

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

Кафедра ливарного виробництва

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
з дисципліни «СПЕЦІАЛЬНІ ТА ОСОБЛИВІ ВИДИ ЛИТТЯ»
для студентів заочної форми навчання
спеціальності 7.090403 «Ливарне виробництво чорних і кольорових металів»

Дніпропетровськ
НМетАУ 2010

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

Кафедра ливарного виробництва

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

з дисципліни «СПЕЦІАЛЬНІ ТА ОСОБЛИВІ ВИДИ ЛИТТЯ»

для студентів заочної форми навчання

спеціальності 7.090403 «Ливарне виробництво чорних і кольорових металів»

**Затверджено
на засіданні кафедри
ливарного виробництва
Протокол №16 від 08.04.10**

**ДНІПРОПЕТРОВСЬК
НМетАУ 2010**

Програма, методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни «Спеціальні та особливі види лиття» для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.090403 - Ливарне виробництво чорних і кольорових металів / Склад В.Ю. Селівьорстов. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2010. – 33 с.

Викладена програма дисципліни «Спеціальні та особливі види лиття», зміст лекційного курсу, приведені завдання до виконання контрольних робіт, питання до підсумкового контролю. У методичних вказівках до виконання практичних робіт приведені основні загальноприйняті методи конструювання та розрахунку ливниково - живильних систем при литті по витоплюваним моделям та приклад розрахунку основних технологічних параметрів лиття під високим тиском. Призначені для студентів спеціальності 7.090403 – Ливарне виробництво чорних і кольорових металів.

Рецензент:	А. У Татарчук, канд. техн. наук, доц.
Редактор:	М. О. Матвєєва, канд. техн. наук, доц

Підписано до друку 12.04.10. Формат 60х80 1/16. Папір типогр. Друк плоский. Об. - вид.л. 1,93. Об. друк.л 1,91. Наклад 50 екз.

Національна металургійна академія України
49600, Дніпропетровськ – 5, пр. Гагаріна, 4

Кафедра ливарного виробництва НМетАУ

ВСТУП

Згідно з навчальним планом та програмою дисципліни "Спеціальні та особливі види лиття" передбачена робота студентів в об'ємі 130 години самостійних занять по джерелах літератури, нормативних документах і виконанню контрольної роботи.

Крім того, згідно з навчальним планом передбачено проведення 20 годин лекційних і 12 годин практичних аудиторних занять на кафедрі ливарного виробництва. В лекціях будуть розглянуті найбільш актуальні та складні питання в галузі виробництва виливків спеціальними видами лиття.

1 РОБОЧА ПРОГРАМА З ДИСЦИПЛІНИ
"СПЕЦІАЛЬНІ ТА ОСОБЛИВІ ВИДИ ЛИТТЯ"
ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС (20 годин)

Тема 1. Техніко-економічні особливості спецвидів лиття (2 години).

Вступ. Сучасні вимоги до литих машинобудівних деталей. Завдання курсу. Загальні принципи обґрунтування вибору способу лиття. Перспективи, техніко-економічні особливості спецвидів лиття.

Тема 2. Об'ємні піщані форми (2 години).

Схема технологічного процесу отримання виливка в разовій об'ємній піщаній формі. Переваги та недоліки лиття в ОПФ. Перспективи розвитку методу лиття в ОПФ. Класифікація існуючих процесів виготовлення ливарних форм і стрижнів. Переваги затвердіння суміші в оснастці. Аналіз способів зміцнення піщаних форм.

Тема 3. Лиття в оболонкові форми (4 години).

Технологічні можливості, переваги та недоліки процесу. Основні технологічні операції при литті в оболонкові піщано-смоляні форми. Способи нанесення та ущільнення піщано-смоляної суміші на модельну оснастку. Особливості устрою оснастки для виготовлення оболонкових форм і стрижнів. Матеріали для виготовлення оснастки, що нагрівається. Особливості експлуатації оснастки. Технологічні матеріали для виготовлення оболонкових форм. Дефекти виливків, форм і стрижнів.

Тема 4. Лиття в кокіль (4 години).

Сутність процесу. Область використання. Переваги та недоліки. Різновиди кокілів. Кокільні покриття. Особливості лиття різних сплавів. Особливості лиття в облицьовані кокілі. Технологічне обладнання. Дефекти виливків.

Тема 5. Лиття по витоплюваним моделям (4 години).

Сутність процесу. Переваги та недоліки. Прес-форми для виготовлення моделей. Моделі що витоплюються, випалюються, розчиняються. Виготовлення ливарних форм. Особливості плавки сплавів і заливки форм. Вибивка, обрізка виливків і контроль їх якості. Механізація та автоматизація процесу ЛВМ.

Тема 6. Лиття з використанням зовнішніх впливів на рідкий метал та метал, що кристалізується. Охорона праці і навколишнього середовища у цехах спецвидів лиття (4 годин).

Сутність процесу. Основні схеми процесів лиття під тиском. Особливості лиття різних сплавів. Гідродинаміка заповнення форм. Контроль якості виливків. Дефекти виливків. Особливості техніки безпеки при плавленні різних сплавів. Особливості техніки безпеки при різних видах лиття.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ (12 годин)

Тема 5. Лиття по витоплюваним моделям (8 годин).

Проектування та розрахунки ливниково-живлючої системи (4 години)

Література [Розділ № 3].

Тема 6. Лиття під високим тиском (4 години).

Розрахунки основних технологічних параметрів лиття під тиском

Література [6, 7, 8, розділ №4].

САМОСТІЙНА РОБОТА (90 годин)

Тема 3. Лиття в оболонкові форми (10 годин).

Конструювання оснастки. Різновиди процесів лиття в оболонкові форми.

Література [1: с.165 –183].

Тема 4. Лиття в кокіль (20 годин).

Спеціальні види кокілів. Проектування ливниково-живлючої системи.

Література [1: с.81 – 91, 103 – 105; 4].

Тема 5. Лиття по витоплюваним моделям (20 годин).

Конструювання виливків.

Література [1: с. 199 – 201, с.12 – 36; 2].

Тема 6. Лиття з використанням зовнішніх впливів на рідкий метал та метал, що кристалізується (40 годин).

Литво з використанням ультразвукової обробки. Литво з використанням розосередженої ливниково-живлючої системи. Литво заморожуванням. Суспензійне литво. Отримання композиційних виливків. Армоване литво.

Література [1: с. 448 – 489, 490 – 497, 568-589, 656 – 667, 668-679, 680-710; 3; 5].

2 ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Завдання на контрольні роботи по курсу видає викладач, який веде курс. Завдання на контрольну роботу повинно вміщувати не менше трьох питань по різних видам лиття.

1. Вплив зовнішніх фізичних дій на кристалізацію сплавів.
2. Керамічні форми із суспензій, що огелюються.
3. Піщано-керамічні форми.
4. Керамічні форми та стрижні, що отримані спіканням.
5. Виготовлення форм із кварцових водяних суспензій.

6. Лиття в графітовий кокіль кольорових і чорних сплавів.
7. Лиття у вуглецеві форми тугоплавких сплавів.
8. Лиття під низьким регульованим тиском.
9. Лиття з протитиском.
10. Лиття вакуумним всмоктуванням.
11. Лиття під всебічним газовим тиском.
12. Основні схеми та технологічні основи процесу лиття з кристалізацією під тиском.
13. Лиття з кристалізацією під тиском на машинах лиття під тиском.
14. Сутність та теплофізичні особливості затвердіння рідкого металу при відцентровому литті.
15. Різновиди відцентрових машин та основні технологічні режими, що забезпечують отримання якісних виливків.
16. Виробництво одношарових і біметалевих труб та виливків із чавуну, бронзи та сталі.
17. Відцентрове лиття фасонних виливків, дефекти виливків.
18. Електрошлакове відцентрове і кокільне литво.
19. Фізичні засади магнітодинамічного впливу на металевий розплав.
20. Магнітодинамічний вплив на метал при витримуванні та заливанні.
21. Магнітодинамічний вплив на метал, що кристалізується в ливарній формі.
22. Лиття з використанням ультразвукової обробки.
23. Лиття з використанням розподіленої ливниково-живильної системи.
24. Безперервне горизонтальне лиття.
25. Вертикальне лиття машинобудівних заготовок.
26. Напівбезперервне вертикальне лиття труб.
27. Лиття на рухомий кристалізатор.
28. Лиття в стаціонарний кристалізатор.
29. Сутність та технологічні основи електрошлакового лиття.
30. Обладнання для електрошлакового лиття.

31. Сутність та особливості процесу лиття алюмінієвих сплавів в електромагнітні кристалізатори.
32. Основні закономірності формування злитка при литті в електромагнітні кристалізатори.
33. Безперервне лиття важких кольорових металів і сплавів.
34. Суспензійне лиття.
35. Отримання та застосування композиційних виливків.
36. Армування поверхні виливків тонкостінними оболонками.
37. Об'ємне армування фасонних виливків волокнами.
38. Армування при литті під тиском.

3 КОНСТРУЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК ЛИВНИКОВО – ЖИВИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ЛИТТІ ПО ВИТОПЛЮВАНИМ МОДЕЛЯМ

3.1 Загальні положення

Техніко - економічна ефективність ливарного виробництва і, зокрема , лиття по витоплюваним моделям у значній мірі залежить від конструкції ливниково-живильної системи (ЛЖС), що застосовується. У литті по витоплюваним моделям ЛЖС виконує роль металопроводу, що визначає напрямок, характер, масову та лінійну швидкості заповнення робочої порожнини форми рідким металом, уловлює сторонні вкраплення і сприяє найбільш повному видаленню їх з порожнини виливка, створює умови спрямованого затвердіння металу у формі, компенсуючи усадку рідкого металу за рахунок більш пізнього затвердіння надливів, у той же час є конструктивними елементами, що забезпечують міцність блоків моделей і виливків, їх технологічність при монтажі, формуванні керамічної оболонки, на операціях відділення виливків від ЛЖС.

Такі ливарні дефекти у виливках, як газові раковини, неметалеві включення, окисні плівки, неспаї, недоливи, шпаристість, пухлість, усадкові раковини, тріщини і багато іншого є наслідком недосконалості ЛЖС.

Окрім того, конструкція ЛЖС багато в чому визначає витрати металу (вихід придатного), допоміжних матеріалів, трудомісткість, енергоємність виготовлення виливків і ін. техніко-економічні показники.

Тому на етапі конструювання ЛЖС закладаються основи для забезпечення якості виливків, техніко-економічних показників їхнього виробництва, обсяги оснащення технологічним устаткуванням, ступінь оснащення механізації процесів і інші соціальні аспекти ливарного виробництва.

3.2 Вихідні дані для конструювання і розрахунку ливниково - живильних систем

Розробку ЛЖС на конкретні машинобудівні виливки виконують у чотири етапи:

- вибір типу системи;
- розрахунок елементів живлення;
- розрахунок ливникових каналів;
- аналіз систем.

3.1.1 Вибір типу ЛЖС

Сучасний рівень розвитку технології лиття по витоплюваним моделям, накопичений виробничий досвід, дозволили типізувати різноманіття ЛЖС, виділивши в них вісім типів груп, що рекомендуються для їхнього орієнтованого призначення, в залежності від конструкції виливка, його маси і характеру виробництва, його серійності.

У таблиці 3.1 приведені типи ЛЖС.

Таблиця 3.1 - Типи ливниково - живильних систем

Тип	Живильний елемент	Характеристика надливу
1	2	3
I	Центральний стояк	Колективна
II	Горизонтальний колектор	Колективна
III	Вертикальний колектор	Колективна
IV	Вертикальний колектор, що заповнюється знизу	Колективна
V	Бічний надлив	Індивідуальна
VI	Верхній надлив	Індивідуальна
VII	Місцевий надлив і колектор	Розчленована
VIII	Система місцевих надливів	Розчленована

Ливниково - живильні системи I, II і III типів, їхні розміри в залежності від маси і конфігурації виливків регламентовані ДСТ 19551-74÷ 19568-74, у яких наведені наступні конструкції ЛЖС:

- тип I - центральний стояк. Застосовують стояки круглого, трикутного, квадратного і шестигранного перетину (рис.1.1). Стояки круглого перетину застосовують як при секційному, так і при роздільному (методом припаювання) збиранні модельних блоків для виготовлення рівностінних деталей нескладної конфігурації; трьох -, чотирьох -, шестигранні стояки застосовуються тільки при роздільному збиранні модельних блоків для виготовлення аналогічних деталей, зазначених для стояка круглого перетину. Усі ці стояки можуть застосовуватися і для виготовлення деталей кільцеподібної форми, збірку моделей яких роблять концентрично навколо стояка.

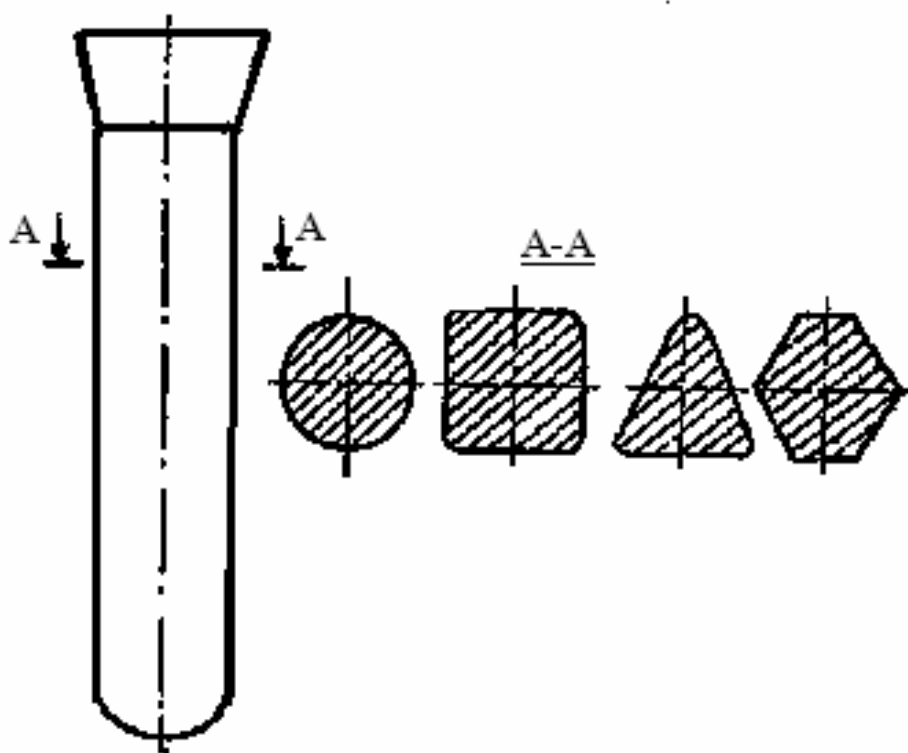


Рисунок 3.1 - Центральний стояк

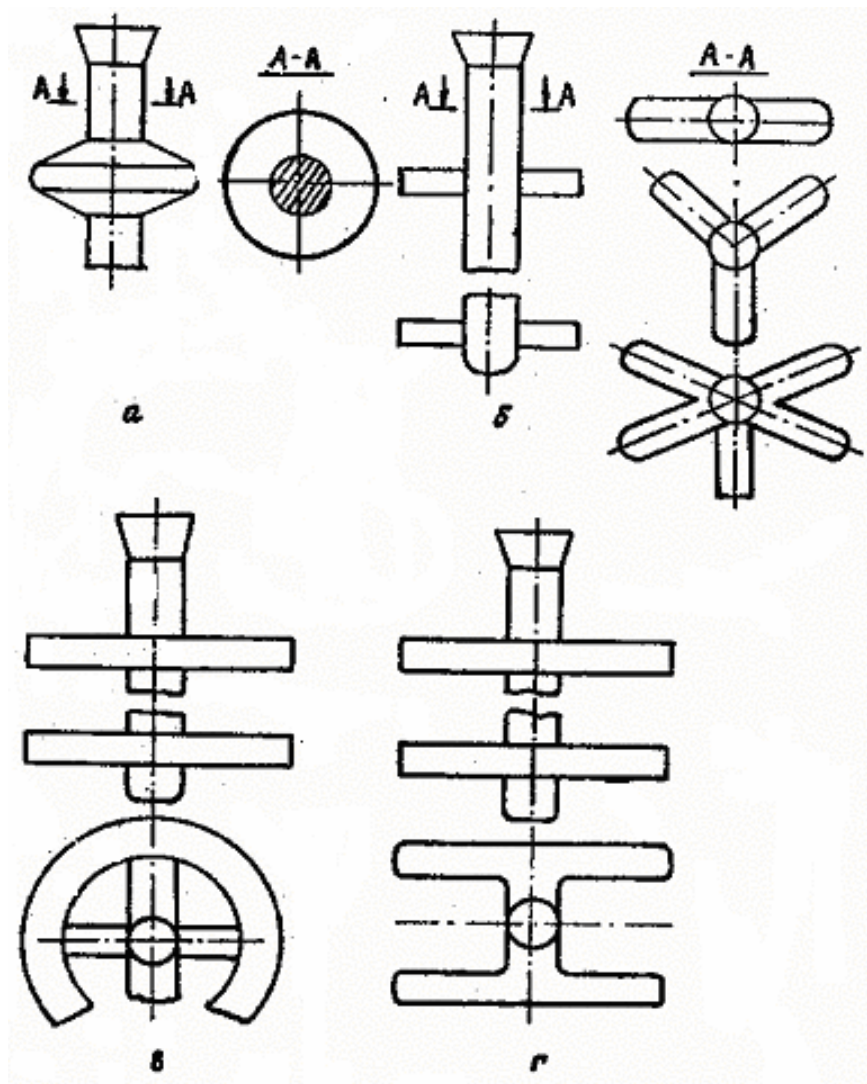


Рисунок 3.2 - Горизонтальні колектори

- тип II - горизонтальний колектор. На рис.3.2 представлені схеми горизонтальних колекторів: дискових (а), радіальних (б) по двох, трьох, чотирьох, п'ятьох променів у ланці, кільцевих (в) і незамкнених парних (г).

Кількість ланок - колекторів (число ярусів) на стояку і відстань між ними диктується конструкцією моделі вилівка. Виливки можуть розташовуватися горизонтально і вертикально. Цей тип ЛЖС рекомендується, в основному, для виготовлення плоских протяжних виливків типу важелів, що мають один і більш масивних вузлів. Такі виливки розташовують вертикально навколо стояка.

- III тип ЛЖС - вертикальний колектор - приведений на рис. 3.3.

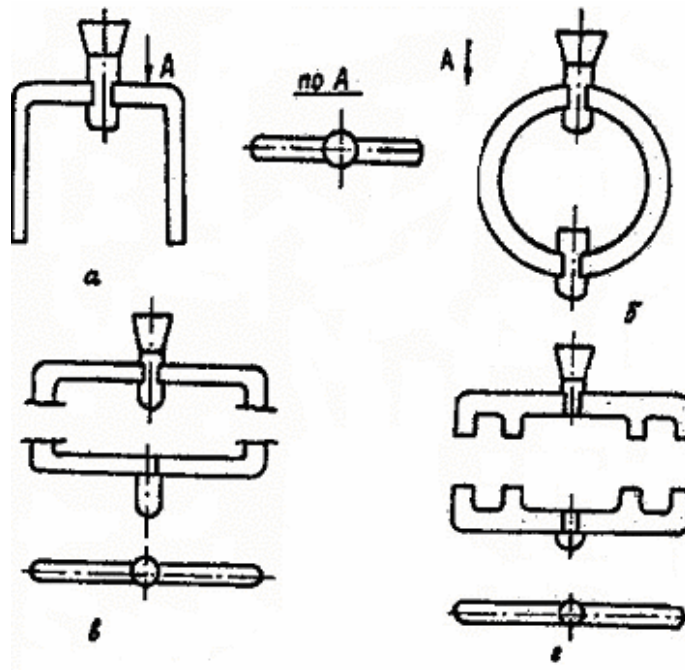


Рисунок 3.3 - Вертикальні колектори

Системи з колекторами парними незамкнутими (а), з парними замкнутими (в) і з двопарними замкнутими (г) застосовують, в основному, для деталей невеликої довжини, конфігурація яких забезпечує найбільше технологічне консольне їх положення в блоці і компактне розташування на вертикальних колекторах.

Система (б) застосовується для виготовлення деталей типу втулок, кілець, коліс, циліндричних корпусів.

Державним стандартом не передбачений, але іноді застосовують трубчастий (порожній) стояк, що дозволяє розмістити велику кількість моделей навколо стояка без збільшення витрат металу (рис.3.4).

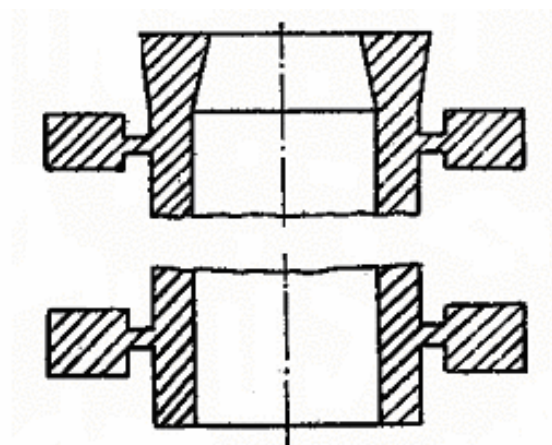


Рисунок 3.4 - Трубчастий колектор

Приклади застосування ЛЖС різних типів для характерних виливків у машинобудуванні приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Застосування різних типів ЛЖС

Типовий виливок	Типи ЛЖС при орієнтованій масі одиничного виливка, кг (по сталі)		
	до 1,0	от 1,0 до 10,0	понад 10,0
Гайка-баранчик	I, II	II, VI	VI
Важіль. Ручка	I, II, III	II, VII	V, VII
Лопатка	II, IV, VII	VI, VII	VI
Магніт	I, IV	-	-
Кришка. Сопловий апарат	II, III	IV, VIII	VIII
Крильчатка	II	IV, VI	V, VI, VII
Ротор	VI	VI, VIII	VI, VIII
Циліндр. Патрубок	I, II	V, VI	V, VI, VIII
Корпус	I, II, III	II, VII, VIII	VIII

Кількість виливків у ланці (n) можна визначити по формулі [2]:

$$n = \frac{360}{\arctg \frac{Z_1}{L_n + R_c} + \arctg \frac{Z_2}{L_n + R_c} + \arcsin \frac{12}{\sqrt{Z_2^2 + (L_n + R_c)^2}}} \quad (1.1)$$

де величини, що входять у формулу, визначають за схемою (рис.1.5).

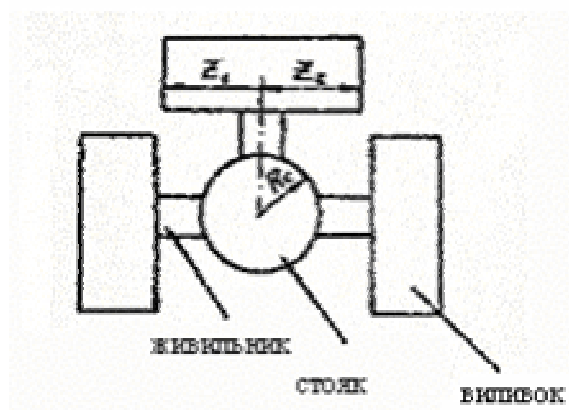


Рисунок 3.5 - Схема ланки

При визначенні кута зсуву ланок відносно один одного необхідно враховувати необхідність мінімальної відстані між виливками, що повинна бути не менш ніж 8-12 мм.

3.2.2 Розрахунок елементів живлення

В залежності від обраного типу ЛЖС може бути використаний один з трьох найбільш відомих інженерних методів розрахунку надливів:

- метод приведених товщин;
- метод вписаного кола;
- комплексний метод.

Метод розрахунку приведених товщин чи модулів охолодження стосовно лиття по витоплюваним моделям розроблений М.Л. Хенкіним для виливків невеликої маси при використанні ЛЖС типів I-III, VII. Вихідними даними для визначення розмірів ЛЖС є модуль охолодження масивного вузла, що живиться і маса виливка.

Метод Хенкіна М.Л. емпіричний, є результатом узагальнення виробничого досвіду, але, у той же час, заснований на цілому ряді теоретичних положень.

У виробництві ЛВМ елементи ливникової системи, як правило, є і живильними, тобто виконують роль надливу. Тому для одержання якісного виливка повинна бути забезпечена спрямованість кристалізації металу. Для забезпечення спрямованості затвердіння до ЛЖС необхідно кріпити виливок найбільш масивними вузлами. Причому, ці масивні вузли повинні твердіти раніш, ніж живлючі їх елементи конструкції ЛЖС (живильники, колектори, стояки). У розрахунках враховують, що послідовності охолодження металу виливка і ЛЖС визначається інтенсивністю теплообміну між виливком і формою, що характеризують критерієм Біо (Bi):

$$Bi = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot X \quad (3.2)$$

- де X - характерний розмір охолоджуваного виливка, м ;
 α - коефіцієнт теплопередачі з поверхні виливка, Вт/(м²·°К);
 λ - коефіцієнт теплопровідності металу, Вт/(м·°К).

При малих значеннях критерію Бі ($Bi \ll 1$) швидкість охолодження різних частин виливка з достатнім ступенем точності можна характеризувати так названим "модулем охолодження" - (приведеною товщиною охолоджуваної частини виливка):

$$R_y = \frac{V_y}{S_y} \quad (3.3)$$

Сутність методу Хенкіна М.Л, полягає в тому, що він дає рекомендації з вибору

співвідношень приведених розмірів вузла виливка, що живиться, і живильних елементів, при яких забезпечується спрямованість кристалізації, одержання щільного виливка при мінімальній витраті металу на ЛЖС.

По методу Хенкіна М. Л. визначають:

- діаметр стояку;
- розмір живильника;
- розмір поперечних перетинів колекторів, якщо їх застосовують.

Розрахунок по методу Хенкіна М.Л. роблять по формулах, номограмах, таблицях.

Розрахунок розмірів живильника чи стояка проводять по наступним формулам:

$$R_{жив} = \frac{K^4 \sqrt[3]{R_y^3 \cdot G_{вил}} \cdot \sqrt[3]{l_{жив}}}{R_{ст}}$$

чи

$$R_{ст} = \frac{K^4 \sqrt[3]{R_y^3 \cdot G_{вил}} \cdot \sqrt[3]{l_{жив}}}{R_{жив}} \quad (3.4)$$

де $R_{жив} = \frac{F_{жив}}{P_{жив}}$ - модуль охолодження живильника, мм;

$R_{ст} = \frac{F_{ст}}{P_{ст}}$ - модуль охолодження стояка, мм;

$F_{жив}, P_{жив}, F_{ст}, P_{ст}$ - площа, мм² і периметр, мм живильника і стояка, відповідно;

K - коефіцієнт пропорційності, емпіричний, застосовують рівним II;

$R_y = \frac{V_y}{S_y}$ - модуль охолодження теплового вузла, що живиться, виливка, мм;

V_y, S_y - обсяг, мм³ і поверхня охолодження, мм² теплового вузла виливка, що живиться;

$G_{вил}$ - маса виливка, кг;

$l_{жив}$ - довжина живильника, мм.

Схему процесу розрахунку по таблицях можна представити в наступній послідовності:

- розраховують модуль охолодження або приведену товщину вузла виливка, що живиться, або її масивної частини. Для забезпечення послідовної кристалізації виливка необхідно приєднати ливникову систему до масивної частини виливка (рис.3.6).

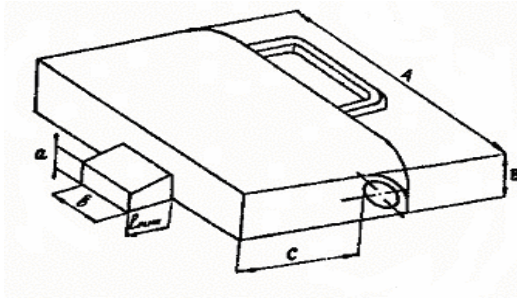


Рисунок 3.6 - Схема виливка

$$R_y = \frac{A \cdot B \cdot C}{2(AB + BC + AC)} \quad (3.5)$$

- визначають масу виливка (G) і довжину живильника ($l_{жив}$). Чим коротше живильник, тим ефективніше живлення вузла, тим менше може бути його поперечний переріз, необхідний для забезпечення спрямованої кристалізації.

Однак вибір $l_{жив}$, визначають не тільки з причин, пов'язаних з живленням виливка, але і з цілим рядом технологічних умов, а саме:

- зручність зборки моделей у блоки;
- збільшення виходу придатного (максимум розміщення кількості виливків на стояку);
- зручність відділення виливків від стояка.

Тому, в залежності від конструкції блоку, виливка, його маси рекомендують вибирати $l_{жив}$ в межах від 4 - 6 мм до 10 - 12 мм.

По 3-м відомим величинам R_y , G , $l_{жив}$ за допомогою таблиці 1.3 знаходять $D_{ст}$ і $R_{жив}$ (діаметр стояку і приведену товщину перетину живильника).

Найбільш часто для розрахунку перерахованих вище параметрів ливникової системи використовують таблиці. Наприклад, табл. 27 стор. 79 ІМ "Лиття по виплавленим моделям", М.: Машинобудування, 1971.

Розміри живильника "а" (товщина) і "в" (ширина) визначають з вираження:

$$R_{жив} = \frac{a \cdot b}{2(a + b)} \quad (3.6)$$

задаючи однією величиною з них так, щоб перетин живильника був більш компактним.

Якщо ЛЖС має колектори, що виконують роль надливів, визначають приведену товщину перетину колектора як функцію:

$$R_{кол} = \kappa \cdot R_{ст} \quad (3.7)$$

Приведену товщину стояка визначають по його діаметру, як відношення його

площі до периметру, а коефіцієнт, що визначає різницю між $R_{ст}$ і $R_{кол}$ вибирають в залежності від конструкції ЛЖС.

Наприклад, для ЛЖС у вигляді горизонтального колектора $\kappa = 0,5-0,7$, для ЛЖС із 2-ма вертикальними колекторами $\kappa = 0,8-0,9$.

Максимальне значення $\kappa = 1,2$ приймають при розрахунках трубчастих колекторів.

Метод розрахунку ЛЖС по діаметрах вписаних сфер розроблений Н.Я. Лященко на підставі експериментальних робіт і узагальнення виробничого досвіду.

В основу методу покладені наступні положення:

- стінки великої довжини розташовують вертикально, метал підводять переважно знизу (сифонно);
- розміри надливної частини визначають за правилом вписаних сфер;
- для виливків масою більше 500 г розраховують кількість надливів з урахуванням дистанції їхньої дії, швидкість заповнення форми регулюють звуженим перетином і визначеним металостатичним напором.

Метод Я.Н. Лященко застосовується для розрахунку ЛЖС виливків масою до 20-25 кг. Метал варто підводити по можливості в усі масивні частини виливка, де не встановлені холодильники.

Схема ЛЖС для розрахунку методом вписаного кола приведена на рис.3.7.

Формули для розрахунку ЛЖС типу I приведені в табл.3.4, а для розрахунку надливів у ЛЖС типів V-VIII і горизонтальних ливникових ходів ЛЖС типу II і VII в табл. 3.5.

Таблиця 3.3 - Формули для розрахунку ЛЖС типу I.

Конструктивний елемент	Характерний розмір	Розрахунок формули вузла	
		компактного	протяжного
Виливок	Діаметр сфери, вписаної у вузол, D_y	Визначають по кресленню виливка	
Живильник	Товщина $a_{жив}$ Ширина $b_{жив}$ Довжина $l_{жив}$	$a_{жив} = (1-1,2)D_y$ $b_{жив} = a_{жив} \cdot b_{жив} = (3-4)D_y$ $l_{жив} = 6-8мм$	
Стояк	Діаметр чи ширина $d_{ст}$	Визначають по розкладці виливків, але не менш $d_{ст} > 3 \cdot d_{жив}$	

Таблиця 3.4 - Значення модулів охолодження вузлів виливків, що живиться, живильників, діаметрів стояків і маси виливків

[illegible]

Таблиця 3.5 - Формули для розрахунку надливів типу V-VIII до горизонтального ливникового ходу ЛЖС типів II,VII

Конструктивний елемент	Характерний розмір	Розрахункові формули для вузла	
		компактного	протяжного
Виливок	Діаметр сфери вписаної у вузол D_y	Визначають по кресленню виливка	
Шийка надливу	Товщина (діаметр) $a_{ш}$ Ширина $b_{ш}$ Висота $h_{ш}$	$a_{ш} = (1 - 1,2)D_y$ $b_{ш} = (3 - 4)D_y$ $h_{ш} = (0,4 - 0,5)D_y$	
Надлив	Товщина нижньої основи, a_n Ширина нижньої основи, b_n Кут при вершині конуса надливу, α Висота надливу: - закритого h_n - відкритого h'_n Радіус дії надливу r_g	$a_n = K_1 \cdot D_y$ $b_n = a_n \quad b_n = b_{ш} + (K_1 - 1) \cdot D_y$ $\alpha = 10 - 15^\circ$ $h_n = (2,5 - 3) \cdot D_y$ $h'_n = (3 - 3,5)D_y$ $r_g = K_2 \cdot D_y$	
Виливок	Діаметр сфери, вписаної в нижній вузол, D_y	Визначається по кресленню виливка	
Живильник	Товщина (діаметр), $a_{жив}$ Ширина, $b_{жив}$ Довжина, $l_{жив}$	$a_{жив} = (1 - 1,2)D'_y$ $b_{жив} = a_{жив} \quad b_{жив} = (3 - 4)D'_y$ $l_{жив} = 6 - 8 \text{ мм}$	
Горизонтальний ливниковий хід	Ширина перетину, b_x Висота перетину, h_x	$b_x = K_1 \cdot D'_y$ $h_x = b_x$	
Стояк	Ширина (діаметр), d_c	$d_c > K_3 \cdot b_x$	

Коефіцієнти K_1, K_2, K_3 відображають характер і величину усадки сплаву, їхні значення приведені в таблиці 1.6.

Таблиця 3.6 - Значення коефіцієнтів K_1, K_2, K_3 , зазначених у таблиці 3.5.

Коефіцієнт	Вуглецева сталь	Середньолегована сталь	Високолегована сталь
K_1	1,4	1,6	1,8
K_2	5,0	4,0	2,5
K_3	1,2	1,25	1,3

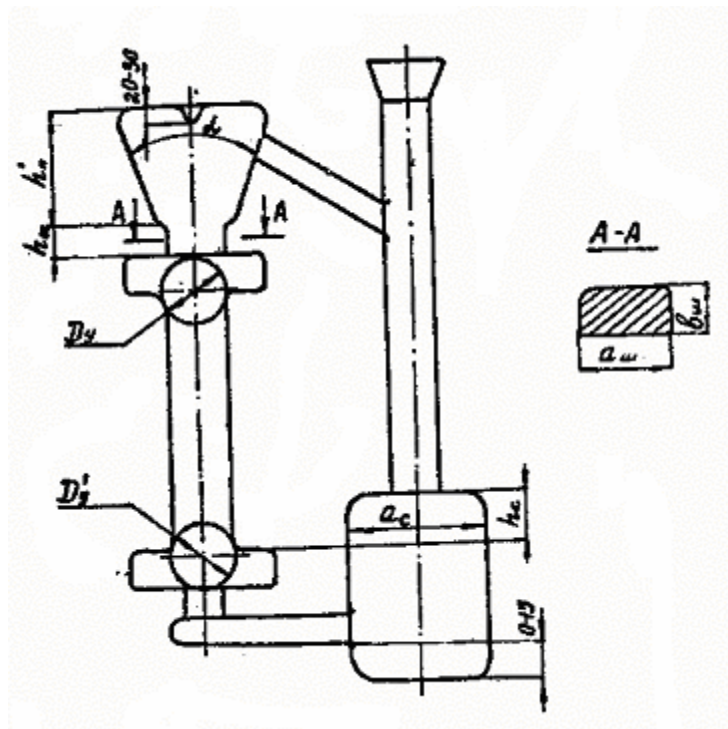


Рисунок 3.7 - Схема ЛЖС для розрахунку методом вписаних кіл

Комплексний метод розрахунку надливу найбільш повно враховує теплофізичні властивості форми і її технологічні особливості. Розрахунок роблять по формулі Намюра - Шкленника:

$$V_{\text{надл}} = m \cdot \xi \cdot (1 + \beta)^3 \cdot y \cdot Z \cdot R_y^3 + 3 \cdot \beta \cdot V_{\phi} \quad (3.8)$$

де $V_{\text{надл}}$ - об'єм надливу, см³;

m - коефіцієнт, що враховує відстань від надливу до місця підведення розплаву до виливка;

β - коефіцієнт об'ємної усадки металу;

ξ - коефіцієнт конфігурації надливу, обумовлений співвідношенням

$S_{над}^3 / V_{над}^2$, де $S_{над}^3$ і $V_{над}^2$ - поверхня охолодження й об'єм надливу;

γ - коефіцієнт, що враховує відносну тривалість затвердіння теплового вузла виливка, що живиться, і надливу в залежності від їхньої конфігурації;

Z - коефіцієнт, що враховує тепловий стан надливу і вузла, що живиться, виливка і є співвідношенням питомих теплових потоків на поверхні метал-форма для надливу теплового вузла виливка.

Для надливів, які не утеплені, $Z=1$, для утеплених – менш 1,0 в залежності від способів утеплення надливу і охолодження вузла виливка, що живиться;

R_y - приведена товщина теплового вузла виливка, що живиться від надливу, см;

V_ϕ - обсяг частини форми, що живиться надливом, см³.

Ця формула відображає 2 головні вимоги до надливу:

- 1-ий складник відповідає умові більш пізнього затвердіння надливу в порівнянні з вузлом виливка, що живиться.

- 2-ий складник відповідає умові гарантованого запасу розплаву в надливі. Цифра "3" означає, що обсяг рідкого металу в затверділому надливі складається з 3-х частин: I частина ($\beta \cdot V_\phi$) витрачається безпосередньо на живлення виливка, II частина - на живлення самого надливу - його частини, що затверділа одночасно з виливком, і остання III частина - гарантований запас рідкого металу в надливі, що зберігається до кінця затвердіння виливка.

Фізичний зміст і значення кожного елементу формули Намюра-Шкленника приведені нижче.

Коефіцієнт m враховує спад температури металу, що заповнює надлив. При заливанні металу через надлив $m = 0,9$, тому що в цьому випадку метал розігріває форму надливу і попадає в порожнину форми виливка трохи охолодженим. При використанні відвідних чи прямих надливів, заповнюваних сифонно через порожнину виливка, метал у надлив надходить охолодженим, розігрівавши форму виливка, тому обсяг надливу повинний бути збільшений і коефіцієнт $m \geq 1,2$. Для проміжних випадків коефіцієнт m вибирають в залежності від відстані між живильником і шийкою надливу L , вираженого в товщинах тіла виливка:

L	2	2-5	6-10	10-20	20-30	30-40
m	1,0	1,03	1,05	1,10	1,15	1,20

ξ - безрозмірний коефіцієнт конфігурації надливу, рівний $S_{\text{эф}}^3 / V_{\text{над}}^2$,

де $S_{\text{эф}}^3$ - площа поверхні надливу, що контактує з поверхнею форми, з повітрям, у цю площу не входить площа контакту надливу з виливком.

$V_{\text{над}}^2$ - обсяг надливу.

Формула Намюра - Шкленника служить для розрахунку $V_{\text{над}}$ оптимальної конфігурації, близької до природної форми усадкової раковини, тобто до форми встановленого на вершину конусу. Найбільш повно цій умові відповідає конічний надлив - усічений конус з кутом нахилу утворюючої 10° .

Для розрахунків ξ усі розміри надливу виражають через діаметр основи чи ширину.

Розрахунки показують, що закриті надливи більш ефективні й економічні. Так, ξ для закритого надливу (конічного) при $H/d_{\text{над}}=1,25$ дорівнює ~ 108 (117), а ξ для такого ж відкритого надливу при $H/d_{\text{над}}=2,0$ дорівнює 314.

Значення коефіцієнта конфігурації надливу деяких типів надливів приведені в таблиці 1.7.

Таблиця 3.7 - Значення коефіцієнтів конфігурації надливів

Конфігурація надливу	Стояк циліндричний $h=1,25d_{\text{над}}$	Лійка стояка $h=1,5d_{\text{над}}$	Верхній відкритий надлив $h=2d_{\text{над}}$	Верхній закритий надлив (усічений конус) $h=1,25d_{\text{над}}$	Боковий закритий надлив $h=1,5d_{\text{над}}$	Циліндричний закритий надлив $h=1,25d_{\text{над}}$
Значення	56	395	314	117	118	108

R_y - модуль охолодження теплового (що живиться) вузла виливка, рівний $V/S_{\text{эф}}$, тобто відношення обсягу вузла виливка, що живиться, до поверхні його охолодження, у котру входить тільки та поверхня, що стикається з формою, тобто її визначають після визначення кількості надливів з урахуванням дистанції їх дії.

$(1 + \beta)$ - переміщення тепла з надливу у виливок унаслідок переміщення розплаву з надливу у виливок еквівалентно об'ємній усадці β в %.

y - враховує конфігурацію частини виливка, що живиться, і конфігурацію надливу, від яких залежить процес тепловідводу від них і

тривалість затвердіння.

$$y = \frac{\tau_{з.т.у.}}{\tau_{з.пр.}} \quad (3.9)$$

Якщо тепловий вузол компактний, тобто його конфігурація близька надливу, $y = 1$, якщо виливок чи його частина у виді протяжної плити, то $y = 1,62$, тобто $y = \frac{1,54}{0,95} = 1,62$, де 1,54 і 0,95 - відносна тривалість затвердіння плоскої протяжної плити і циліндра при $H/d = 1,25$. За 1 узята тривалість затвердіння протяжного циліндру, рівного по приведеним товщинам.

Коефіцієнт y вибирають по таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Коефіцієнт y .

Охолоджуване тіло	Формула приведеної товщини, R_y	Величина y
Плита товщиною a	$a/4$	1,54
Брус прямокутного перетину, $a' \times 4a'$	$a'/2,5$	1,42
Брус квадратного перетину, $a'' \times a''$	$a''/4$	1,27
Циліндр діаметром d при $l > 8d$	$d/4$	1,00
Куля діаметром d'	$d'/6$	0,25
Циліндричний надлив висотою $h_{над} = 1,25d_{над}$	$d_n/4,4$	0,95

Z - враховує тепловий стан надливу і теплового вузла виливка. Для не утеплених надливів $Z = 1$, для утеплених $Z < 1$. Величина Z залежить від способу утеплення надливу і способу охолодження виливка (його вузла, що живиться).

Наприклад, для утепленого надливу з повітряним зазором $Z = 0,65$ (після нанесення 5 - 6 шарів вогнетривкого покриття, можна і менше, якщо невеликий надлив) бічну поверхню і верх надливу покривають тонким (1,5-2 мм) шаром модельного складу, а потім продовжують формувати оболонку. Модельний склад видаляють і утворюється повітряний зазор у формі надливу (термічний опір).

V_{ϕ} - обсяг форми, який живить частини виливку:

$$V_{\phi} = V_{вил} (1 + 3E);$$

де E - лінійна усадка сплаву виливка.

При визначенні об'єму форми (частини виливка, що живиться) (V_{ϕ}) враховують взаємний розподіл надливів, радіус дії надливу і торцевий ефект, виражені через товщини стінок виливка (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 - Радіус дії надливу ($r_{\partial.над}$) і торцевий ефект ($r_{\partial.т}$), виражені в товщинах тіла виливка (δ)

Початкова температура форми, $^{\circ}\text{C}$	$r_{\partial.над}$	$r_{\partial.т}$
900	$(8 \div 10) \delta$	$(8 \div 10) \delta$
1200	$(12 \div 15) \delta$	$(10 \div 12) \delta$

Усі безрозмірні коефіцієнти визначають експериментально і розраховують для кожного конкретного випадку, їхня величина залежить від конструкції ЛЖС, застосовуваних формувальних матеріалів, засобів теплоізоляції й охолодження надливів виливків і т.д. і т.п.

3.2.3 Розрахунок ливникових каналів

При виготовленні виливка з конструкційних сталей - з товщинами стінок до 5 мм для запобігання недоливів (не заповнення стінок виливка) питома швидкість заливання ($Q_{зал}$, кг/с) може бути визначена по формулі:

$$Q_{зал} = K \frac{l_{cm}}{a_{cm}}, \quad (3.10)$$

де K - коефіцієнт пропорційності, що залежить від способу підведення металу у формі. При підведенні металу зверху $K = 0,05$, збоку $K = 0,06$, знизу - $K = 0,08$;

l_{cm} - найбільша довжина тонкої стінки чи крайки мм;

a_{cm} - товщина тонкої стінки чи крайки виливка, мм;

Для виливків зі стінками товщиною більш 5 мм можна визначати швидкість заливання, що вимагається, виходячи з тривалості заповнення форми (τ_3):

$$\tau_3 = \left[\frac{\pi V_0 \rho_p C_p (t_{з.н.} - t_{з.к.})}{S_0 v_\phi (t_{з.н.} - t_{\phi.н.})} \right]^2 \quad (3.11)$$

де ρ_p, C_p - щільність, кг/м³, і питома теплоємність, Дж/(кг•°С);

V_0, S_0 - об'єм, м³ і площа поперечного перетину, м² виливка;

$t_{з.н.}, t_{з.к.}$ - температура розплаву на початку і наприкінці заливання, °С;

v_ϕ - коефіцієнт акумуляції теплоти для матеріалу форми, Дж/(м² С^{1/2} °С);

t_ϕ - початкова температура форми, °С.

Площу вузького перетину ливникового каналу (f_0 , м²), що обумовлює питому швидкість заповнення форми, можна визначити по формулі:

$$f_0 = 0,23 \cdot Q_{зал} / (\mu \cdot \rho \sqrt{H_p}), \quad (3.12)$$

де μ - коефіцієнт витрат, прийнятий рівним 0,7-0,9;

ρ - щільність рідкого металу, кг/м³;

H_p - металостатичний напір над звуженим перетином, що складається з висоти розплаву у формі і висоти струменя, що падає з ковша, м.

Значення H_p можна задавати, виходячи з конструктивних міркувань, але не менш ніж 0,07 м (для сталі).

За знайденим значенням f_0 , визначають перетин інших елементів ливникової системи, користуючись їх співвідношеннями. Наприклад, для сталі

$f_{ст} : f_{шл} : f_{жив} = 1 : 1,3 : 1,5$, де $f_{ст} : f_{шл} : f_{жив}$ – площі перетинів стояка, шлаковловлювача і живильника, відповідно, чи елементів, що виконують їхню роль.

4 РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛИТТЯ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

Необхідно розрахувати площу живильника, діаметр камери пресування для ЛПД на машині з горизонтальною холодною камерою пресування відливання масою 0,26 кг (приклад) зі стінкою завтовшки 3,5мм при нагріві

прес-форми до 523 К (250 °С) із сплаву Ал9, що має поверхнєве натягнення 0,083 кг/м, щільність при температурі ліквідус 2400кг/м³, питому ефективну теплоту кристалізації 460548 Дж/кг, температуру солідус 893 К (620 °С).

Вихідні дані:

товщина мастила прес-форми $X_{см} = 0,00003$ м;

- коефіцієнт теплопровідності мастила $\lambda = 0,1163$ Вт/м гр.;
- радіус «клин» струменя розплаву при заповненні прес-форми = 0,0001 м;
- коефіцієнт твердої фази в струмені розплаву $K_1=0,5$.

1. Відливання, що виготовляється методом ЛПТ на машині з горизонтальною холодною камерою пресування, масою 0,26кг повинна мати промивники, об'ємом 0,15-0,25 об'єму відливання.

$$\begin{aligned}0,26\text{кг}/2600\text{кг/м}^3 &= 0,0001 \text{ м}^3 \\0,0001 \text{ м}^3 \times 0,25 &= 0,000025 \text{ м}^3 \\0,000025 \text{ м}^3 \times 2600 \text{ кг/ м}^3 &= 0,065 \text{ кг}\end{aligned}$$

Визначимо масу відливання з промивниками

$$0,25 \text{ кг} + 0,065 \text{ кг} = 0,325 \text{ кг}$$

- 2 Определяем площадь питателя при ЛПД по формуле:

$$F_{\text{пит}} = \frac{M}{\rho_1 \cdot W_{\text{вп}} \cdot \tau_1}$$

где М-маса вилівка з промивниками –0,325 кг;

ρ_1 –щільність Ал9 при температурі ліквідус – 2400 кг/ м³;

$W_{\text{вп}}$ – швидкість впуску металу;

τ_1 – час заповнення прес-форми розплавом

- 3 Визначимо швидкість впуску розплаву по формулі

$$W_{\text{вп}} = K_W \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma \cdot g}{\rho_1 \cdot r}}$$

где K_W – коефіцієнт, що враховує товщину стінки вилівка, який при товщинах стінки 2-4мм дорівнює 6,0;

σ - поверхнєве натягнення сплаву Ал9 (0,083 кг/м);

g – прискорення сили тяжіння – 9,81 м/с²;

r – радіус «клин» струменя розплаву – 0,0001м.

$$W_{\text{вп}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,83 \cdot 9,81}{2400 \cdot 0,0001}} = 6 \cdot \sqrt{6,78} = 15,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

4 Визначимо час заповнення порожнини прес-форми по формулі

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot K_1 \cdot \rho_1 \cdot L}{\alpha \cdot (t_{кр} - t_{ф.н})}, \text{ сек}$$

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \lambda_{см} / X_{см}; \quad \alpha = 0,1163/0,00003=3876,6 \text{ Вт/м}^2\text{Г}$$

Підставимо значення коефіцієнта тепловіддачі α у формулу для визначення часу заповнення прес-форми

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot 0,0001 \cdot 0,5 \cdot 2400 \cdot 460548}{3876,6 \cdot (620 - 250)} = \frac{110531,5}{3876,6 \cdot 370} = 0,08 \text{ сек}$$

5 Після цього підрахунку всі значення для визначення площі живильника є:

$$f_{пит} = \frac{0,325}{2400 \cdot 15,62 \cdot 0,08} = 0,0001125 \text{ м}^2 = 112 \text{ мм}^2$$

6 З метою забезпечення спокійнішого заповнення порожнини прес-форми доцільно брати глибину рівну 0,8-1,0 товщини стінки відливання, яке в нашому випадку буде

$$3,5 \times 0,8 = 2,8 \text{ мм}$$

7 При заданій довжині живильника яку ширину живильника вибрати

$$b_{пит.} = f_{пит} / L_{пит}$$

$$b_{пит.} = 112/2,8 = 40 \text{ мм}$$

8 Площа камери пресування повинна забезпечувати необхідний тиск і розраховується по формулі:

$$F_{кп} = \frac{V_{ж}}{(0,7 - 0,8) \cdot L_{р.п.}}$$

9 $V_{ж} = V_{вил} + V_{промивн.} + V_{ливн.сист.} + V_{прес-залишку}$

$$V_{прес-залишку} = 100-200\% \text{ об'єму вилівка} = 0,325 \text{ кг}$$

$$V_{вил} + V_{промивн.} = 0,325 \text{ кг}$$

$$V_{ливн.сист.} = (0,5-1,0) V_{прес-залишку} = 0,6 \times 0,325 = 0,195 \text{ кг}$$

$$V_{рідкого металу} = 0,325 + 0,195 + 0,325 = 0,845 \text{ кг}$$

$$F_{\text{кп}} = \frac{0,845}{\frac{2400}{0,8 \cdot 0,36}} = 1,22 \cdot 10^{-3}$$

$L_{\text{рп}}$ – довжина робочої порожнини камери пресування вибирається по паспорту машини ($\sim 0,36\text{м}$).

$$d_{\text{кп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{кп}}}{\pi}}$$

$d_{\text{кп}}$ – діаметр камери пресування ($\sim 0,04\text{ м}$)

5 КОНТРОЛЬ НАВЧАННЯ

Підсумковий контроль – іспит.

Приклади питань для підготовки до тестового підсумкового контролю.

1. При виборі того чи іншого способу виробництва виливка насамперед проводять:
2. Максимальний габаритний розмір виливків, одержуваних в об'ємних піщаних формах, мм:
3. Найменшою собівартістю володіє:
4. Швидкість охолодження металу в ПГФ складає, $^{\circ}\text{C} / \text{хв}$:
5. До числа переваг способу лиття в об'ємну піщану форму можна віднести:.
6. Товщина стінки оболонкової піщано-смоляної форми:.
7. При литті в оболонкові піщано-смоляні форми обсяг переробки і транспортування формувальних матеріалів у порівнянні з литтям у ПГФ: .
8. При використанні оболонкових піщано-смоляних форм знижуються (у порівнянні з ПГФ):.
9. До числа недоліків способу лиття в оболонкові піщано-смоляні форми можна віднести:.
10. Максимально припустима температура модельного оснащення для одержання оболонкової піщано-смоляної форми при нанесенні розділового покриття з пальним розчинником дорівнює, $^{\circ}\text{C}$: .
11. Доотвердження оболонкових напівформ у печі проходить при температурі,

⁰C: .

12. В умовах крупносерійного і масового виробництва оболонкові піщано-смоляні форми з'єднують: .

13. Гарячі піщано-смоляні оболонкові напівформи склеюють на штиревому пресі під тиском 30-40 кПа термотвердіючими клеями при температурі та впродовж: .

14. При використанні холодної зборки піщано-смоляних оболонкових напівформ забезпечується: .

15. Вертикальне заливання оболонкових піщано-смоляних форм у порівнянні з горизонтальним забезпечує:

16. Межа товщини формованої оболонки при однократному бункерованні для сумішей з фенол-формальдегідним сполучним складає, мм: .

17. Способи нанесення піщано-смоляної суміші на модельне оснащення: .

18. Тривалість формоутворення при нанесенні піщано-смоляної суміші на модельну оснастку піскодувним способом складає, с: .

19. Вакуумування оснащення при виготовленні піщано-смоляних оболонкових форм і стрижнів:.

20. Для спарювання оболонкових напівформ застосовують:.

21. Мінімальна відстань між штовхальником і моделлю для виготовлення оболонок з термореактивних формувальних сумішей складає, мм: .

22. Моделі та стрижньові ящики для виготовлення оболонок з термореактивних формувальних сумішей при крупносерійному і масовому виробництві виливків особливо складної конфігурації виконуються з:.

23. Мінімальні товщини модельних плит, що нагріваються, для виготовлення оболонкових напівформ залежать від:.

24. Модельне оснащення для виготовлення оболонкових піщано-смоляних форм у процесі роботи очищають від пригорілої суміші і нагару смоляного зв'язуючого за допомогою:

25. Використовуваний для приготування піщано-смоляних сумішей пісок повинний містити:

26. Новолачні (термопластичні) смоли утворюються при: .
27. Термічне розкладання уротропіну відбувається при температурі, $^{\circ}\text{C}$: .
28. Під впливом температури уротропін розпадається з виділенням: .
29. У процесі гарячого плакування сухий пісок попередньо нагрівається вище температури каплепадиння смоли на, $^{\circ}\text{C}$: .
30. До дефектів оболонкових форм із термореактивних формувальних сумішей можна віднести:.
31. Шорсткість литої поверхні при кокильному литті складає, R_z , мкм: .
32. До недоліків процесу лиття в кокіль відноситься: .
33. Основне призначення кокільних покриттів: .
34. Найважливіші характеристики кокільних покриттів: .
35. Довговічність постійних кокільних покриттів: .
36. Товщина кокільного покриття складає, мм: .
37. Облицьований кокіль це: .
38. Для формування облицювання кокілю використовують такі різновиди моделей:
39. Найбільш часто вживається як склад облицювання кокілю:.
40. Товщина облицювання кокілю складає, мм: .
41. Кількість позицій стаціонарних кокільних машин може складати:.
42. Кількість позицій карусельних кокільних машин може складати: .
43. Лиття по витоплюваним моделям - спосіб одержання виливків:.
44. Шорсткість поверхні виливків, отриманих способом лиття по витоплюваним моделям, R_z , мкм:.
45. Максимальна маса виливків, одержуваних способом лиття по витоплюваним моделям, кг: .
46. До недоліків ЛВМ можна віднести:.
47. До особливостей технологічного процесу виготовлення дрібних середньої складності виливків способом ЛВМ в умовах масового і крупносерійного виробництва відноситься:.
48. До числа вимог до прес-форм для виготовлення моделей ЛВМ відносяться

наступні: .

49. Прес-форми для моделей при крупносерійному і масовому виробництві виливків ЛВМ виготовляються з: .

50. Для одержання ланок моделей на автоматичних установках використовують прес-форми: .

51. Теплотривкість модельного складу для виготовлення витоплюваних моделей повинна бути: .

52. Щільність модельного складу для виготовлення витоплюваним моделей повинна бути: .

53. Температура плавлення модельного складу для виготовлення витоплюваних моделей повинна бути: .

54. Основою водорозчинних модельних (стрижневих) складів є:.

55. Заповнення прес-форми для виготовлення моделей ЛВМ модельним складом може здійснюватися: .

56. В умовах крупносерійного і масового виробництва дрібних сталевих виливків ЛВМ зборка моделей у блоки виробляється: .

57. Ливарна форма ЛВМ складається з: .

58. Найменшою величиною лінійного розширення при нагріванні володіє:.

59. Вміст заліза в меленому пилоподібному кварці марки "А" повинен складати не більше, %:

60. Сполучним матеріалом у ЛВМ є: .

61. Регулювання властивостей сполучних розчинів для виготовлення форм ЛВМ здійснюється введенням наступних добавок: .

62. Гидролізовані розчини ЕТС 3-го типу: .

63. Процес приготування вогнетривкої суспензії полягає в:.

64. В'язкість суспензії для перших двох облицювальних шарів керамічної оболонки ЛВМ повинна складати, с:.

65. Тривалість циклу вакуумно-аміачної сушки шару керамічної оболонки складає:

66. При витопленні модельного складу в камері автоклаву температура пари

складає, °С:.

67. Температура прогартування керамічних оболонок ЛВМ складає, °С: .

68. Мінімальний час витримки керамічних оболонок без опорного наповнювача при максимальній температурі в прогартувальній печі складає, годин: .

69. Видалення дрібних сталевих виливків від стояку в умовах крупносерійного і масового виробництва способом ЛВМ здійснюється:

70. До хіміко-термічних способів очищення виливків, отриманих способом ЛВМ, відносяться:

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ефимов В.А., Анисович Г.О. и др. Специальные способы литья. Справочник. М.: Машиностроение, - 1991г., 436 с.
2. Литье по выплавляемым моделям. Под ред. Озерова В.А. М.: Машиностроение, 1984 г., 408с.
3. Г.П. Борисов. Тиск в управлінні ливарними процесами. К.: Наукова думка, 1988 р., 271 с.
4. Литье в кокиль. Под ред. Вейника А.И. М.: Машиностроение, 1980 г., 415с.
5. Бибииков Е.Л. и др. Производство фасонных отливок из титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1983 г., 296 с.
6. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства. М.: Машиностроение. 1983г., 287с.
7. Белопухов А.К. Технологические режимы литья под давлением. М., Машиностроение, 1985г., 272с.
8. Белопухов А.К., Винберг Л.И., Дудин А.А., Заславский М.Л., Москвин П.П. Инженерная монография. Литье под давлением. М.: 1962, 399с