка (420 мм) була цілим числом.

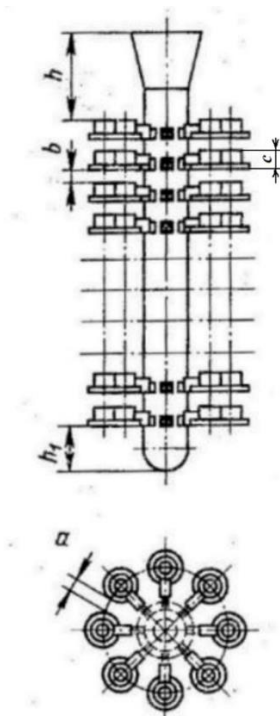


Рисунок 2.3 – Конструктивні розміри блока моделей

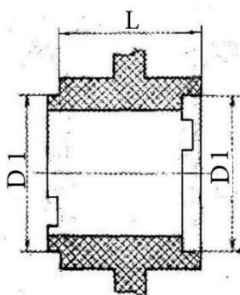


Рисунок 2.4 – Втулка ланки моделей

Розрахунки розмірів робочої порожнини прес-форми.

Проводять з урахуванням значень усадок модельної маси, метала виливка, керамічної оболонки при прожарюванні, а також значень збільшення розмірів форми при нагріванні під заливання, при нагріванні розплавом, розширенні керамічної оболонки при сушінні [2]. У зв'язку із складністю проведення точних розрахунків розмірів формоутворюючих порожнин, на практиці користуються спрощеною формою для цих розрахунків:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{ном}} + \frac{L_{\text{ном}} \cdot \sum \alpha}{100} \pm \delta \pm \delta', \text{ мм} \quad (2.1)$$

де $L_{\text{пр}}$ – розмір порожнини прес-форми, мм;

$L_{\text{ном}}$ – розмір виливка з креслення, мм;

$\sum \alpha$ – сумарна усадка, % ;

δ – допуск на розмір виливка, мм («+» – для внутрішніх поверхонь, «-» – для зовнішніх);

δ' – допуск на розмір прес-форми, мм («+» – для внутрішніх поверхонь, «-» – для зовнішніх).

Сумарна усадка $\sum \alpha$ зазвичай береться із практичних даних. Вона враховує тільки три із вказаних вище усадок і розширень [2]: лінійну усадку модельної суміші, лінійне розширення керамічної оболонки, лінійну усадку сплаву виливка. Всі інші значно менше впливають на розмірну точність виливка і, при необхідності, будуть компенсовані при доведенні прес-форми. Значення сумарної усадки $\sum \alpha$ з практичних даних для різних матеріалів виливків [2]:

- сталь вуглецева – 1,25...1,6 %;
- сталь легована – 1,0...2,0 %;
- чавун сірий – 0,5...0,65 %;
- чавун ковкий – 0,95...1,1 %;
- сплави алюмінієві – 1,1...1,3 %;
- латунь – 0,95...1,25 %;
- бронза олов'яна – 0,75...1,0 %;
- бронза алюмінієва – 1,45...1,55 %.

Значення допусків на розміри виливка δ при застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів наведено у таблиці 2.3.

Допуски на розміри прес-форм δ' приймаються 0,2 від допусків на розмір виливка δ [2].

Відстань між осями виливка розраховується по формулі [2]:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{ном}} + \frac{L_{\text{ном}} \cdot \sum \alpha}{100} \pm \delta_1, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де δ_1 – допуск на зазори між рухомими частинами і стрижнями прес-форми (приймається 0,15 від допуску на розмір виливка).

Ливникові канали для модельної маси в прес-формах повинні бути короткими, компактною форми, з мінімальною кількістю поворотів. Площа перетину ливника для модельної маси з повітрям невелика [2]: діаметр кола, вписаного в перетин ливника у два і більше разів менше діаметра кола, вписаного у термічний вузол, до якого підведений ливник. Для модельної маси без повітря діаметр кола, вписаного у ливник, дорівнює діаметру кола, вписаного у тепловий вузол, або до 30 % менше [2].

Таблиця 2.3 – Допуски на розміри виливків при литті за витоплюваними моделями

Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Кольорові легкі термообробляемі сплави	Нетермообробляемі чорні та кольорові тугоплавкі сплави	Термообробляемі чавунні і кольорові тугоплавкі сплави	Термообробляемі сталі
	Допуски на розміри, мм			
< 100	0,36 – 1,4	0,44 – 1,8	0,56 – 2,2	0,7 – 2,8
100 – 250	0,56 – 2,2	0,7 – 2,8	0,9 – 3,6	1,1 – 4,4

2.3 Документація, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- прес-форма автоматизована на виливок «Фланець»;
- креслення виливка «Фланець».

2.4 Порядок виконання лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- розібрати прес-форму автоматизовану на виливок «Фланець»;
- ознайомитися з елементами робочої порожнини і ливниково-живильної системи прес-форми;
- роздрукувати креслення виливка «Фланець», визначити тепловий вузол виливка, нанести розміри перетину теплового вузла, перпендикулярного напрямку підводу розплаву;
- розрахувати ливниково-живильну систему по модулю охолодження;
- виконати розрахунки висоти втулки ланки моделей L з урахуванням рекомендованих розмірів елементів блоку (відстань між ярусами моделей, висота від верху чаші до верхнього ярусу моделей, відстань від кінчика зумпфа до нижнього ярусу моделей) із забезпеченням цілого числа ланок у блоці;
- виконати ескіз блоку моделей з нанесеними розмірами згідно розрахунків елементів блоку;
- виконати розрахунки всіх розмірів робочої порожнини прес-форми (крім припуску на механічну обробку), заповнити таблицю розмірів 2.4.

Таблиця 2.4 – Розміри елементів робочої порожнини прес-форми

Розмір виливка з креслення $L_{ном}$, мм	Розмір порожнини прес-форми $L_{пр}$, мм
...	...

2.5 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- опис загальних відомостей по темі лабораторної роботи;
- результати розрахунків ливниково-живильної системи, елементів блока моделей, розмірів робочої порожнин прес-форм ЛВМ;
- ескіз виливка «Фланець» з тепловим вузлом;
- ескіз блока моделей виливка «Фланець» згідно розрахунків елементів блока моделей;
- таблицю розмірів елементів робочої порожнини прес-форми.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

КОНСТРУЮВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

3.1 Мета роботи

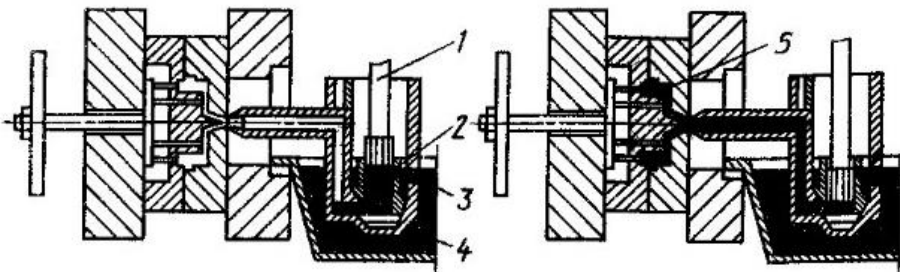
Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- знання конструкцій прес-форм для лиття під тиском;
- засвоєння основ конструювання і виготовлення технологічної оснастки для лиття під тиском.

3.2 Загальні відомості

Литтям під тиском виготовляють складні по конфігурації виливки великої точності, з високою чистотою поверхні. Виготовлення виливків проводять на машинах лиття під тиском, які по принципу роботи камери пресування поділяють на машини з гарячою камерою пресування і машини з холодною камерою пресування [1].

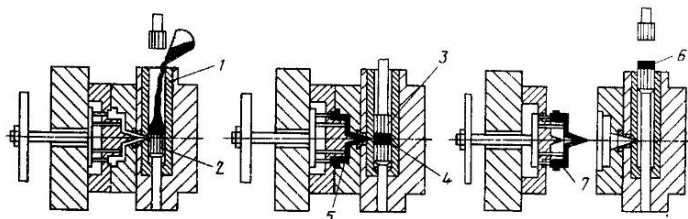
На машинах з гарячою камерою пресування (рис. 3.1) виготовляють виливки із сплавів, що не реагують з матеріалом деталей пресового механізму і металопроводу [1]. Це сплави з температурою плавлення до 500 °С (свинець, олово), тобто сплави, з яких виливки для конструкційних деталей застосовуються рідко.



- 1 – поршень; 2 – камера пресування; 3 – заливний отвір; 4 – тигель;
5 – прес-форма

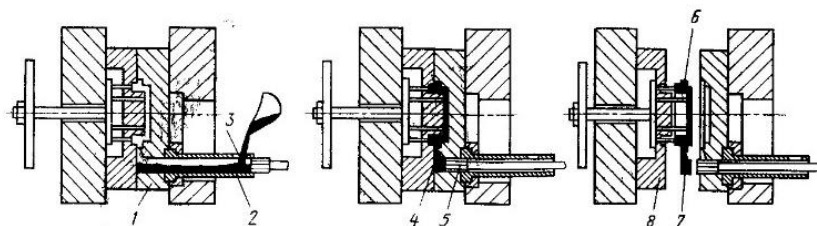
Рисунок 3.1 – Схема лиття під тиском на машинах з гарячою камерою пресування

Більшість машинобудівних виливків виготовляються на холоднокамерних машинах, які в свою чергу поділяються на машини з вертикальною (рис. 3.2) і горизонтальною (рис. 3.3) камерами пресування [1].



1 – камера пресування; 2 – п'ятка; 3 – поршень пресування;
4 – ливникова втулка; 5 – прес-форма; 6 - пресзалишок

Рисунок 3.2 – Схема лиття під тиском на машинах з холодною вертикальною камерою пресування



1 – нерухома половина прес-форми; 2 – камера пресування; 3 – вікно;
4 – порожнина прес-форми; 5 – поршень пресування; 6 – виливок;
7 – пресзалишок

Рисунок 3.3 – Схема лиття під тиском на машинах з холодною горизонтальною камерою пресування

Найбільше використання в промисловості знайшли машини з горизонтальною холодною камерою пресування. Ливарні машини цієї підгрупи найбільш зручні в експлуатації і обслуговуванні.

Основним інструментом цього виду лиття, від якого в найбільшій мірі залежить якість виливків, є прес-форма.

Прес-форми для лиття під тиском дуже різноманітні, тому для полегшення конструювання і виготовлення їх класифікують за рядом

ознак [1]: за ступенем уніфікації, за лінією роз'єму, за габаритами і масою, за рівнем регулювання температури, за ступенем автоматизації, за кількістю виливків у прес-формі та ін. Можна класифікувати прес-форма ще за кількома ознаками, але вказаних вище ознак достатньо для визначення основних характерних прес-форми, необхідних для конструювання як прес-форми в цілому, так і комплектуючих її деталей.

Деталі прес-форм по їх призначенню поділяються на три групи [1]:

- деталі, що утворюють робочу порожнину прес-форми (вкладиші матриць і пуансонів, вставки, стрижні, виштовхувачі);
- деталі металопроводу (стакани, втулки, наконечники пресуючого плунжера, п'ятки, розсікачі);
- деталі конструктивного призначення (плити або обойми матриць і пуансонів, плити виштовхувачів, колонки, втулки, упори та ін).

Деталі першої групи визначають стійкість прес-форм, а також якість виливків, інші – працездатність прес-форм [1].

Для виготовлення прес-форм застосовується дуже багато матеріалів. Це і високолеговані хромомолібденванадієві та хромовольфрамванадієві сталі, високовуглецеві інструментальні, економнолеговані та вуглецеві конструкційні сталі [1]. Найбільш застосовувані матеріали наведені у таблиці 3.1.

Крім вказаних вище основних деталей, прес-форми для складних виливків мають ще цілий ряд деталей, які входять у склад механізмів для автоматизації роботи прес-форм. Від надійної їх роботи залежить працездатність прес-форм, продуктивність роботи, вартість виливків. Це такі механізми [1]:

- приводів стрижнів;
- приводів виштовхувачів;
- підігріву і охолодження прес-форм;
- змащування і очищення прес-форм;

При конструюванні прес-форм слід приділяти особливу увагу цим механізмам.

Також, слід не забувати про уніфікацію і нормалізацію складових частин механізмів прес-форм. Це значно скорочує час конструювання і виготовлення прес-форм, знижує вартість виливків.

Суть нормалізації прес-форм зводиться до обмеження конструкцій їх вузлів і механізмів [1]. Нормалізуються виштовхувачі, стрижні, плити, направляючі колонки і втулки, вкладиші, приводи виштовхувачів і стрижнів та ін.

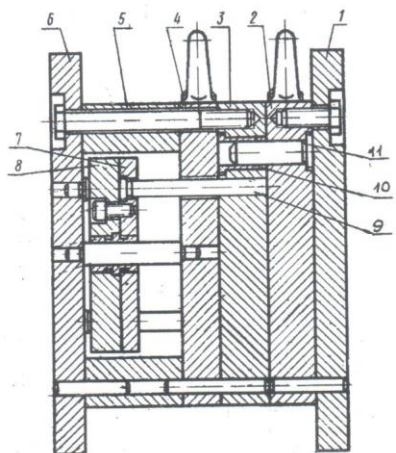
Таблиця 3.1 - Матеріали прес-форм [1]

Деталі прес-форми	Марки сталей
Вкладиші, вставки	3X2 В8Ф, 4ХВ2С, 4Х8В2, 4Х5В2ФС, 4Х5В4ФСМ, 3Х5МФС, 38Х5МВСФ, 3Х3М3Ф, 5ХНМ
Стрижні	У8А, У10А, 4Х2В8Ф, 5ХНМ, 4ХВС, 3Х2В8Ф, Х12М
Виштовхувачі	У10А, У12А, 3Х2В8Ф, 4Х5МФС
Стакани, втулки, наконечники, розсікачі	3Х2Ф8Ф
Плити обойм матриць, пуансонів, виштовхувачів, підкладні	40, 45, 50 Ст3, Ст5, Ст6
Колонки, втулки	У7, У8

Для однотипних виливків розробляють постійний комплект деталей і вузлів, для конкретного виливка конструюють тільки вкладиші [1]. Деталі комплектів однакові по своїй конструкції, тому їх виготовляють заздалегідь, застосовуючи типові технологічні процеси і групову оснастку.

Ще більшу ефективність можна отримати при використанні найбільш вдосконаленої уніфікації - блоків універсальних (рис. 3.4).

Блок складається з комплекту деталей і вузлів, в обоймах якого є гнізда під змінні вкладиші [1]. Блок постійно закріплений на машині. Міняють тільки вкладиші на виливки даної групи. Трудомісткість проектування прес-форм знижується на 30 %, а трудомісткість їх виготовлення – на 25 %. До речі, процес виготовлення прес-форм для лиття під тиском є дуже трудомістким. Вартість їх виготовлення інколи сягає кількох мільйонів гривень. Найбільш великі прес-форми (США) мають масу 3,0-4,5 т. Такі прес-форми виготовляють більше року.



1 – плита кріплення нерухома; 2 – плита нерухома; 3 – плита рухома; 4 – лита підкладна; 5 – стійка; 6 – плита кріплення рухома; 7 – плита виштовхувачів; 8 – плита зйому; 9 – колонка; 10 – втулка; 11 – колонка.

Рисунок 3.4 – Блок універсальний прес-форм лиття під тиском

Найбільш розповсюджений спосіб виготовлення деталей прес-форм – механічною обробкою [1]. Це стосується в першу чергу найбільш важливих деталей прес-форм, – вкладишів, – які мають найчастіше дуже складну конфігурацію робочих порожнин. Цей спосіб дозволяє отримати високу розмірну точність виливка, але він дуже трудомісткий. Крім того, стійкість вкладишів, отриманих механічною обробкою, нижче, ніж отриманих іншими способами.

В теперішній час для підвищення стійкості механічно оброблених вкладишів використовують або традиційні сталі після інтенсивного кування, або сучасні високолеговані сталі. Але вони погано піддаються механічній обробці. Тому, для підвищення точності, зниження трудомісткості використовують верстати ЧПУ з сучасним абразивним інструментом [1].

Достатньо високі значення стійкості показують вкладиші, робочі порожнини яких отримують методом холодного видавлювання. Однак, цей спосіб отримання вкладишів із сталі 3Х2В8Ф вимагає великої потужності пресів, навіть при виготовленні вкладишів для дрібних виливків [1].

Наступний спосіб виготовлення вкладишів – литтям. Використовують лиття за витоплюваними моделями, в оболонкові форми, Шоу - процес. Стійкість литих вкладишів близька до стійкості кованих і оброблених механічно, а за рахунок економії високолегованої сталі і зниження механічної обробки вартість литих вкладишів на 20-40 % нижча, ніж кованих. Недолік – нижча точність.

Достатньо високі результати по стійкості мають вкладиші, виготовлені з твердих сплавів ВК8, ВК15, ВК30 з обробкою робочої порожнини електроіскровим, а потім електроерозійним способами [1].

В останні роки для виготовлення вкладишів починають використовувати адитивні технології – технології «вирощування» вкладишів без будь-яких моделей, штампів, металорізальних інструментів та ін, а завдяки комп'ютерним технологіям.

Для підвищення стійкості прес-форм, особливо механічно оброблених, при конструюванні необхідно передбачити захист робочих поверхонь від руйнування під дією високих температур, деформацій, хімічної взаємодії з рідким металом.

Для захисту робочих поверхонь застосовують захисні покриття [1]:

- хіміко-термічна обробка;
- електро-хімічні і хімічні покриття;
- металізація;
- електролітичні покриття.

3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи студент повинен повторити теоретичні матеріали:

- особливості конструкцій холоднокамерних прес-форм з вертикальною і горизонтальною камерами пресування;
- деталі прес-форм для ЛПТ: формоутворюючі, металопроводу, конструктивні;
- матеріали для виготовлення деталей прес-форм;
- механізми прес-форм: виштовхування виливків, приводу стрижнів, підігріву і охолодження, очищення, змащування прес-форм;
- конструкції вентиляційних систем;
- елементи центрування напівформ.

3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- креслення вилівка «Кришка центрифуги»;
- прес-форма на вилівок «Кришка центрифуги»;
- документація на універсальні прес-форми для лиття під тиском.

3.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- ознайомитись із конструкцією прес-форми на вилівок «Кришка центрифуги» в зборі, визначити для якого типу машин вона призначена, визначити її рухому і нерухому половини;
- розібрати прес-форму, ознайомитись з деталями і механізмами прес-форми;
- роздрукувати креслення вилівка «Кришка центрифуги», згідно з прес-формою нанести елементи ливарної форми;
- виконати ескіз прес-форми з визначенням основних деталей і способами їх виготовлення;
- оформити специфікацію на основні деталі з позначенням матеріалу для їх виготовлення.

3.6 Зміст звіту

Звіт на виконану лабораторну роботу повинен містити:

- загальні відомості про прес-форми для лиття під тиском;
- опис конструкції прес-форми для вилівка «Кришка центрифуги», для якого типу машин ЛПТ вона призначена;
- ескіз вилівка з елементами ливарної форми;
- ескіз прес-форми;
- специфікація основних деталей прес-форми.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ПРЕС-ФОРМ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

4.1 Мета роботи

Виконання практичної роботи повинно забезпечити:

- вміння проводити розрахунки основних технологічних параметрів при конструюванні прес-форм ЛПТ;
- засвоєння основ розрахунків розмірів робочої порожнини прес-форм ЛПТ.

4.2 Загальні відомості

Литтям під тиском отримують тонкостінні виливки, маса і тепловміст яких навіть при великих габаритних розмірах в сотні разів менші, ніж маса і тепловміст металевої форми [1]. Висока швидкість тепловіддачі від виливка до форми зумовлює необхідність її швидкого заповнення (менше 0,1 с). Таке заповнення забезпечує машина, в якій залитий в камеру пресування метал під великим тиском і з великою швидкістю запресовується у форму. Високі швидкості впускного потоку (до 100 м/с) сприяють якісному оформленню рельєфу виливків складної конфігурації.

Крім швидкостей пресування і впуску, суттєвий вплив на формування виливка надають наступні фактори [1]: температура металу і форми, конструкція ливниково-вентиляційної системи, тиск і тривалість дії підпресування після заповнення форми. Сукупність таких факторів, як швидкість потоку металу, тиск у потоці, протитиск газів, визначають гідродинамічний режим формування виливка. Температури металу, що заливається, і форми, тривалість заповнення, тривалість підпресування, а також темп роботи машини визначають тепловий режим процесу [1].

Для лиття під тиском застосовують машини з холодними (горизонтальними та вертикальними) і гарячими камерами пресування, в яких рух пресового поршня забезпечується тиском робочої рідини, яка подається у гідроциліндр пресуючого механізму від спеціальних акумуляторів. Швидкість пресування $V_{пр}$ і тиск p

робочої рідини в різні періоди руху пресового поршня різні (рис. 4.1) [1]. За час t_1 пресовий поршень перекриває заливальний отвір, рухаючись під невеликим тиском p_1 з невеликою швидкістю V_1 . Період t_2 відповідає просуванню металу в камері пресування, аж до входу його в ливникові канали (допоміжний хід).

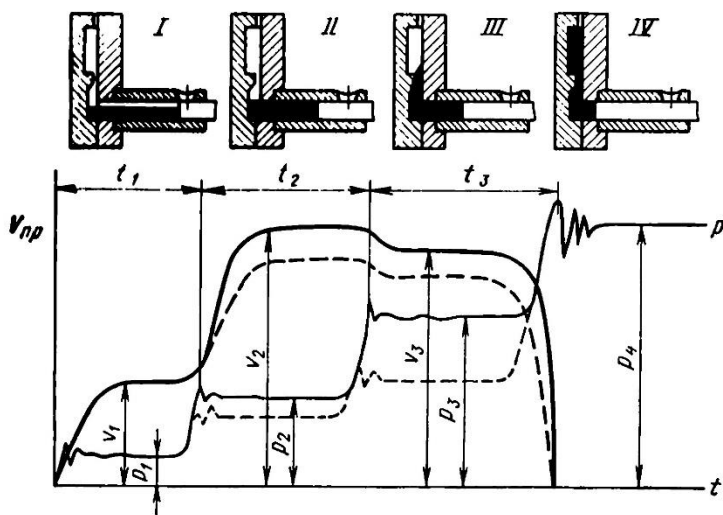


Рисунок 4.1 - Зміни швидкості руху пресового поршня і тиску в камері пресування

Швидкість досягає максимального значення V_2 , а тиск p_2 перевищує p_1 на величину гідравлічних опорів в камері пресування [1]. Період t_3 відповідає заповненню ливникової системи та порожнини форми. Внаслідок різкого звуження потоку в живильнику швидкість падає до V_3 , а тиск підвищується до p_3 [1]. У момент закінчення заповнення форми спостерігається гідравлічний удар. При менших гідравлічних опорах тиск знижується, а швидкість переміщення пресового поршня може бути також зниженою (пунктирні лінії).

Після загасання коливань встановлюється кінцевий тиск p_4 . Якщо до моменту його досягнення метал зберігає рідинорухливий стан, проводиться підпресування, що остаточно формує вилівок.

Висока якість виливків, отриманих литтям під тиском забезпечується оптимальними значеннями наступних технологічних і конструктивних параметрів, розрахунок яких проводиться при конструюванні прес-форм.

Швидкість впуску $V_{вп}$. Для ЛПТ характерні високі швидкості сплаву на виході з живильника. При різних режимах вона може досягати до 120 м/с. Рекомендовані швидкості впуску наведені в таблиці 4.1 [1].

Таблиця 4.1 - Рекомендовані значення швидкості впуску $V_{вп}$, м/с

Група виливків	Значення $V_{вп}$ при виготовленні виливків із сплавів			
	цинкових	алюмінієвих, магнієвих		
		рідких	рідино-твердих	
Товстостінні (з товщиною стінки 5-10 мм):	прості	30-40	0,5-1,0	2-3
	складні	40-50	0,5-1,0	3-6
Середньої товщини стінки (3-6 мм):	прості	40-60	8-12	5-8
	складні	60-80	10-20	8-10
Тонкостінні (з товщиною стінки 1,5-3 мм):	прості	80-100	30-40	-
	складні	110-120	40-60	-

Тривалість заповнення форми $t_{зап}$. Розраховується по емпіричній формулі [1]:

$$t_{зап} = 0,06K_c K_T, \text{ с} \quad (4.1)$$

де K_c – коефіцієнт, що залежить від виду сплаву (1 – для цинкових, 0,9 – для алюмінієвих, 0,85 – для магнієвих, 0,75 – для мідних);

K_T – коефіцієнт, що залежить від середньої товщини стінки виливка, мм:

- до 1 – 0,05;
- 1-2 – 0,08;
- 2-4 – 0,10;
- 4-6 – 0,11;
- 6-9 – 0,13;
- > 9 – 0,15.

Діаметр камери пресування $V_{\text{пр}}$. Розраховується по емпіричній формулі [1]:

$$D_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4(m_{\text{вил}} + m_{\text{лив}})}{\pi \cdot k}}, \text{ см} \quad (4.2)$$

де $m_{\text{вил}}$ і $m_{\text{лив}}$ – маса вилівка і маса ливників, кг;
 k – емпіричний коефіцієнт (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Значення емпіричного коефіцієнта k для розрахунку діаметра камери пресування [1]

Сплави	Група складності		
	прості	складні	дуже складні
Цинкові, алюмінієві, мідні	0,017	0,014	0,010
Магнієві	0,014	0,010	0,07

Швидкість пресування $V_{\text{пр}}$. Розраховується по формулі [1]:

$$V_{\text{пр}} = 4 \frac{m_{\text{вил}} + m_{\text{пром}}}{\pi \cdot \rho \cdot t_{\text{зап}} \cdot D_{\text{пр}}^2}, \text{ см/с} \quad (4.3)$$

де $m_{\text{вил}}$ і $m_{\text{пром}}$ – маса вилівка і промивників, кг;
 ρ – питома вага сплаву, кг/дм³;
 $t_{\text{зап}}$ – тривалість заповнення форми, с;
 $D_{\text{пр}}$ – діаметр камери пресування, см.

Тиск пресування $P_{\text{пр}}$. Визначається в залежності виду сплава і товщини стінки вилівка за емпіричними даними (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Рекомендовані мінімальні значення тиску пресування, МПа [1]

Сплави	Значення $P_{пр}$ мін для виливків з товщиною стінки, мм					
	до 3			більше 3		
	прості	складні	особливо складні	прості	складні	особливо складні
Цинкові	40	45	50	55	60	75
Алюмінієві	40	45	50	60	65	80
Магнієві	50	55	60	70	80	100
Мідні	60	70	80	90	100	130

Тиск підпресування $P_{пр}$. Визначається за емпіричними даними, наведеними в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Рекомендовані значення тиску підпресування для алюмінієвих і магнієвих сплавів, МПа [1]

Група виливків	Характеристика виливків	Тиск підпресування, МПа
1	Простої конфігурації з товщиною стінки 2-4 мм	50-75
2	Складної конфігурації з товщиною стінки 2-4 мм	80-120
3	З товщиною стінки більше 4 мм	300-500

Розміри ливникової системи. Визначення площі перетину живильника проводиться по номограмі, яка ув'язує площу перетину живильника $S_{жив}$ з об'ємом виливка $Q_{вил} = m_{вил}/\rho_{вил}$ (включаючи промивники) та швидкістю впуску (рис. 4.2).

Ширина живильника обирається за рекомендаціями [1]: при підводі до круглого виливка – не менше половини діаметра виливка, при підводі до прямокутного виливка – не менше 0,8 ширини виливка. Площа перетину підвідного каналу розраховують по формулі [1]:

$$S_{підв} = (1,2-1,5) S_{жив}, \text{ мм} \quad (4.4)$$

Висоту підвідного каналу визначають по формулі [1]:

$$h_{\text{підв}} = 0,77\sqrt{S_{\text{жив}}}, \text{ мм} \quad (4.5)$$

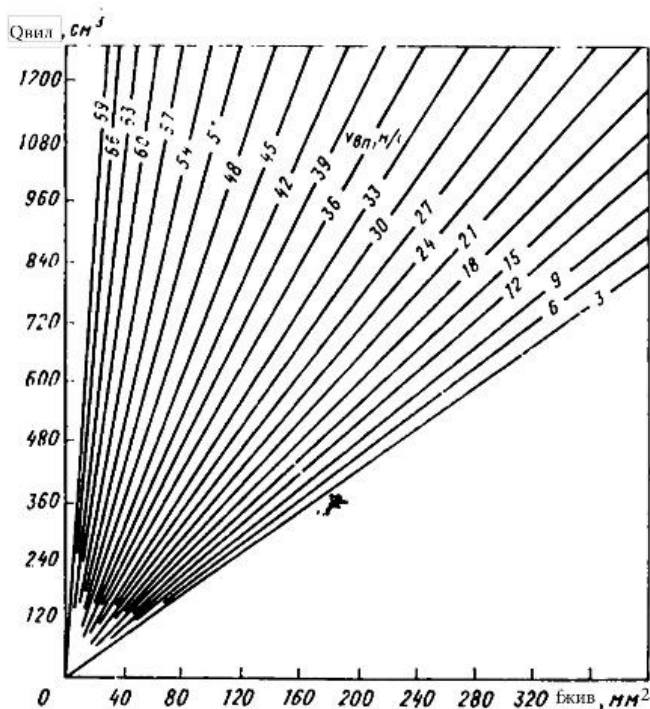


Рисунок 4.2 – Номограма для визначення площі перетину живильника [1]

Розміри вентиляційної системи. Сумарна площа вентиляційних каналів розраховується по емпіричній формулі [1]:

$$S_{\text{вк}} = \frac{K \cdot m_{\text{вил}}}{\rho \cdot t_{\text{зап}}}, \text{ мм}^2 \quad (4.6)$$

де $S_{\text{вк}}$ – сумарна площа вентиляційних каналів, мм²;

$m_{\text{вил}}$ – маса вилівка з промивниками, г;

ρ – щільність сплаву, кг/м³;

$t_{\text{зап}}$ – тривалість заповнення порожнини форми, с;

K – емпіричний коефіцієнт, для алюмінієвих сплавів 0,077, для магнієвих – 0,087, для цинкових – 0,070.

Приклад виконання розрахунків технологічних параметрів.

Завдання: провести розрахунки технологічних параметрів прес-форми для виливка «Корпус» (рис. 4.3).

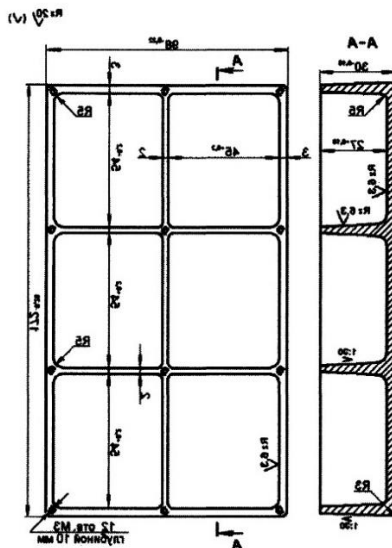


Рисунок 4.3 - Деталь «Корпус»

Розробляємо креслення виливка з елементами ливарної форми лиття під тиском (рис. 4.4).

Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо металоємність форми:

- маса виливка: $m_{\text{вил}} = 0,34$ кг;

- маса промивників: $m_{\text{пром}} = 0,75 \cdot m_{\text{вил}} = 0,75 \cdot 0,34 = 0,24$ кг;

- маса ливників, крім пресзалишка:

$$m_{\text{лив}} = 0,2(m_{\text{вил}} + m_{\text{пром}}) = 0,2(0,34 + 0,24) = 0,12 \text{ кг};$$

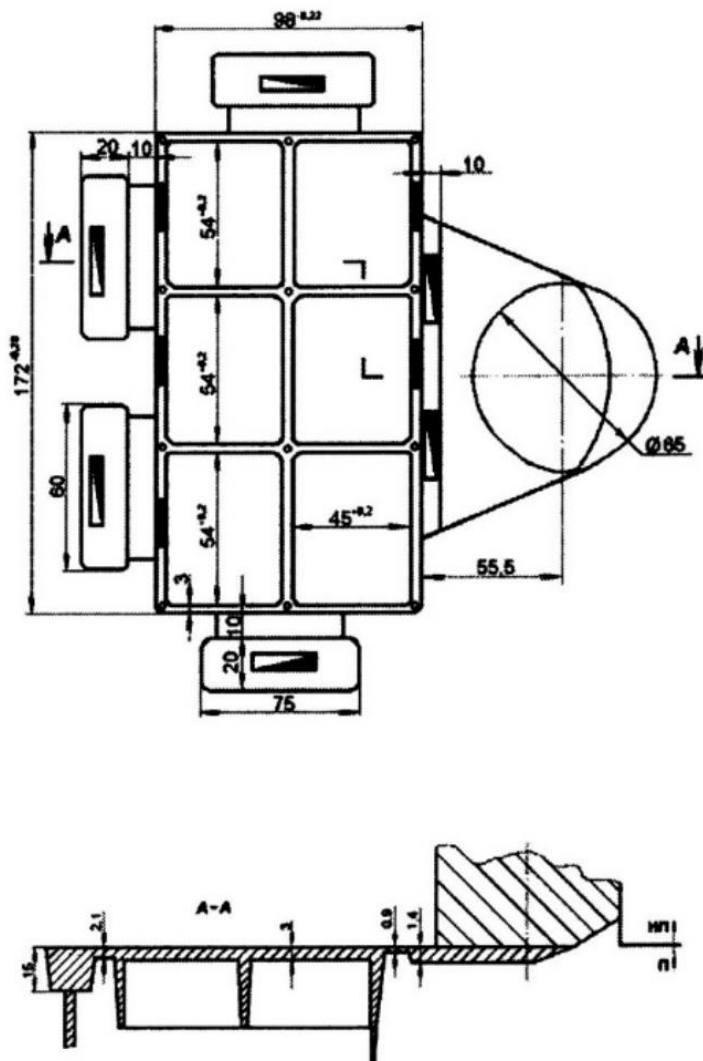
- металоємність форми $m_{\phi} = 0,34 + 0,24 + 0,12 = 0,7$ кг.

2. Визначаємо швидкість впуску. (табл. 4.1): $V_{\text{вп}} = 10$ м/с;

3. Визначаємо тиск пресування (табл. 4.3): $P_{\text{пр}} = 45$ МПа;

4. Визначаємо тиск підпресування (табл. 4.4): $P_{\text{ппр}} = 80$ МПа;

5. Визначаємо тривалість заповнення форми: при $K_c = 0,9$, $K_T = 0,1$; $t_{\text{зап}} = 0,06 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 0,0054$ с;



Матеріал сплав АК12, маса виливка 0,34 кг

Рисунок 4.4 – Виливок «Корпус»

6. Розрахуємо діаметр камери пресування при $k = 0,017$:

$$D_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4(0,34+0,24)}{3,14 \cdot 0,017}} = 6,6 \text{ см}$$

7. Розраховуємо швидкість пресування:

$$V_{\text{пр}} = 4 \frac{0,34+0,24}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,0054 \cdot 6,6^2} = 1,25 \text{ м/с}$$

8. Проводимо розрахунок ливникової системи.

Площа перетину живильника згідно номограми (рис. 4.2) при $Q_{\text{вил}} = 232 \text{ см}^3$ і $V_{\text{вп}} = 10 \text{ м/с}$:

$$S_{\text{жив}} = 100 \text{ мм}^2$$

Товщину живильника приймаємо $\delta_{\text{жив}} = 0,3 \text{ мм}$
 $\delta_{\text{вил}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ мм}$ Ширину живильника $b_{\text{жив}} = 100/0,9 = 110 \text{ мм}$,
 висота підвідного каналу $b_{\text{під}} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \text{ мм}$.

9. Проводимо розрахунок вентиляційної системи.

Сумарна площа вентиляційних каналів:

$$S_{\text{вк}} = \frac{0,077 \cdot 580}{2500 \cdot 0,0054} = 3,3 \text{ мм}^2$$

Розрахунки розмірів робочої порожнини прес-форми

Проводяться з урахуванням усадки сплаву виливка, та допусків на лінійні розміри виливка і допусків на зношення прес-форми та інших чинників (ухилів, припусків) [1]. Формула для розрахунків виконавчих розмірів прес-форми:

$$L_{\text{пф}} = L_{\text{вил}} (1 + \alpha/100) \pm \delta \pm \delta', \text{ мм} \quad (4.7)$$

де $L_{\text{пф}}$ – розмір в прес-формі, мм;

$L_{\text{вил}}$ – розмір виливка з креслення, мм;

α – усадка сплаву виливка, %;

δ – допуск на розмір виливка, мм («−» – для охоплюваних розмірів виливка, «+» – для охоплюючих);

δ' – допуск на розмір прес-форми, мм («−» – для охоплюваних розмірів виливка, «+» – для охоплюючих).

Охоплюваний розмір виливка оформляється порожниною прес-форми, а охоплюючий розмір виливка оформляється стрижнем [1].

δ' приймається 0,7 від δ , що забезпечить отримання дійсного розміру виливка в нижній половині поля допуску [1]. Це дозволить збільшити термін служби прес-форми, оскільки збільшується поле на її спрацювання, що допускається.

Таблиця 4.5 - Допуски на розміри виливків при литті під тиском

Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Кольорові легкі не термооброблюванні сплави	Кольорові легкі термооброблюванні сплави
	Допуски розмірів виливків, мм	
<100	0,24–0,78	0,28–0,96
>100–250	0,30–1,1	0,30–1,40
>250–630	0,56–1,80	0,65–2,60

Величина усадки приймається з практичних даних [2]:

- наявний стрижень, перешкоджає усадці: Al, Mg, Zn – 0,5%; Cu – 0,6%;
- наявний стрижень, що не дуже перешкоджає усадці: Al, Mg, Zn – 0,5%; Cu – 0,6%;
- виливок без стрижнів: Al, Mg, Zn – 0,9%; Cu – 1,0%.

4.3 Документація, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- прес-форма на виливок «Кришка центрифуги»;
- креслення виливка «Кришка центрифуги».

4.4 Порядок виконання лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- розібрати прес-форму на виливок «Кришка центрифуги»;
- ознайомитися з елементами робочої порожнини і ливниково-живильної системи прес-форми;
- виконати розрахунки технологічних і конструктивних параметрів прес-форми;

- виконати розрахунки розмірів робочої порожнини прес-форми, заповнити таблицю розмірів 4.6.

Таблиця 4.6 - Розміри елементів робочої порожнини прес-форми

Розмір виливка з креслення $L_{ном}$, мм	Розмір порожнини прес-форми $L_{пр}$, мм
...	...

4.5 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- загальні відомості про основні розрахунки технологічних і конструктивних параметрів при конструюванні прес-форм ЛПТ;
- результати розрахунків технологічних і конструктивних параметрів при конструюванні прес-форми «Кришка центрифуги»;
- заповнену таблицю 4.6 з результатами розрахунків розмірів робочої порожнини прес-форми.

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

КОНСТРУЮВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ КОКІЛІВ

5.1 Мета роботи

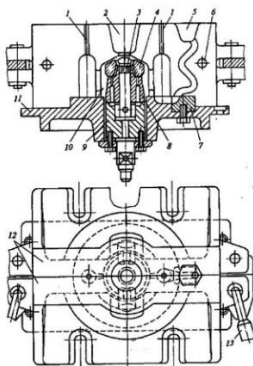
Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- знання конструкцій кокілів;
- вміння обирати матеріал для деталей кокілю;
- засвоєння основ конструювання і виготовлення кокілів.

5.2 Загальні відомості

Кокіль – металева форма з природним або примусовим охолодженням, яка заповнюється розплавленим металом під дією гравітаційних сил [1]. Найчастіше кокіль складається з двох половин і плити, на яку вони спираються. Половини кокілю взаємно центруються штирями і скріплюються замками. Порожнини і отвори у виливках можуть бути виконаними металевими і піщаними стрижнями (рис. 5.1).

Класифікуються кокілі за наступними ознаками (табл. 5.1) [1].



1 - вентиляційні канали; 2 - надлив; 3 - вентиляційна пробка; 4 - піщаний стрижень; 5 - ливникова система; 6 - штир центруючий; 7 - вставка; 8 - металевий стрижень; 9 - вентиляційний канал; 10 - порожнина форми; 11 - плита; 12 - напівформи; 13 - замок

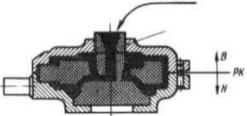
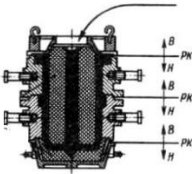
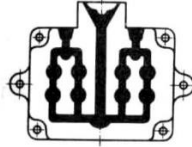
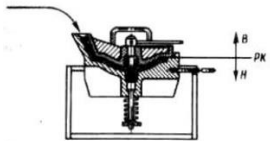
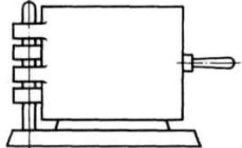
Рисунок 5.1 – Кокіль

Таблиця 5.1 - Класифікація кокілів

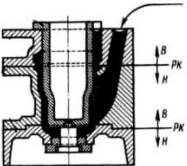
Класифікаційна ознака	Різновиди кокілів
По формі половин кокілю	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плоскі 2. Циліндричні
По розташуванню в просторі поверхні рознімання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нерознімні (що витрушуються) 2. З горизонтальною площиною рознімання 3. З вертикальною площиною рознімання 4. З комбінованою площиною рознімання
По числу робочих гнізд	<ol style="list-style-type: none"> 1. Одномісні 2. Багатомісні
По конструктивному виконанню робочої стінки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цільні 2. Складені: <ul style="list-style-type: none"> - з неуніфікованих елементів; - з уніфікованих елементів
По способу охолодження	<ol style="list-style-type: none"> 1. Охолоджувані повітрям (природним і примусовим) 2. З рідинним охолодженням (водяним, масляним та ін) 3. З комбінованим охолодженням (водоповітряним, водяним і повітряним, що чергуються та ін)
По способу підведення охолоджуючої речовини до робочої стінки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Одношарові 2. Двошарові
По матеріалу робочої стінки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чавунні 2. Сталеві 3. З алюмінієвих сплавів 4. З мідних сплавів 5. Зі спеціальних сплавів 6. З композиційних матеріалів
По довговічності теплоізоляційного покриття	<ol style="list-style-type: none"> 1. З покриттям, що періодично наноситься 2. З постійним покриттям: плазменним напиленням (з чавуну і сталі), з анодованим покриттям (з алюмінієвих сплавів)

Рознімні кокілі в свою чергу класифікуються за конструктивним виконанням (табл. 5.2) [1].

Таблиця 5.2 - Класифікація рознімних кокілів по конструктивному виконанню

Тип рознімання кокілю	Призначення кокілю
З одним горизонтальним розніманням	
	<p>Для виробництва виливків невеликої висоти. Ливникова система відсутня або виконується у піщаному стрижні</p>
З трьома горизонтальними розніманнями	
	<p>Для виробництва складних високих виливків. Ливникова система виконується в піщаному стрижні</p>
З одним вертикальним розніманням	
	<p>Для виробництва виливків у ручних кокілях і кокілях на універсальних верстатах. Ливникова система виконується по розніманню в стінках кокілю або у піщаному стрижні</p>
З криволінійним розніманням	
	<p>Для виробництва складних виливків. Ливникова система виконується по розніманню в стінках кокілю</p>
Із стулковим розніманням	
	<p>Для виробництва виливків, що мають форму тіл обертання. Ливникова система виконується по розніманню у стінках кокілю</p>

Продовження таблиці 5.2

Тип рознімання кокілю	Призначення кокілю
Із комбінованим розніманням	
	<p>Для виробництва складних виливків. Ливникова система виконується по розніманню в стінках кокілю</p>

Конструкція кокілю повинна бути максимально простою, технологічною у виготовленні і експлуатації, і за як найменших витрат забезпечувати можливість отримання заданої якості виливків.

До основних елементів конструкції кокілів відносяться [1]:

- формоутворюючі елементи: половини кокілів, нижні плити (піддони), вставки, стрижні;
- конструктивні елементи: виштовхувачі, плити виштовхувачів, системи нагрівання і охолодження, вентиляційні системи, центруючі штирі і втулки.

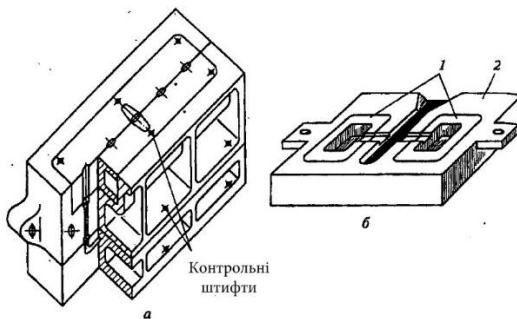
При конструюванні кокілю роз'єм кокілю бажано виконувати плоским, кількість рухомих і від'ємних частин повинна бути мінімальною.

Розміри половини кокілю повинні бути достатніми для розміщення вилівка з ливниково-живильною системою. Відстань від робочої порожнини до краю кокілю приймають не менше 30-40 мм, а в місці ливникової системи – 70 мм [1].

Розміри машинного кокілю повинні дозволяти розміщувати його на плитах кокільних машин.

Контури стінок кокілю повинні по можливості повторювати контури вилівка для підвищення його стійкості і полегшення управління тепловим режимом [1].

Для складних великих виливків кокіль роблять не суцільним, а розчленовують його на частини для зменшення термічних напружень і попередження жолоблення (рис. 5.2) [1].



а - кокіль із складними стінками; б - кокіль із вставками

Рисунок 5.2 – Кокіль із розчленуванням стінок

В процесі експлуатації у кокіль виникають значні термічні напруження. Тому матеріали частин кокілю, що стикаються з розплавом, повинні добре протистояти термічній втомі, мати високі механічні властивості, мінімальні структурні перетворення, володіти високими ростостійкістю і окалиностійкістю, добре оброблятися, бути не дефіцитними і недорогими. Таким вимогам найбільше відповідають [1]:

- сірі чавуни СЧ200, СЧ250 - для половин кокілів для дрібних, середніх виливків з алюмінієвих, магнієвих, мідних сплавів, чавуну;

- високоміцні чавуни ВЧ-400-15, ВЧ-450-10 - для половин кокілів для дрібних, середніх, великих і особливо великих виливків із алюмінієвих, магнієвих, мідних сплавів, чавуну, сталі;

- сталі 10, 20, Ст.3, 15Л, 15ХМЛ та ін – для половин кокілів для дрібних, середніх, великих і особливо великих виливків із чавуну, сталі, алюмінієвих, магнієвих, мідних сплавів;

- мідь та її сплави, леговані сталі - для вставок, та масивних стрижнів, (для інтенсивного охолодження);

- силуміні АК7ч, АК7Ц9 - для водоохолоджуваних кокілів для дрібних виливків з алюмінієвих, мідних сплавів;

- сталі 45, 30ХГС, 35 ХНМ - для стрижнів, вставок;

- сталі У8А, У10А - для виштовхувачів;

- сталь 25 - для ексцентриків, осей валів.

Виготовляють кокілі механічною обробкою або литтям [1]:

- для дрібних виливків з алюмінієвих, магнієвих, цинкових сплавів - з литих чавунних заготовок або сталевих поковок механічною обробкою;

- великі кокілі виготовляють литими з чавуну або сталі без механічної обробки, тільки з зачисткою робочих поверхонь. Литя поверхня забезпечує підвищення стійкості кокілю.

Моделі для виготовлення литих кокілів можуть бути з будь-якою матеріалу, навіть гіпсові, інколи використовують відпрацьовані деталі кокілів.

Ливарні форми для литих кокілів можуть бути [1]:

- піщані по CO_2 -процесу – для сталевих кокілів;
- піщано-глинисті, оболонкові – для чавунних кокілів;
- керамічні по Шоу-процесу – для чавунних і сталевих кокілів з високими вимогами до точності робочих поверхонь;
- напівкокілі – для чавунних і сталевих кокілів з оформленням робочої поверхні нижньою металевою напівформою.

Інколи, для поліпшення піддатливості кокілю його формоутворюючі половини виконують або з багат шарових сталевих листів з прокладками з наступною механічною обробкою, або з дроту без механічної обробки (рис. 5.3) [1].

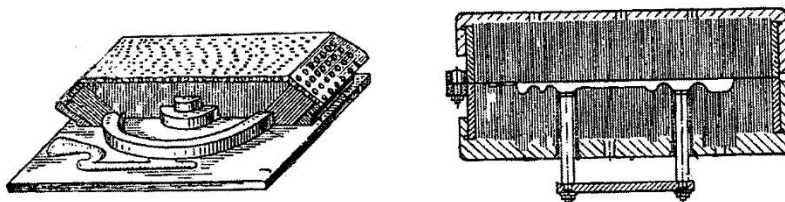


Рисунок 5.3 – Податливі кокілі із дротяних елементів

Для підвищення стійкості кокілів, при їх конструюванні, слід передбачити постійні покриття робочих поверхонь, крім вогнетривких покриттів, які будуть передбачені при розробці технології лиття. Найбільше на практиці застосовується високотемпературне плазміне, та газополум'яне напилення неметалевими матеріалами (Al_2O_3 , ZnO_2 та ін) [1].

Для алюмінієвих кокілів анодування анодною плівкою із сплаву Ал9 є обов'язковим [1].

Для попередження утворення щілин по роз'єму кокілю під дією динамічного і статичного тиску розплаву при заливанні і твердінні необхідно передбачити механізм запирання.

При твердінні і охолодженні вилівка він затискається в кокілі і стрижні обтискаються вилівком. Тому при розробці технології лиття передбачають підрив стрижнів, а при конструюванні кокілю для цього проектують виштовхувачі.

5.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи студент повинен повторити наступний теоретичний матеріал, необхідний для розуміння сутності лабораторної роботи:

- особливості конструкцій кокілів;
- матеріали, які використовуються для виготовлення формоутворюючих і конструктивних елементів кокілів;
- способи виготовлення кокілів;
- призначення штирів, втулок, ребр;
- методи охолодження кокілів;
- методи попередження жолоблення кокілю;
- конструкції механізмів виштовхування вилівоків;
- методи фіксації половинок кокілю;
- вентиляційні системи кокілів.

5.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- ручний кокіль на вилівок «Поршень»;
- механізований кокіль на вилівок «Корпус»;
- креслення вилівка «Корпус»

5.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Роботу необхідно виконувати в послідовності:

- ознайомитися з конструкціями кокілів на вилівки «Поршень» і «Корпус»;

- отримати у викладача креслення вилівка «Корпус»;
- нанести на креслення вилівка елементи ливарної форми;
- виконати ескіз кокілю з визначенням основних деталей;
- визначити матеріали для виготовлення основних деталей кокілю;
- обрати спосіб виготовлення формоутворюючих деталей кокілю.

5.6 Зміст звіту

Звіт про виконану роботу повинен містити:

- короткий опис видів і конструкцій кокілів;
- креслення вилівка «Корпус» з елементами ливарної форми;
- ескіз кокілю на вилівок «Корпус»;
- специфікацію деталей кокілю з визначенням матеріалів, видами заготовок і способами виготовлення формоутворюючих деталей кокілю.

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ КОКІЛІВ

6.1 Мета роботи

Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити вміння проводити розрахунки ливниково-живильної та вентиляційної систем, зусилля запирання, товщини робочої стінки кокілью при його конструюванні.

6.2 Загальні відомості

Лиття в кокілі знайшло застосування у виробництві виливків із сірого та високоміцного чавунів, алюмінієвих, магнієвих, цинкових і мідних сплавів [1]. В кокілях виготовляють також виливки із чавуну з вермікулярним графітом та ковкого, а також із сталі. Маса виливків змінюється від одиниць до сотень і навіть кількох тисяч кілограмів.

Кокіль представляє собою форму багаторазового використання. Оскільки металеві матеріали значно відрізняються за своїми властивостями від неметалевих формувальних матеріалів, (більшими теплопровідністю, міцністю та питомою об'ємною теплоємністю, практично нульовою газопроникністю і газотвірністю та ін), то у кокілі створюються особливі умови формування виливків.

Преваги лиття в кокілі полягають у наступному [2]:

- підвищуються техніко-економічні показники виробництва виливків завдяки скороченню числа технологічних операцій і тривалості технологічного циклу, спрощенню задачі комплексної механізації і автоматизації виробництва, зменшенню споживання основних і допоміжних матеріалів, зменшенню втрат від браку, підвищенню знімання придатної продукції з одиниці виробничої площі і зниженню капітальних витрат;

- підвищується якість виливків внаслідок збільшення їх щільності, міцності, пластичності, зносостійкості, підвищення точності і гладкості поверхні, зниженню припусків і підвищення продуктивності обробки різанням, скорочення втрат від браку;

- поліпшуються умови праці, знижується шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки різкому скороченню споживання формувальних та інших допоміжних матеріалів.

Лиття в кокіль має і недоліки, основні з них [2]:

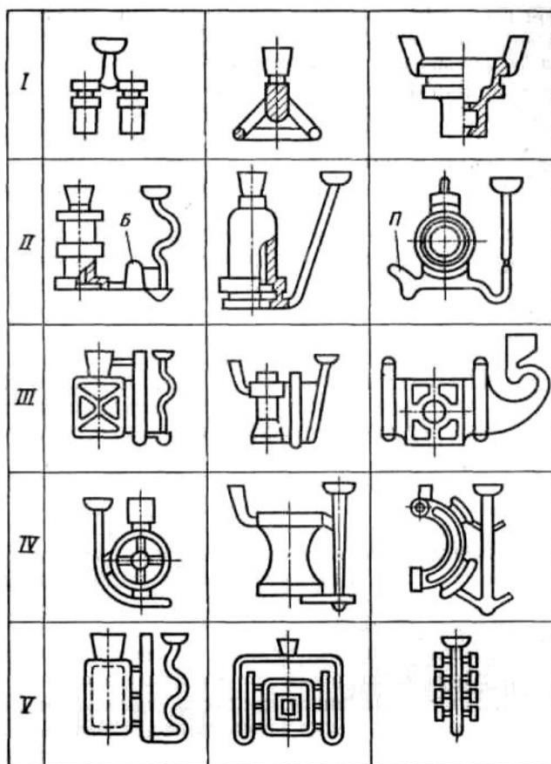
- складність виготовлення і обмежена стійкість кокілю;
- необхідність застосування складних піщаних і металевих стрижнів при виготовленні виливків із піднутреннями;
- складність отримання тонкостінних, реберних виливків;
- схильність виливків до утворення тріщини та інших дефектів через невіддатливість форми;
- підвищена чутливість до відхилень параметрів процесу і властивостей застосовуваних матеріалів.

Ефективність кокільного виробництва виливків залежить від повноти і правильності використання переваг цього процесу з урахуванням його особливостей і недоліків. Особливо важливо це на етапі розробки конструкції кокілю. Конструкція кожного кокілю повинна бути оригінальною для забезпечення переваг і зниження впливу негативних факторів металевої форми [2]. І в першу чергу при конструюванні кокілю це визначається вмінням розробників оснастки виконувати всі необхідні технологічні і конструктивні розрахунки на високому рівні. Це розрахунки ливниково-живильної і вентиляційної систем, зусилля запирання кокілю, товщини стінки кокілю, які найбільше впливають на забезпечення якості кокільних виливків.

Проектування ливниково-живильної системи. При литті в металеві форми застосовують ті ж типи ливникових систем, що і при литті в піщані форми з підведенням розплаву зверху, знизу, збоку, комбіновані і ярусні (рис. 6.1).

Ливникові системи з верхнім підводом використовують для дрібних невисоких виливків типу втулок і кілець. Ливникові системи з нижнім підводом використовують для виливків корпусів, високих втулок, кришок [2]. Ливникові системи з боковим щільним живильником використовують при литті циліндричних виливків: поршнів, втулок, обчайок.

Ливникові системи з комбінованим підводом використовують для складних виливків. Ярусні ливникові системи використовують складних тонкостінних виливків або для дрібних виливків у великій кількості [2].



I – підведення розплаву зверху; II – знизу; III– збоку; IV – комбіновані;
V – ярусні

Рисунок 6.1 – Ливникові системи при литті в кокіль [2]

Розрахунки ливникової системи. Визначивши схему ливникової системи і місце підводу рідкого металу, проводять розрахунок елементів ЛЖС в наступній послідовності.

1. Розрахунок оптимальної тривалості заливання форми [2]:

$$t = k \sqrt[3]{\delta \cdot G_{\text{вил}}}, \text{ c} \quad (6.1)$$

де k – емпіричний коефіцієнт тривалості заливання (табл. 6.2);

δ – середня товщина стінки виливка, мм;

$G_{\text{вил}}$ – маса вилівка, кг

Таблиця 6.1 - Значення коефіцієнта тривалості заливання [2]

Матеріал вилівка	Коефіцієнт k	
Сірий чавун з пластинчастим графітом	Заливання зверху	1,8
	Заливання збоку	1,6
	Заливання знизу	1,4
Чавун з кулястим графітом	Заливання зверху	1,6
	Заливання збоку	1,4
	Заливання знизу	1,2
Алюмінієвий сплав	Для звичайних систем при масі $G_{\text{вил}}$, кг	
	до 2	2,2
	2-5	2,4
	5-10	2,5
	>10	2,6
	Для вертикально-щілинних систем при масі $G_{\text{вил}}$, кг	
	до 15	2,2
	15-30	3,6
30-70	4,0	
Магнієвий сплав	Для звичайних систем при масі $G_{\text{вил}}$, кг	
	до 2	2,0
	2-5	2,6
	5-10	2,8
	10-20	2,9
	>20	3,0
	Для вертикально-щілинних систем при масі $G_{\text{вил}}$, кг	
	до 30	3,7
30-45	4,0	
45-65	4,4	

2. Визначення вузького місця ливникової системи. В якості вузького місця системи для чавуну і сталі приймається живильник, для алюмінієвих і магнієвих сплавів – нижній перетин стояка.

3. Розрахунок площі перетину вузького місця системи. Проводиться по формулі [2]:

$$F_{\text{пер}} = \frac{G_{\text{вил}} \cdot n}{M \cdot \rho \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}}, \text{ мм}^2 \quad (6.2)$$

де $G_{\text{вил}}$ – маса виливка, кг;
 n – кількість виливків у кокілї;
 M - коефіцієнт, що враховує гідравлічний опір ЛЖС;
 ρ – щільність рідкого металу, кг/м³;
 t – тривалість заливання кокілю, с;
 g – прискорення сил падіння, м/с², $g = 9,82$ м/с²;
 H_p – середній розрахунковий тиск сплаву, м:

$$H_p = H - H_B^2/h, \text{ м} \quad (6.3)$$

де H – відстань від місця підводу металу у форму до рівня його у чаші, м;
 H_B – висота виливка від місця підводу металу до верхньої частини виливка, м;
 h – висота виливка, м

При виконанні розрахунків щільність ρ рідкого чавуну і сталі можна прийняти 7000 кг/м³, алюмінієвих сплавів – 2500 кг/м³, магнієвих – 1600 кг/м³ [2].

Значення коефіцієнта гідравлічного опору ЛЖС залежить від виду сплаву і типу ливникової системи (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 - Значення коефіцієнта гідравлічного опору M [2]

Матеріал виливка	Тип ливникової системи	Коефіцієнт опору M
Чавун	Верхня	0,7-0,8
	Бокова	0,6-0,7
	Нижня	0,4-0,5
Алюмінієві, магнієві сплави	Ярусна	0,7-0,8
	Бокова і нижня	0,6-0,7
Мідні сплави	Ярусна	0,25-0,35

4. Розрахунок площ перетину інших елементів ЛЖС проводиться з використанням практичних рекомендацій по

співвідношенням площ перетину елементів ливникової системи. Для чавуну і сталі рекомендується співвідношення площ перетину живильника, шлаковловлювача і стояка: 1:1,15:1,25, для алюмінієвих і магнієвих сплавів рекомендовані співвідношення наведені у таблиці 6.3 [2]. Вузьким місцем ливникових систем для алюмінієвих і магнієвих сплавів є нижній перетин стояка.

Таблиця 6.3 - Співвідношення площ перетину елементів ливникових систем при литті легких кольорових сплавів [2]

Маса виливків без додатків, кг		$F_{жив} : F_{кол} : F_{ст}$
З алюмінієвих сплавів	З магнієвих сплавів	
До 5	До 3,5	(3-2):2:1
5-10	3,5-7	(4-2):(3-2):1
10-20	7-14	(4-3):(3-2):1
20-40	14-28	(4-3):(4-2):1
40-70	28-50	(5-4):(4-2):1
70-150	50-100	(5-4):(4-3):1
>150	>100	(6-4):4:1

Розрахунки надливів. При литті в кокіль принципи організації живлення виливків такі самі, як і при литті в піщані форми. Найчастіше розрахунки об'єму надливів кокільних виливків проводять по формулі Й. Пржибила [2]:

$$V_d = \frac{\Sigma\alpha_b \cdot \beta}{1 - \Sigma\alpha_b \cdot \beta} V_{вил}, \text{ см}^3 \quad (6.4)$$

де V_d – об'єм надлива, см^3 ;

$\Sigma\alpha_b$ – частина об'ємної усадки сплаву, що приймає участь у формуванні усадкової раковини, б/р;

$V_{вил}$ – об'єм виливка, см^3 ;

β – коефіцієнт економічності надлива, який дорівнює відношенню об'єму надлива до об'єму усадкової раковини (V_d/V_p)

Значення $\Sigma\alpha_b$ залежить від виду сплаву: для алюмінієвих $\Sigma\alpha_b = 0,043-0,055$; для магнієвих $\Sigma\alpha_b = 0,040-0,045$; для цинкових

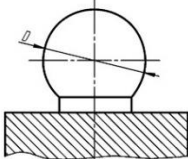
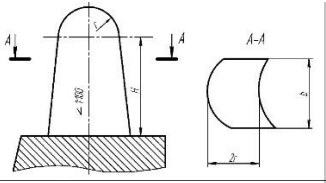
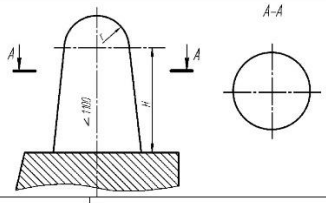
$\Sigma\alpha_B = 0,045-0,50$; для латуней $\Sigma\alpha_B = 0,061-0,065$; для безолов'яних бронз $\Sigma\alpha_B = 0,08$; для олов'яних бронз $\Sigma\alpha_B = 0,045-0,050$; для сталей і високоміцного чавуну $\Sigma\alpha_B = 0,045$ [2].

Коефіцієнт β обирається в залежності від умов роботи надлива: для відкритих надливів $\beta = 9-10$, для теплоізованих $\beta = 8-9$, для надливів, що обігріваються $\beta = 6-7$ [2].

З найденого об'єму V_D розраховуються розміри надливу. При цьому відношення висоти надливу до його діаметра в закритих надливах повинно дорівнювати 1,25-1,50, у відкритих 1,50-1,90.

Розрахункові формули для визначення конструктивних параметрів додатків різних конфігурацій наведені в таблиці 6.4 [2].

Таблиця 6.4 - Визначення висоти типових конструкцій надлива

Вид надлива	Характеристика	Розрахункова формула
	Кульовий надлив	$D = 1,24^3 \sqrt{V_D}$
	Закритий куполоподібний надлив	$H = \frac{V_D - 0,45\pi r^2 b}{F}$ H+r не менше висоти теплового вузла
	Закритий куполоподібний надлив з компактною формою перерізу	$H = \frac{V_D}{\pi r^2} - \frac{2}{3} r$ H+r не менше висоти теплового вузла

Продовження таблиці 6.4

Вид надлива	Характеристика	Розрахункова формула
	Відкритий циліндричний або конічний надлив	$H = \frac{4V_{\text{п}}}{\pi D^2}$
	Відкритий надлив з компактною формою перерізу	$H = \frac{V_{\text{д}}}{0,95F}$

Проектування вентиляційної системи. В процесі заливки розплаву в кокіль повітря знаходиться в його порожнині, швидко нагрівається і багато разів збільшується в об'ємі. Одночасно із захисного покриття, піщаного стержня і розплаву виділяються гази, які разом з повітрям, що знаходиться в кокіль, створює невеликий надмірний тиск – протитиск заливці, що уповільнює швидкість заповнення розплавом порожнини кокілю, а у ряді випадків може стати причиною браку виливків через недолив, а також газову пористість і раковини.

Газ з порожнини кокілю видаляється через вентиляційні канали, що з'єднують порожнину кокілю з атмосферою. Вентиляційні канали виконують за розніманням, в знакових частинах, між рухомими з'єднаннями і в стінках кокілю. Як правило, вентиляційні канали розміщують у верхній частині кокілю, а також в тупикових порожнинах, звідки розплав витісняє гази в останню чергу [2].

По площині рознімання роблять газовідвідні канали. В тупикових порожнинах в стінці кокілю встановлюють вентиляційні пробки (рис. 6.2).

При виборі місця установки вентиляційних пробок необхідно враховувати послідовність заповнення форми розплавом (рис. 6.3).

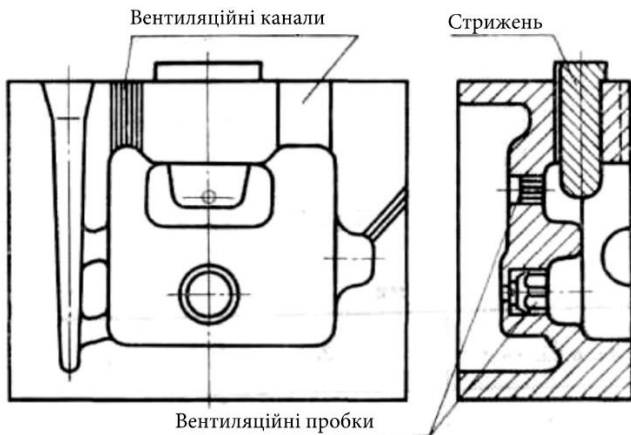


Рисунок 6.2 – Розміщення вентиляційних каналів і пробок в стінці котілу

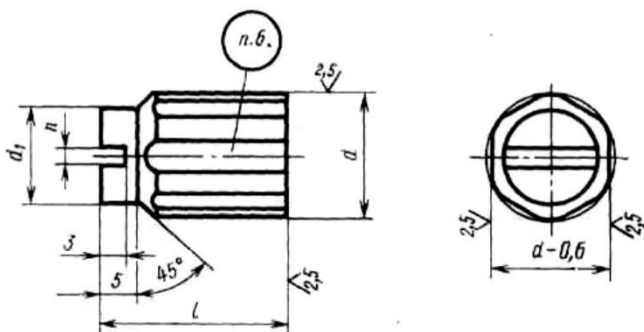


Рисунок 6.3 – Конструкція вентиляційних пробок

Площа сумарного поперечного перерізу вентиляційних каналів повинна бути на 25% більше площі перетину живильників [2]:

$$\sum F_{\text{в}} = 1,25 F_{\text{жив}}, \text{ см}^2 \quad (6.5)$$

Розрахунок зусилля запирання котілу. Для попередження утворення щілин по роз'єму котілу під дією динамічного і статичного

тиску розплаву при заливанні і твердінні, при проектуванні необхідно передбачити механізм запирання. Необхідне зусилля запирання може бути розраховане по наступній формулі, яка враховує тільки гідростатичний тиск розплаву, без зусиль, що виникають із-за жолоблення кокілю [1]:

$$P = 2 \cdot q \cdot \rho \cdot H \cdot F \cdot k, \text{ Н} \quad (6.6)$$

де P – зусилля запирання кокілю, Н;

q – прискорення вільного падіння, м/с^2 , $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ρ – щільність розплаву, кг/м^3 ;

H – відстань від рівня розплаву в чаші до центру тяжіння перетину вилівка, м;

F – площа перетину вилівка в площині роз'єму, м^2 ;

k – коефіцієнт запасу.

Визначення товщини робочої стінки кокілю є одним із найважливіших етапів його проектування, тому, що цей параметр найбільше впливає на довговічність кокілю. Для точних розрахунків використовують формули Петриченка А.М., Вейника А.І., для спрощених – формулу Дубініна Н.П., або графіки Серебро В.С [1, 2]. На практиці найчастіше використовують графік, виконаний на основі практичного досвіду (рис. 6.4), по якому товщина стінки кокілю обирається в залежності від товщини стінки вилівка [2].

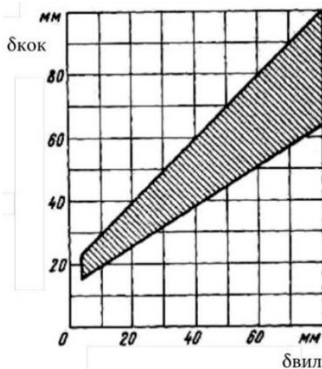
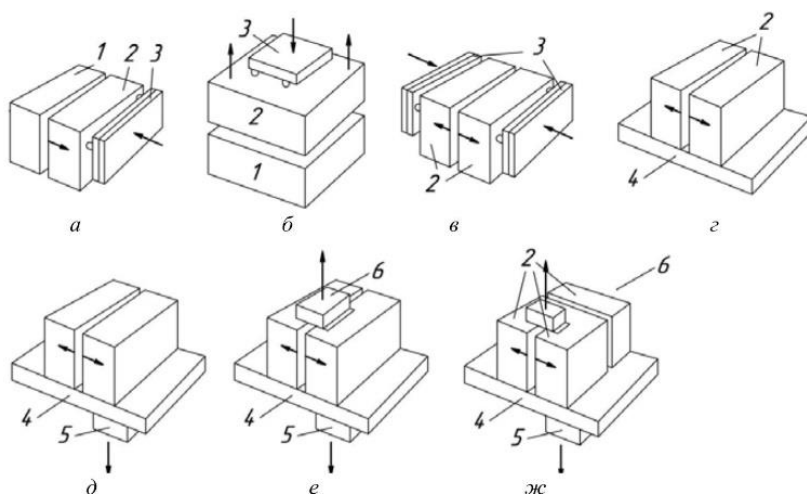


Рисунок 6.4 – Графік для визначення товщини стінок кокілю

Визначення типу універсальної кокільної машини. В серійному і великосерійному виробництвах технологічний процес виготовлення кокільних виливків слід максимально механізувати.

Розрізняють кілька типів кокільів, призначених для універсальних кокільних машин (рис. 6.5) [1].



- а – з вертикальним роз’ємом і одною рухомою половиною;
 б – з горизонтальним роз’ємом і одною рухомою половиною;
 в – з вертикальним роз’ємом і двома рухомими половинами;
 г – з вертикальним роз’ємом, двома рухомими половинами і піддоном;
 д – з вертикальним роз’ємом, двома рухомими половинами, піддоном і нижнім металевим стрижнем;
 е – з вертикальним роз’ємом, двома рухомими половинами, нижнім і верхнім металевим стрижнем;
 ж – з вертикальним роз’ємом, трьома рухомими частинами, піддоном, нижнім і верхнім металевими стрижнями:
 1 – нерухома частина; 2 – рухома частина; 3 – плита виштовхувачів;
 4 – піддон; 5,6 – відповідно нижній і верхній металеві стрижні.

Рисунок 6.5 – Типи кокільів для універсальних кокільних машин (стрілки – напрями руху деталей кокілью)

Найбільш простий кокіль складається з двох половин, одна з яких рухома. Кокіль може мати вертикальний (рис. 6.5, а) або горизонтальний (рис. 6.5, б) роз’єм. При вертикальній площині роз’єму

елементи ливникової системи розташовані в роз'ємі форми і не перешкоджають вільному видаленню виливка із кокілю. При горизонтальному роз'ємі необхідно вводити спеціальний піщаний стрижень для оформлення стояка і чаші, щоб вилучити виливок.

Наступний тип кокілю (рис. 6.5, в) складається з двох рухомих половин з вертикальним роз'ємом. Плити виштовхувачів у цьому випадку можуть знаходитися в одній або двох половинах кокілю.

Кокілі типів, наведених на рис. 6.5, г, д, складаються з двох рухомих частин з вертикальним роз'ємом і піддоном, в який можна встановлювати піщаний або металевий стрижень.

Конструкція кокілю на рис. 6.6, е додатково має рухому частину верхнього металевого стрижня.

У варіанті, показаному на рис. 6.5, ж, по зрівнянню з попереднім типом, додана ще одна торцева рухома частина кокілю.

Виходячи із обраних поверхонь роз'єму і положення виливка у кокілі, необхідно визначитися з типом кокілю і можливістю його «прив'язки» до якогось типу універсальних кокільних машин.

6.3 Документація, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- кокіль на виливок «Корпус»;
- креслення виливка «Корпус»

6.4 Порядок виконання лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- ознайомитись з конструкцією кокілю в зборі на виливок «Корпус», визначити основні його складові частини;
- розкрити кокіль, ознайомитися з елементами робочої порожнини і ливниково-живильної системи кокілю;
- нанести на кресленні виливка «Корпус» елементи ливарної форми;
- виконати розрахунки ливниково-живильної і вентиляційної систем, зусилля запирання кокілю, товщини стінки кокілю;
- обрати тип універсальної кокільної машини.

6.5 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- загальні відомості про технологічні і конструктивні розрахунки при конструюванні кокілів;
- ескіз вилівка «Корпус» з елементами ливарної форми;
- результати розрахунків технологічних і конструктивних параметрів при конструюванні кокілю «Корпус», обраний тип універсальної кокільної машини.

7 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

КОНСТРУЮВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТТЯ ЗА ГАЗИФІКОВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

7.1 Мета роботи

Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- знання конструкцій технологічної оснастки для лиття за газифікованими моделями;
- засвоєння основ конструювання і виготовлення прес-форм для лиття за газифікованими моделями.

7.2 Загальні відомості

Лиття за газифікованими моделями (ЛГМ) є одним із нових способів виготовлення виливків, які з'явилися в результаті науково-технічної революції у другій половині ХХ століття разом з такими технологічними процесами, як вакуумно-плівкове формування, неперервне лиття, лиття під низьким тиском, імпульсне формування та ін. При цьому способі, на відміну від інших, моделі із пінополістиролу не видаляються із форми, а залишаються в ній і газифікуються під дією теплової енергії металу, що заливається у форму [3]. ЛГМ суттєво потіснило традиційні способи лиття, і в першу чергу в піщано-глинисті форми, з моделями, що видаляються. Це пояснюється наступними перевагами [3]:

- зменшення витрат на обладнання і матеріали;
- виключення із виробничого процесу стрижневого, формувального і сумішоприготувального обладнання;
- застосування в якості матеріалу форми сухого кварцового піску без сполучних матеріалів;
- скорочення числа технологічних операцій і обладнання для фінішної обробки виливків;
- використання недорогого і порівняно простого оснащення.

За роки освоєння способу лиття за газифікованими моделями були розроблені різні технологічні процеси для забезпечення утримання точної форми робочої порожнини. Використовували вакуум, вакуум з регулюємим при заливанні тиском, ущільнення

вібрацією, піщано-глинисті, рідкі самотвердіючі, холоднотвердіючі суміші, керамічні оболонки, як при литті за витоплюваними моделями, магнітне формування з використанням феромагнітних матеріалів та ін, кожен з яких мав свої переваги і недоліки, всі вони знайшли застосування в промисловості в залежності від виду сплавів, складності, конфігурації і маси виливків та інших умов виробництва [3].

Найбільш поширений технологічний процес з сухим піском із застосуванням вібрації і вакууму. Вібрація – це базис в ЛГМ, який замінює сполучні матеріали на етапі підготовки форми, вона переводить пісок у стан «псевдооживлення», він починає текти, як вода, проникаючи у самі важкодоступні місця моделі [3]. Піщинки займають максимально стійке положення, утворюють міцний каркас. Після включення вакууму всередині маси піску створюється негативний тиск, атмосферне повітря тисне зверху на пісок і додатково спресовує піщинки між собою, форма стає монолітною. Вібрація потрібна, щоб пісок щільно «обліпив» модель і заповнив усі порожнини, а вакуум потрібен, щоб утримати цей щільний шар, коли модель почне перетворюватися у газ під час заливки. Тобто, вібрація – це не заміна вакууму, а його напарник. Вібрація ущільнює пісок, а вакуум робить із нього дійсно «ливарну форму», готову протистояти тиску металу і відводити газу.

Коли розплавлений метал торкається моделі, пінополістирол миттєво газифікується. Між рідким металом і стінками піску утворюється тонкий прошарок із продуктів розпаду моделі. Тиск цього газу в перші секунди короткочасно підтримує склепіння піску, не даючи йому обвалитися до того, як метал заповнить порожнину [3]. Крім того, модель перед формуванням покривається спеціальною фарбою, яка після висихання утворює тонку міцну вогнетривку кірку. Вона утримує піщинки від перемішування з металом і регулює відведення газів у пісок. Газу йдуть вглиб холодного піску, там остигають і тимчасово «склеюють» тонкий шар піску, створюючи додатковий зміцнений шар в самий критичний момент заливки [3].

Використання сполучних матеріалів (наприклад, смоли або глини) в технології ЛГМ перетворює її в гібрид між класичним литтям в піщані форми і «чистим» ЛГМ. Це позбавляє процес його головних переваг і додає кілька критичних проблем [3]:

- різке погіршення газопроникності, тому що сполучна речовина заповнює пори між піщинками і блокує вихід газів;
- збільшення обсягу газів, що виділяються за рахунок горіння сполучного матеріалу;
- ускладнення процесів вибивки форм і очистки виливків;
- неможливість швидкої регенерації піску;
- втрата розмірної точності виливків, тому що при використанні сполучних речовин форму треба ущільнювати, а це призводить до деформації або поломки крихкої пінополістиролової моделі.

Але попри ці недоліки, використання ЛГМ у формах із сполучними матеріалами знайшло достатньо широке застосування у одиничному виробництві.

На початковій стадії освоєння ЛГМ для виготовлення моделей використовувалися плити із пінополістиролу підвищеної щільності, який застосовувався для виготовлення виробів для будівництва, побутової техніки і упаковки, з яких шляхом механічної обробки отримували моделі. Були спроби використовувати для виготовлення моделей і інших пінопласти, таких як пінополіуретан, фторопласт та пінополіетилен [3]. Але використання цих матеріалів для виготовлення виливків привело до значного погіршення їх якості з-за появи на поверхні виливків великої кількості коксового залишка після газифікації моделі. Пінополістирол найбільшою мірою задовольняв вимогам до пінопластів для виготовлення газифікованих моделей, а після проведення великої кількості дослідницьких робіт хіміками різних країн були створені спеціальні марки пінополістиролів для газифікованих моделей. При цьому, хімічні підприємства освоїли виробництво як плит пінополістирола для виготовлення моделей в одиничному виробництві, так і гранульованого пінополістирола для виготовлення моделей у серійному виробництві.

В одиничному виробництві моделі виготовляють із пінополістиролових плит механічною обробкою на дерево-обробних верстатах або на спеціальних установках гарячим інструментом, в якості якого використовується підігрітий дріт [3].

В серійному виробництві моделі виготовляють із спіненого полістиролу у дві стадії. На першій стадії гранули вихідного полістиролу для зниження щільності моделі і зменшення виділення газів при заливанні металу спінуються до заданої насипної маси в

гарячій воді при температурі 95-100 °С або парю при температурі 95-105 °С, а потім піддаються сушінню і витримуються на протязі певного часу для дозрівання [3]. На другій стадії здійснюється підігрів спінених гранул у замкнутому обсязі прес-форми, в результаті якого відбувається формування моделі із заданими технологічними і механічними властивостями. Технологічний процес виготовлення моделей складається із наступних операцій [3]:

- підготовка гранул пінополістиролу – обробка антистатиком для поліпшення заповнюваності прес-форм;
- підготовка прес-форми – періодичне змащування робочої порожнини водною емульсією мила і тальку в якості роздільного покриття;
- заповнення прес-форми гранулами пінополістиролу шляхом ежектування їх стисненим повітрям;
- теплова обробка прес-форми;
- охолодження прес-форми;
- видалення моделі із прес-форми;
- сушка моделі і витримка після сушки.

В залежності від теплоносія і його дії на процес спікання гранул пінополістиролу розрізняють наступні способи теплової обробки прес-форм [3]: ванний, автоклавний, зовнішнім тепловим ударом, внутрішнім тепловим ударом, комбінований, струмом високої частоти.

Ванний спосіб виготовлення моделей відрізняється простотою, не потребує складного обладнання (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Установа для виготовлення моделей ванним способом

При даному способі прес-форма, що заповнена гранулами підспіненого пінополістиролу, занурюється у водну ванну при температурі 100 °С, витримується в ній певний час, на протязі якого проходить спікання моделі. Потім проводиться охолодження зануренням прес-форми у ванну з холодною водою, а після видалення з прес-форми отримані даним способом моделі проходять тривале сушіння [3].

При автоклавному способі прес-форма, що заповнена гранулами підспіненого пінополістиролу, розміщується в автоклаві, в який подається гостра пара при температурі 110-120 °С під тиском 0,130-0,145 МПа.



Рисунок 7.2 – Установа для виготовлення моделей автоклавним способом

Прес-форма витримується в автоклаві необхідний час для спікання моделі, потім пара стравлюється з автоклаву, прес-форма витягається і занурюється у ванну з водою при температурі 15-20 °С для охолодження [3].

При зовнішньому тепловому ударі прес-форма оточена сорочкою, яка утворює камеру, куди подається гостра пара при швидкості 1 кг/хв під тиском 0,2-0,35 МПа при температурі 110-120 °С. З парової камери пара надходить через венти в прес-форму, яка попередньо заповнена гранулами підспіненого пінополістиролу. Пара, конденсуючись, віддає своє тепло гранулам

пінополістиролу, в результаті чого відбувається його розширення і формування моделі.



Рисунок 7.3 – Установка для виготовлення моделей зовнішнім тепловим ударом

Охолодження моделей після спікання проводиться поданням холодної води у сорочку прес-форми або розпиленням води на зовнішні стінки та внутрішні порожнини прес-форми через систему спеціальних форсунок [3].

Спосіб внутрішнього теплового удару полягає в поданні перегрітої пари під тиском 0,20-0,25 МПа безпосередньо у внутрішню порожнину прес-форми, попередньо заповненої гранулами підспіненого полістиролу.



Рисунок 7.4 – Установка для виготовлення моделей внутрішнім тепловим ударом

Формування моделі проходить в результаті проходження перегрітої пари через пори між гранулами в прес-формі, при якому пара, розширюючись, передає тепло гранулам. Такий процес використовується при виготовленні моделей з товщиною стінок більше 40 мм. Він швидкоплинний, легко механізується, найчастіше використовується при виготовленні моделей кульових надливів для живлення виливків із сталі і високоміцного чавуну. Охолодження моделі проводиться зануренням прес-форми у ванну з холодною водою [3].

Комбінований спосіб виготовлення газифікованих моделей суміщає спікання моделей поданням гострої пари у сорочку прес-форми і охолодження зануренням прес-форми у ванну з холодною водою.

При виготовленні моделей в електричному полі високої частоти (СВЧ) прес-форма, що заповнена гранулами пінополістиролу, міститься в полі високочастотного конденсату, ступінь нагрівання гранул в якому залежить від діелектричної проникності пінополістиролу [3].



Рисунок 7.5 – Установа для виготовлення моделей струмом високої частоти

Нагрівання сухих гранул пінополістиролу в полі високої частоти практично не відбувається. Тому, для підвищення діелектричних втрат проводиться попередня обробка гранул електролітом, в якості якого використовується вода з добавкою поверхнево-активних речовин. Тонкий шар водяного розчину під дією

СВЧ нагрівається і передає тепло гранулам. Охолодження моделей проводиться створенням в порожнині прес-форми глибокого вакууму, що змушує залишкову вологу миттєво випаровуватися і швидко охолоджувати модель.

Конструкції прес-форм залежать від способу нагріву при формуванні моделей. Проте у всіх випадках основна частина прес-форми, яка оформляє порожнину для виготовлення моделі, виконується приблизно однаково. Особливості конструкцій стосуються всіх інших елементів прес-форм.

Прес-форми намагаються виконати тонкостінними і достатньо жорсткими. Мала товщина стінок прес-форми дозволяє зменшити витрату теплоти на її нагрів, підвищити інтенсивність нагріву засипки гранул пінополістиролу, скоротити час нагріву і охолодження при формуванні моделі [3]. Товщина стінок основних частин прес-форм залежить від товщини стінок моделей [3]: при товщині стінок моделі до 6 мм товщина стінок прес-форм приймається 5-6 мм, при 6-20 мм – 6-8 мм, при 20-40 мм – 8-12 мм. Елементи оснастки, які виконують поглиблення, отвори та інші заглиблення виконуються пустотілими з товщиною стінок на 30-50 % менше, ніж зовнішні стінки прес-форми.

Ухили в прес-формі при висоті моделі до 20 мм не виконуються, при більшій висоті стінок вони робляться в межах $0,5^\circ$. Венти встановлюються в стінках прес-форми з прорізами 0,1-0,3 мм, напрям яких повинен співпадати з вилученням моделі із прес-форми [2]. Крок між вентилями приймається рівним подвійному діаметру вентилі. Замість вентилі можна використовувати перфорацію стінок прес-форми отворами діаметром 0,5-1,0 мм з кроком 1,0-1,5 см по всій робочій поверхні прес-форми. Загальна площа отворів в вентилях повинна бути не менше 2 % від робочої площі прес-форми. Діаметр задувного отвору в прес-формі залежить від розмірів спіненних гранул і виконується діаметром від 6 до 12 мм, але не більше товщини стінки моделі. Зверху задувного отвору робиться внутрішня фаска глибиною 5 мм під кутом 45° для забезпечення щільного прилягання задувного пристрою [3].

Для виготовлення деталей прес-форм використовуються різні конструкційні матеріали, які мають хорошу теплопровідність, високу корозійну стійкість в атмосфері пари і в воді, достатню механічну міцність і хорошу обробляемість ріжучим інструментом. Заgotовками для деталей прес-форм можуть бути як прокат, так і виливки. Щоб

отримувати якісні моделі, бажано застосовувати для робочих частин прес-форм прокат з алюмінієвих сплавів марок АМг5, АМг2, АМг6, Д16, 18К6 та ін, які мають достатню міцність, високу щільність і високу обробляємість, виливки із сплавів АК7ч, АК12 [3]. Кріпильна частина і замикаючі пристрої виконуються із нержавіючої сталі 30Х12Н9Т, з'єднувальні втулки виготовляються із бронзи або нержавіючої сталі, вентри – із алюмінієвих сплавів, ідентичних основним частинам прес-форми [3].

Шорсткість робочої поверхні прес-форми повинна бути в межах $Ra = 0,32-0,63$ мкм, максимально припустимі допуски на робочі розміри 0,03-0,04 мм [3].

Прес-форми для виготовлення моделей ванним і автоклавним способами використовуються для ручного виготовлення моделей. Їх конструкція подібна до металевих стержньових ящиків, що застосовуються при піскодувному процесі, однак вони повинні мати рівнопотовщені стінки для забезпечення однакового теплового потоку від теплоносія до гранул пінополістиролу.



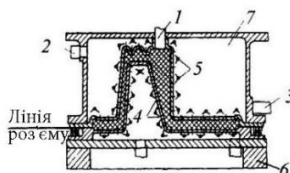
Рисунок 7.6 – Прес-форми для виготовлення пінополістиролових моделей ванним та автоклавним способами

Прес-форми для зовнішнього теплового удару застосовуються для машинного виготовлення моделей, тому крім основних робочих частин, подібних до робочих частин прес-форм для ванного і

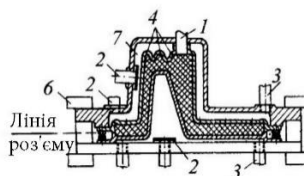
автоклавного способів, вони мають закриті камери, в які по заданому режиму подаються послідовно пара, вода і повітря.

Камери прес-форм для машинного формування моделей зовнішнім тепловим ударом бувають трьох видів (рис. 7.7) [3].

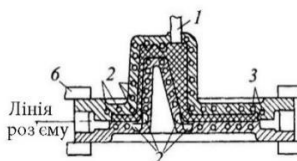
Коробчаста



Контурна



З трубчастими каналами



1 – завантаження гранул; 2 – введення пари, води, повітря; 3 – виведення відпрацьованих пари, води, повітря; 4 – венті; 5 – водяні форсунки; 6 – плита машини; 7 – камера

Рисунок 7.7 – Конструкції прес-форм для виготовлення моделей зовнішнім тепловим ударом

Прес-форми для виготовлення моделей внутрішнім тепловим ударом використовуються для так званого безкамерного спікання моделей. Перегріта пара подається безпосередньо в масу гранул через інжектор, конструкція якого забезпечує не тільки подачу пари, але дозволяє і різко скидати тиск (вакуумувати) для ефективного охолодження моделі [3].

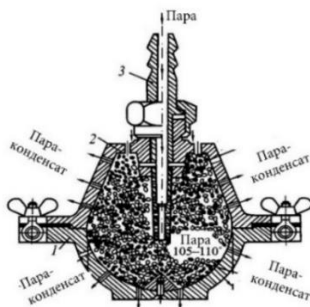
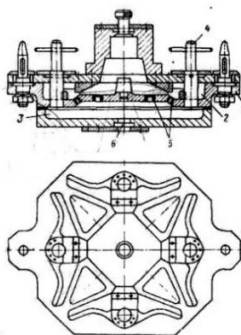


Рисунок 7.8 – Прес-форма для виготовлення моделей внутрішнім тепловим ударом

При внутрішньому ударі дуже важлива якість каналів відведення конденсату. Якщо в каналах залишиться хоча б крапля води, вона перетвориться в «кулю», яка залишить вм'ятину на поверхні моделі [3]. Стінки прес-форми повністю покриті вентами. Їх розташовують так, щоб потоки пари пересікалися в центрі самої товстої частини моделі.

При формуванні моделей комбінованим методом прес-форма має парову камеру, яка з'єднується з робочою порожниною за допомогою вент, встановлюваних в стінки прес-форми. Підведення пари всередину парової камери здійснюється через спеціальний отвір.



1 – корпус; 2 – робоча порожнина; 3 – парова камера; 4 – стрижень; 5 – венти; 6 – отвір для пари

Рисунок 7.9 – Прес-форма для формування моделей комбінованим способом

У таких прес-формах підведення охолоджуючої води всередину парової камери не передбачається, оскільки після закінчення нагріву і припинення подачі пари прес-форму для охолодження занурюють у ванну з холодною водою.

Прес-форми для виготовлення моделей спіканням СВЧ принципово відрізняються від прес-форм для традиційного парового методу. Оскільки нагрівання відбувається за рахунок впливу електромагнітного поля на молекули води (діелектричне нагрівання), прес-форма повинна бути «прозорою» для цього поля. Металева форма в полі СВЧ буде працювати як екран або викликає коротке замикання. Тому прес-форми виготовляють з діелектриків. Найчастіше це епоксидні або поліефірні смоли, армовані скловолокном [3]. Вони мають достатню міцність і не нагріваються самі по собі. Для вставок і сопел інжекторів використовують фторопласт, тому що до нього не прилипає пінопласт і він має ідеальні діелектричні властивості. Також використовують у прес-формах керамічні вкладиші [3]. Ззовні або в середині стінок форми розташовують металеві сітки або пластини (електроди), до яких підводять струм високої частоти. Конструкція повинна забезпечувати рівномірну відстань між електродами по всій геометрії моделі, щоб уникнути «перепікання» в тонких місцях і «недопикання» в товстих.

В конструкцію інжектора вмонтовується форсунка для мікророзпилення води або подачі пари в потік гранул при заповненні форми, яка повинна мати канали для відведення надлишків води, інакше виникне локальний перегрів («пробій» діелектрика) [3].

Венти в прес-формах для СВЧ служать переважно для виходу повітря при заповненні гранулами [3]. Їх кількість може бути менше, ніж в парових формах, і вони не можуть бути латунними або сталевими, а найчастіше полімерні або керамічні.

Взагалі, не зважаючи на простоту процесу виготовлення моделей СВЧ, він не знайшов належного застосування, тому що для отримання моделей складної конфігурації дуже важко створити рівномірно напружене поле і забезпечити відсутність бульбашок повітря або крапель води, які зруйнують модель [3].

Вихідними даними для конструювання прес-форми є креслення виливка з елементами ливарної форми і технічне завдання з відомостями про усадку пінополістиролу і матеріалу виливка, вид прес-форми і спосіб нагріву при формуванні моделей [3]: ручна для

ванного або автоклавного способу спікання, чи машинна для спікання зовнішнім або внутрішнім тепловим ударом та ін, які видає технолог.

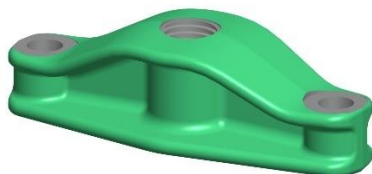


Рисунок 7.10 – Деталь «Траверса»

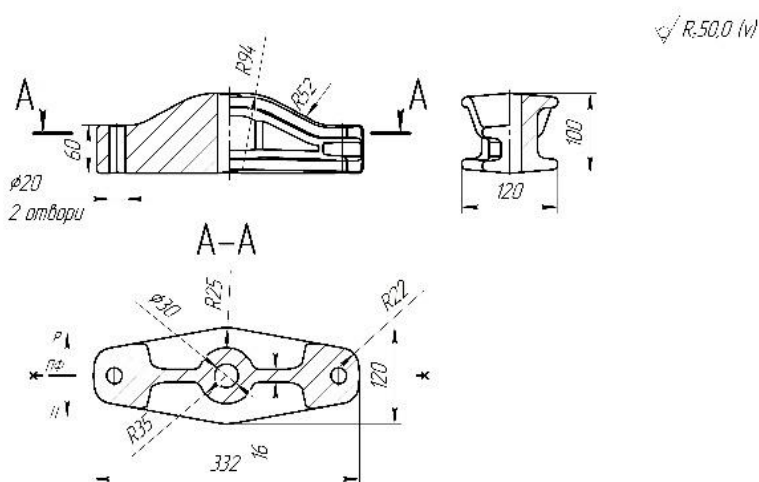


Рисунок 7.11 – Креслення виливка «Траверса»

Враховуючи спосіб нагріву при формуванні моделей, вид машини, якщо передбачено машинне спікання, конструктор розробляє збиральне креслення прес-форми, конструкції механізмів і деталей, обирає матеріали і способи виготовлення формуютьчих і конструктивних деталей.

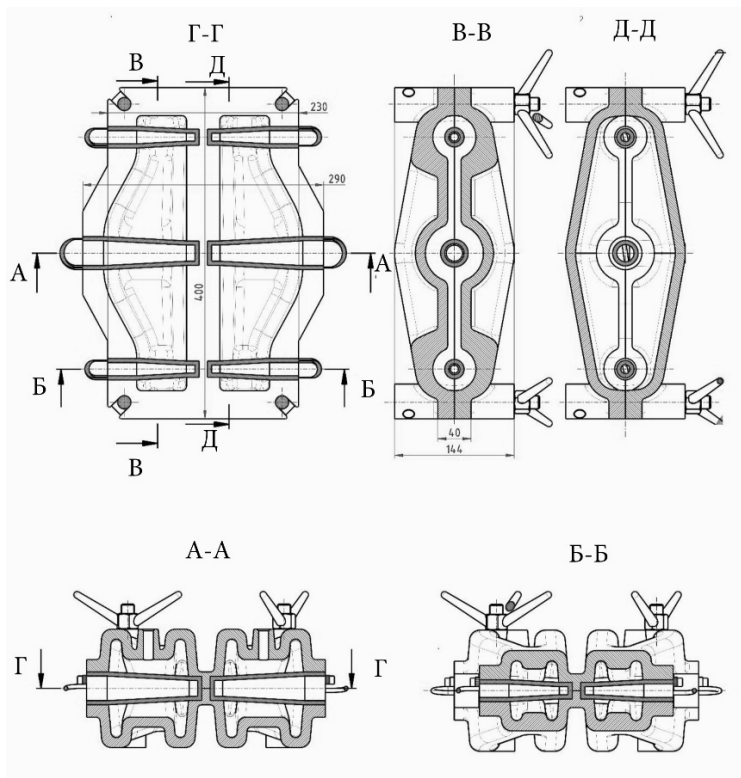


Рисунок 7.12 – Прес-форма на виливок «Траверса»

7.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи студент повинен повторити теоретичний матеріал, необхідний для розуміння сутності лабораторної роботи:

- особливості конструкцій прес-форм для ЛГМ;
- матеріали які використовуюються для виготовлення формоутворюючих і конструктивних елементів прес-форм.

7.4 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

Перед початком виконання роботи студент повинен знати:

- фактори, які впливають на вибір способу виготовлення моделей ЛГМ;
- фактори, які впливають на вибір матеріалу для прес-форм.

7.5 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- прес-форма на вилівок «Скоба»;
- креслення вилівка «Скоба».

7.6 Порядок проведення лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- ознайомитись прес-формою на вилівок «Скоба» в зборі;
- визначити, для якого способу нагрівання при формуванні моделі призначена прес-форма;
- розібрати прес-форму, ознайомитись з конструкціями деталей, з яких складається прес-форма і їх призначенням;
- виконати ескіз прес-форми на вилівок «Скоба» з визначенням формоутворюючих деталей;
- оформити специфікацію формоутворюючих деталей з визначенням матеріалів для їх виготовлення.

7.7 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- короткий опис конструкцій прес-форм для ЛГМ;
- ескіз прес-форми на вилівок «Скоба»;
- специфікацію деталей прес-форми на вилівок «Скоба» з визначенням матеріалів для їх виготовлення.

8 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ПРЕС-ФОРМ ЛИТТЯ ЗА ГАЗИФІКОВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

8.1 Мета роботи

Виконання лабораторної роботи повинно забезпечити:

- вміння проводити розрахунки технологічних параметрів формування моделей за газифікованими моделями;
- засвоєння основ розрахунків розмірів робочої порожнини прес-форм ЛПМ.

8.2 Загальні відомості

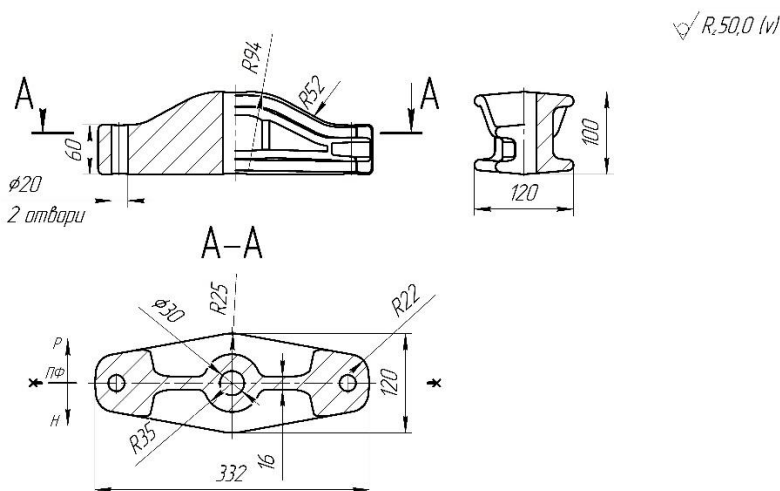
Технологія лиття за моделями, що газифікуються, забезпечує виготовлення виливків високої конструктивної складності, з високою точністю розмірів і низькою шорсткістю поверхні. Високу якість виливків неможливо отримати без використання у модельному виробництві прес-форм, сконструйованих з урахуванням особливостей технологічних процесів спінювання полістиролу та устаткування, що при цьому застосовується [3]. Так як технології виготовлення моделей для ЛПМ в ручних прес-формах у ваннах і автоклавах істотно відрізняються від технологій із зовнішнім або внутрішнім тепловим ударом на машинах, при конструюванні прес-форм необхідно враховувати особливості прийнятого методу у розташуванні каналів подачі і відведення теплоносія, відпрацьованих газів, охолоджувача та створенні вакууму та ін. Тобто, відміни в основному стосуються конструкції камер для подачі пари при машинному виготовленні моделей, а основна частина прес-форм, яка оформляє порожнину для виготовлення моделі, виконується приблизно однаково при всіх способах спікання. Сконструйована з урахуванням усіх необхідних вимог технологічних процесів, прес-форма забезпечить виготовлення моделей з необхідною якістю та оптимальними виробничими витратами [3].

При конструюванні прес-форми для ванного або автоклавного методу і основної частини, яка оформляє порожнину прес-форми для

спікання тепловим ударом, основна задача – забезпечити точну геометрію порожнини і правильний розподіл пари [3]. Це досягається правильним виконанням конструктивних і технологічних розрахунків параметрів прес-форми.

Приклад. Виконати конструктивні і технологічні розрахунки для прес-форми «Траверса» (див. лб. №7).

Вихідними даними для виконання розрахунків є креслення вилівка і технічне завдання з відомостями про технологічний процес теплової обробки полістиролу.



Матеріал СЧ 200, маса вилівка 10,4 кг, спікання в автоклаві без вакууму

Рисунок 8.1 – Вилівок «Траверса»

1. Розробка креслення моделі.

Розробка креслення моделі включає наступні етапи [3]:

- по кресленню вилівка визначається можливість виготовлення моделі в одній прес-формі при обраному способі виробництва моделей;

- якщо виготовлення моделі в одній прес-формі неможливе, то модель розбивається на таку кількість простих частин, щоб кожна із

них могла бути отримана в одній прес-формі, при цьому слід прагнути до мінімальної кількості складових частин моделі;

- при розробленні креслень моделі або її частин враховуються припуски і допуски на збирання моделі, ухили та інші технологічні зміни;

- на кресленнях моделі і її частин вказуються лінія роз'єму прес-форми, місця задуву гранул, шорсткість поверхні.

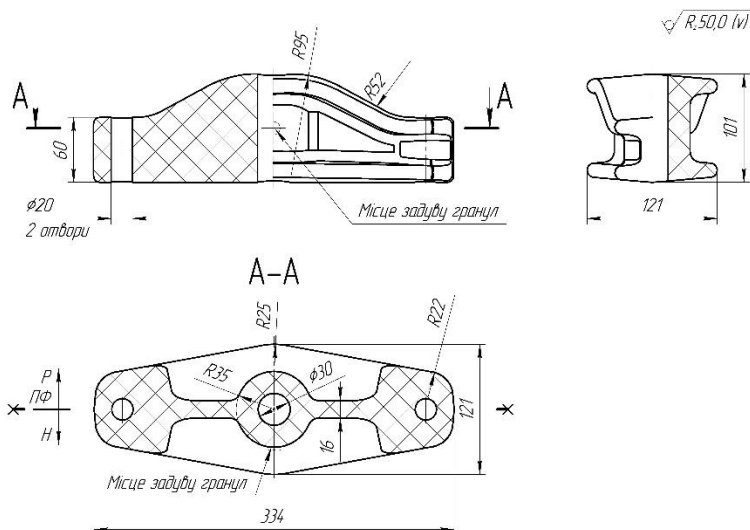


Рисунок 8.2 – Модель на вилівок «Траверса»

2. Розрахунок розмірів робочої порожнини прес-форми.

Головна особливість ЛГМ [3]: вилівок буде менше моделі на величину усадки матеріалу вилівка, а модель менше порожнини прес-форми на величину усадки пінополістиролу. Тому використовується коефіцієнт сумарної усадки.

Формула розрахунку розміру порожнини [3]:

$$L_{\phi} = L_{\text{дет}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{сум}}}{100}\right), \text{ мм} \quad (8.1)$$

де L_{ϕ} – розмір порожнини прес-форми, мм;

$L_{дет}$ – номінальний розмір деталі, мм;

$K_{сум}$ – сумарна усадка, %

Сумарна усадка – це сума двох усадок: лінійної усадки металу $K_{мет}$ і усадки пінополістиролу $K_{пс}$. Лінійна усадка металу залежить від сплаву і приймається для чавуну 1,0 %, для сталі 2,0 %, для алюмінію 1,2 %. Усадка пінополістиролу звичайно складає 0,1-0,2 % [3].

3. Розрахунок вент (дюз).

Для рівномірного заповнення порожнини гранулами полістиролу, рівномірного спікання моделі парою, відведення конденсату, в прес-форму встановлюють венти (сітчасті або щільові фільтри) діаметром 8-15 мм, з діаметром отворів або шириною щілин 0,5-0,8 мм. Якщо зробити більші – пінополістирол «полізе» назовні (ефект макарон), якщо менші – пара не зайде всередину [3]. Сумарна площа живого перетину вент повинна складати 0,5-1,0 % від площі поверхні моделі. Якщо вент мало – модель буде пухкою (недопік), якщо вент дуже багато – поверхня моделі буде покрита слідами від них, а витрати пари зростають. Розташовують венти у шахматному порядку з кроком 20-30 мм. Розміщення вент повинно бути рівномірним для одночасного проникнення пари у всі частини моделі. Обов'язково передбачаються венти в місцях, що заповнюються гранулами в останню чергу (кути, тонкі ребра) і в тупикових зонах, інакше повітря запре гранули і кути будуть округлені [3].

При виготовленні моделі із пінополістиролу в автоклаві без вакууму венти в прес-формі виконують подвійну роль [3]: спочатку через них в порожнину, заповнену підспіненим полістиролом, проходить пара для остаточного вспінання гранул, а потім через них виходять повітря і конденсат. Основна задача вент – запобігти утворенню «повітряних мішків» у верхніх частинах і накопичення води (конденсату) у нижніх. При відсутності вакууму площа вент повинна бути збільшеною, щоб пара встигла прогріти середину моделі до того, як крайні гранули спікуться і перекриють проходи. Якщо у прес-формі для автоклаву з вакуумом достатньо, щоб сумарна площа вент була 0,1-0,2 % від площі поверхні моделі, то при відсутності вакууму – 0,2-0,3 %. Сумарна площа вентиляційних каналів розраховується виходячи з об'єму оформляючої порожнини і інтенсивності подачі пари [3].

Об'єм виливка із чавуну масою 10,4 кг складе [3]:

$$V_B = \frac{M_B}{\rho_{\text{ч}}}, \text{ см}^3 \quad (8.2)$$

де M_B – маса виливка, кг;

$\rho_{\text{ч}}$ – щільність чавуну, кг/дм³

$$V_B = \frac{10,4}{7,2} = 1,44 \text{ дм}^3 = 1440 \text{ см}^3$$

Об'єм порожнини прес-форми більше об'єму виливка на величину сумарної усадки пінополістиролу і чавуну, в даному розрахунку знехтуємо цим для спрощення.

Траверса – це балка з ребрами. В ливарному виробництві площа поверхні ($S_{\text{пов}}$) тонкостінних виливків зв'язана з його об'ємом (V_B) і товщиною стінки (δ) базовим співвідношенням [3]:

$$S_{\text{пов}} = \frac{2 \cdot V_B}{\delta}, \text{ см}^2 \quad (8.3)$$

Для балки об'ємом 1,44 дм³ приблизна площа поверхні $S_{\text{пов}}$ складе 18 дм² (1800 см²). Сумарну площу вент приймаємо 0,25 % від площі поверхні моделі. Площа вент складе:

$$F_B = S_{\text{пов}} \cdot 0,0025 = 1800 \cdot 0,0025 = 4,5 \text{ см}^2 = 450 \text{ мм}^2$$

Оскільки модель траверси лежить у прес-формі «на боку», основні зони повітря і конденсату – це верхні точки ребр і торцеві частини. Зазвичай використовують сталеві або латунні венти (сітчасті або щілинні) діаметрами 6, 8, 10 мм. Приймаємо латунні венти діаметром 8 мм зі щілиною 0,2 мм.

Площа дзеркала венти [3]:

$$f_B = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 16 = 50,24 \text{ мм}^2$$

Ефективна площа одної венти складає приблизно 20 % від дзеркала [3]:

$$f_{\text{еф}} = 50,24 \cdot 0,2 \approx 10 \text{ мм}^2$$

Кількість вент [3]:

$$n = \frac{F_{\text{в}}}{f} = \frac{450}{10} = 45 \text{ шт}$$

При відсутності вакууму витіснення повітря відбувається тільки за рахунок тиску пари. Модель лежить «на боку», відповідно прес-форма має верхню і нижню половини прес-форми [3]. У верхній половині прес-форми венти – основні канали для виходу повітря, тому в ній розміщуємо 50 % вент (23 шт). Їх треба ставити по гребням ребр і в кутах, де повітря може «запертися». В нижній половині прес-форми венти служать в основному для зливу конденсату, в ній розміщуємо 30 % вент (14 шт). Ставляться вони в самих нижніх точках профіля траверси. В торцях ставимо останні 20 % вент (8 шт).

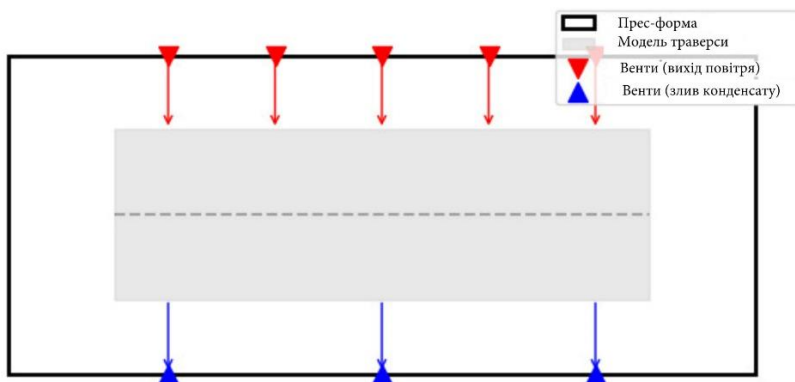


Рисунок 8.3 - Схема вентиляції прес-форми (вид збоку)

4. Визначення товщини стінок прес-форми.

Стінки прес-форми ЛГМ повинні бути достатньої товщини, щоб витримувати тиск пари без прогину і не бути занадто товстими, інакше форма буде довго прогріватися і довго охолоджуватися, що збільшить цикл виробництва. При проектуванні треба намагатися робити стінки максимально однаковими по товщині. Якщо є масивні

вузли в моделі, треба передбачати в формі пустотілі вставки (керни), щоб зменшити товщину шару пінопласту [3].

Для визначення товщини стінки прес-форми зазвичай використовують емпіричні дані і проводять перевірочні розрахунки із умов жорсткості (допустимого прогину) для прямокутної пластини, жорстко защемленої по контуру, який є типовим для стінки прес-форми, що працює під внутрішнім тиском пари.

За емпіричними даними товщина стінки прес-форми в залежності від найбільшого лінійного розміру моделі і маси виливка складає [3]:

- малі моделі, лінійний розмір до 150-200 мм, маса виливка (чавун, сталь) до 2-3 кг: товщина стінки прес-форми з алюмінієвих сплавів 10-12 мм, менше 10 мм не рекомендується - форму швидко «поведе» від циклічного нагріву і охолодження;

- середні моделі, лінійний розмір від 200 до 500 мм, маса виливка (чавун, сталь) від 3 до 15 кг: товщина стінки прес-форми 18-20 мм;

- великі моделі, лінійний розмір більше 500 мм, маса виливка (чавун, сталь) 15-20 кг: товщина стінки прес-форми 25 мм і більше.

По емпіричній залежності товщина стінки прес-форми виливка «Траверса» з алюмінієвого сплаву АК7 повинна бути 18-20 мм.

Для перевірочного розрахунку приймаємо вихідні дані:

- довжина прольоту (довжина траверси) $a = 332$ мм;

- ширина прольоту (ширина траверси) $b = 120$ мм;

- тиск пари $P = 0,3$ МПа ($0,03$ кг/мм²);

- модуль пружності алюмінію $E = 7 \cdot 10^4$ МПа;

- допустимий прогин для лиття за моделями, що випалюються, високої точності $f = 0,05-0,1$ мм. Приймаємо $0,08$ мм.

Товщина стінки s визначається із рівняння максимального прогину в центрі пластини [3]:

$$f = \alpha \cdot \frac{P \cdot b^4}{E \cdot s^3}, \text{ мм} \quad (8.4)$$

Звідки шукана товщина стінки s [3]:

$$s = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot P \cdot b^4}{E \cdot f}}, \text{ мм} \quad (8.5)$$

де α - коефіцієнт, що залежить від співвідношення сторін a/b .

Табличні значення α :

- при співвідношенні 1,0 (квадрат) - $\alpha = 0,052$;
- при співвідношенні 1,5 - $\alpha = 0,040$;
- при співвідношенні 2,0 - $\alpha = 0,032$;
- при співвідношенні 2,5 - $\alpha = 0,027$;
- при співвідношенні $\geq 3,0$ (довга полоса) - $\alpha = 0,025$.

При $a/b = 332/120 \approx 2,76$, коефіцієнт $\alpha \approx 0,027$.

Розрахунок:

$$S = \sqrt[3]{\frac{0,027 \cdot 0,3 \cdot 120^4}{70000}} \approx 8,23 \text{ мм}$$

Перевірочні розрахунки показали, для того, щоб стінку не вигнуло тиском пари, достатньо 8,2 мм. Але, враховуючи конструктивні і експлуатаційні особливості: отвори під вентилі, термічну втому, стягування половинок прес-форми затискачами та ін, емпірично визначена товщина стінки задовольняє умовам жорсткості. Приймаємо товщину стінки прес-форми 20 мм.

5. Розрахунок об'єму завантажувальної камери.

Щоб отримати якісну модель, треба знати, скільки попередньо спінених гранул треба подати у форму. При цьому треба враховувати не тільки об'єм виливка, а і щільність пінополістиролу, яка змінюється на кожному етапі спінювання. Вихідний полістирол – це щільні склоподібні гранули щільністю 1,05 г/см³. Насипна щільність (у мішку) приблизно 0,60-0,65 г/см³. Ці гранули після первинної термообробки парою у передспінювачі збільшуються в об'ємі і стають кульками з насипною щільністю 0,018-0,035 г/см³, для чавуну оптимальна щільність 0,022-0,025 г/см³ [3]. В такому вигляді вони засипаються в завантажувальну камеру прес-автомата. Після спікання у прес-формі це вже монолітна модель, щільність якої трохи вище насипної щільності підспінених гранул за рахунок ущільнення при вдуванні і розширення усередині форми і знаходиться в межах 0,020-0,030 г/см³. Якщо щільність буде вище 0,030 г/см³ при заливанні рідким металом може виділитися надто багато газів, що

приведе до газових раковин у виливку. Для розрахунку параметрів завантажувальної камери прес-форми необхідно визначити об'єм матеріалу, який повинен вміщуватися в камері з урахуванням запасу на ущільнення і технологічні надлишки. Послідовність розрахунку наступна [3].

Об'єм виливка:

$$V_{\text{вил}} = \frac{m_{\text{вил}}}{\rho_{\text{чав}}} = \frac{10,4}{7200} = 0,00144 \text{ м}^3 = 1440 \text{ см}^3$$

Об'єм випалюваної моделі з урахуванням усадки більше об'єму виливка, але у першому наближенні знехтуємо нею і приймемо $V_{\text{мод}} = V_{\text{вил}} = 1440 \text{ см}^3$.

Маса порції гранул ($M_{\text{пор}}$) з урахуванням щільності спіненої моделі $0,025 \text{ г/см}^3$ і технологічного запасу на вдунні канали і облії 10 %:

$$M_{\text{пор}} = 1440 \cdot 0,025 \cdot 1,1 \approx 40 \text{ г}$$

Підспінені гранули полістиролу з насипною щільністю $0,6 \text{ г/см}^3$ засипаються у мірну порожнину (камеру) інжектора, з якої вони видуваються стисненим повітрям в прес-форму. Об'єм порції гранул у камері:

$$V_{\text{кам}} = 40/0,6 \approx 67 \text{ см}^3$$

6. Розрахунок тривалості спікання моделі в автоклаві і охолодження у водяній ванні.

При виготовленні випалюваних моделей у автоклаві без вакууму, з охолодженням у ванні з холодною водою, тривалості витримки у автоклаві (гарячий цикл) і у ванні з водою (холодний цикл) впливають як на якість моделей, так і на продуктивність. Витримка у автоклаві – це час «зварювання» (спікання) гранул парою. Якщо перетримати – модель оплавиться («підгорить»), якщо недотримати – гранули розсипляться. Витримка у ванні з водою – це фіксація геометрії. Всередині моделі після спікання у автоклаві залишається надлишковий тиск газів і, якщо вийняти модель із форми

дуже рано, її «роздмухає» як подушку, якщо витримати у ванні більше потрібного – падає продуктивність. Головним фактором при розрахунках цих двох етапів є максимальна товщина стінки моделі.

Ціль витримки моделі в автоклаві (спікання) – прогріти гранули до температури 105-110 °С по всій товщині стінки. Емпірична формула для розрахунку тривалості подачі пари в автоклав [3]:

$$t_a = K_{\text{сп}} \cdot S, \text{ с} \quad (8.6)$$

де t_a – час подачі пари в автоклав під тиском 0,13-0,15 МПа, с;

$K_{\text{сп}}$ – коефіцієнт теплопровідності пінополістиролу, для щільності 0,025 г/см³ дорівнює 2,0-2,5 с/мм;

S – товщина стінки моделі, мм.

$$t_a = 2,2 \cdot 16 = 35-40 \text{ с}$$

Ціль охолодження у воді – швидко знизити тиск всередині моделі. Для охолодження у воді (температура води 15-20 °С) використовується емпірична залежність:

$$t_{\text{ох}} = 0,12 \cdot S^2, \text{ с} \quad (8.7)$$

де $t_{\text{ох}}$ – мінімальний час, який модель повинна провести у воді до розкриття, с;

S – товщина стінки, мм.

Таблиця 8.1 – Виробничий цикл для моделі вилівка «Траверса» масою 36 г

Операція	Тривалість	Опис
Продувка	10 с	Видалення повітря із автоклава парою
Витримка у автоклаві	35-40 с	Спікання гранул під тиском пари
Скидання тиску	5 с	Вирівнювання атмосферним ³
Витримка у ванні	30-60 с	Охолодження у воді до +45 °С

$$t_{\text{ох}} = 0,12 \cdot 16^2 \approx 31 \text{ с}$$

При охолодженні у ванні зануренням рекомендується додати до розрахованого часу ще 20-30 секунд (усього близько 1-1,5 хв) тому, що алюмінієва форма має більшу теплову інерцію і охолоджується повільніше, ніж сама модель всередині неї.

8.3 Документація, обладнання

Для виконання лабораторної роботи надаються:

- прес-форма на виливок «Скоба»;
- креслення виливка «Скоба»;
- креслення прес-форми на виливок «Скоба» (лб. №7).

8.4 Порядок виконання лабораторної роботи

Роботу виконувати в наступній послідовності:

- розібрати прес-форму на виливок «Скоба»;
- ознайомитися з деталями прес-форми, їх призначенням;
- визначити товщини стінок прес-форми і моделі;
- виконати креслення моделі виливка «Скоба»;
- виконати розрахунки розмірів оформляючої порожнини прес-форми, вент, товщини стінки прес-форми, об'єму завантажувальної камери, тривалості спікання і охолодження моделі у прес-формі;
- оформити звіт

8.5 Зміст звіту

Звіт про виконану лабораторну роботу повинен містити:

- опис загальних відомостей про технологічні і конструктивні розрахунки при проектуванні прес-форм ЛГМ;
- креслення моделі на виливок «Скоба»
- результати розрахунків розмірів оформляючої порожнини прес-форми, вент, товщини стінки прес-форми, об'єму завантажувальної камери, тривалості спікання і охолодження моделі у прес-формі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технологічна оснастка ливарного виробництва : навч. посіб. / А. М. Голофаєв [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. Луганськ : [б. в.], 2006. 304 с.

2. Фесенко А. М. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навч. посіб. до практ. занять і самост. роботи для студентів галузі знань 13 «Механічна інженерія» спец. 136 «Металургія» спеціалізації «Ливарне виробництво» ; Донбас. держ. машинобуд. акад., Каф. технологій і обладнання ливар. вир-ва. Краматорськ : ДДМА, 2017. 112 с.

3. Лиття за газифікованими моделями: теорія і практика : монографія / О. І. Шинський [та ін.] ; Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України. Київ : Наукова думка, 2019. 320 с.