

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



**РОБОЧА ПРОГРАМА,  
методичні вказівки та індивідуальні завдання  
до вивчення дисципліни  
«Устаткування та технологія розливання кольорових металів»  
для студентів заочної форми навчання  
за освітньо-професійною програмою  
«Металургія кольорових металів»  
підготовки здобувачів вищої освіти  
за другим (магістерським) рівнем  
зі спеціальності 136 «Металургія»**

УДК 669.2/.8

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Устаткування та технологія розливання кольорових металів» для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Металургія кольорових металів» підготовки здобувачів вищої освіти за другим (магістерським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» / Укл.: Г.А. Поляков, С.М. Підгорний, Г.М. Трегубенко, В.С. Ігнат'єв, Ю.О. Бубликов – Дніпро: НМетАУ, 2016. – 26с.

Наведені робоча програма дисципліни з методичними вказівками, рекомендованою літературою і питаннями для самоперевірки за окремими темами, а також індивідуальне домашнє завдання.

Призначена для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Металургія кольорових металів» підготовки здобувачів вищої освіти за другим (магістерським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія».

Укладачі: Г.А. Поляков, ст. викладач  
С.М. Підгорний, ст. викладач  
Г.М. Трегубенко, д-р техн. наук, проф.  
В.С. Ігнат'єв, канд. техн. наук, проф.  
Ю.О. Бубликов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск М.І. Гасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензент Л.В. Камкіна, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.  
Облік.-вид. арк. \_\_\_\_\_. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Тираж 100 пр. Замовлення № \_\_\_\_\_

Національна металургійна академія України  
49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

---

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

## 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

За навчальним планом дисципліна «Устаткування та технологія розливання кольорових металів» вивчається студентами заочної форми навчання на 6 курсі. Мета дисципліни – засвоєння теоретичних знань з процесів розливки кольорових металів та придбання навичок практичної діяльності, необхідних для ведення технологічних режимів розливки кольорових металів.

Аудиторні навчальні заняття для студентів заочної форми навчання складають 8 годин лекцій та 64 години на самостійну роботу. Студенти заочної форми навчання виконують індивідуальне домашнє завдання.

Основним видом занять при вивченні вказаної дисципліни студентами-заочниками є самостійна робота з літературою.

### Рекомендована література:

1. Хрычиков В.Е., Меняйло Е.В. Литейное производство черных и цветных металлов: Учебное пособие. – Днепропетровск: НМетАУ, 2010. – 89 с.
2. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов: Учебное пособие для ВУЗов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
3. Альтман М.В., Лебедев А.А., Чухров М.В. Плавка и литье легких сплавов. - М.: Металлургия, 1989. – 680 с.
4. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Металлургия цветных металлов» для студентов специальностей 7.090400...7.090410, 7.050107 / Сост.: В.М.Шифрин, А.П. Горобець, А.В. Коваль. – Днепропетровск: ГМетАУ, 1998. – 38 с.
5. Бахтияров Р.А., Воробьев Л.А. Производство слитков тяжелых цветных металлов методами полунепрерывного и непрерывного литья. – М.: Цветметинформация, 1984. – 97 с.

## **2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ**

### **Тема 2.1 Основні методи розливання кольорових металів (1 година лекцій)**

#### **2.1.1 Програма**

Розливка у металеві та разові форми. Напів- та безперервне розливання кольорових металів. Переваги та недоліки. Вибір методу розливання кольорових металів.

#### **2.1.2 Література**

[1] С.4-8, 56-59.

#### **2.1.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – технологічні особливості та види розливання основних кольорових металів.

У цій темі необхідно уяснити, що для отримання якісних виробів з кольорових металів необхідно, щоб їх виливки і зливки мали щільну будову, дрібнозернисту структуру, рівномірний розподіл легуючих елементів, однорідні механічні властивості не мали дефектів. Набуття таких властивостей для різних кольорових металів і різних видів литва забезпечується правильним вибором оптимального методу розливання кольорових металів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні методи розливання кольорових металів, їх переваги та недоліки;
- вміти аналізувати показники процесів розливки кольорових металів.

#### **2.1.4 Питання для самоперевірки**

1. Дайте визначення терміну «розливання».

2. Дайте визначення терміну «відливка».
3. Дайте визначення терміну «зливки».
4. Дайте визначення терміну «ливарна форма».
5. Дайте визначення терміну «прибуток».
6. З яких металів були отримані перші виливки первісними людьми і чому саме з цих металів, а не інших?
7. З яких матеріалів виконували ливарні форми первісні люди?
8. Які переваги має ливарне виробництво кольорових металів в порівнянні з іншими технологічними домішками?
9. Які недоліки має ливарне виробництво кольорових металів в порівнянні з іншими технологічними процесами?
10. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів під тиском.
11. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів у піщані форми.
12. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів у кокіль.
13. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів у оболонкові форми.
14. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів з використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
15. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів у моделі, що виплавлені.
16. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів методом вижимання.
17. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
18. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів під низьким тиском.
19. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів напівперервним методом.
20. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів безперервним методом.
21. Назвіть переваги та недоліки розливки кольорових металів методом вакуумного всмоктування.

## **Тема 2.2 Теоретичні основи кристалізації (1 година лекцій)**

### **2.2.1 Програма**

Будова рідкого металу. Гомогенне та гетерогенне утворення зародків. Дендрити. Теплофізичні процеси при кристалізації кольорових металів.

### **2.2.2 Література**

[2] С. 54-195.

### **2.2.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – засвоєння будови і властивостей рідких та твердих кольорових металів, фізико-хімічних і теплофізичних процесів при кристалізації.

У цій темі необхідно уявити, чим відрізняються за будовою та властивостями рідкі та тверді кольорові метали. Знати, які та як протікають фізико-хімічні та теплофізичні процеси при кристалізації кольорових металів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати будову і властивості рідких та твердих кольорових металів;
- вміти виконувати розрахунки технологічних параметрів процесу кристалізації кольорових металів.

### **2.2.4 Питання для самоперевірки**

1. Наведіть зв'язок між швидкістю кристалізації та товщиною шару, що твердіє.
2. В якій частині зливка кольорових металів утворюється усадкова раковина?
3. Яким процесом супроводжується перехід сплаву з рідкого стану в твердий?
4. Дайте визначення терміну «кристалізація».
5. Дайте визначення терміну «ліквація».
6. Які є види ліквації?
7. Що таке дендритна ліквація?

8. Що таке зональна ліквация?
9. У чому полягає причина ліквацийних процесів при кристалізації кольорових металів?
10. Які хімічні елементи найбільш впливають на розвиток ліквацийних зон?
11. Яка ліквация є позитивною?
12. Яка ліквация є негативною?
13. Наведіть три етапи теплообміну в системі розплав – виливниця (форма) – навколишнє середовище.
14. Дайте визначення терміну «рівноважна температура».
15. Чому процес кристалізації починається при температурі нижче, ніж рівноважна?
16. Перечисліть структурні зони зливка (виливка) кольорових металів.
17. В якій частині зливка утворюється зона мілких рівноосних кристалів? Який механізм утворення цієї зони та його зв'язок з теплофізичними процесами кристалізації кольорових металів?
18. В якій частині зливка утворюється зона мілких стовбчатих кристалів? Який механізм утворення цієї зони та його зв'язок з теплофізичними процесами кристалізації кольорових металів?
19. В якій частині зливка утворюється зона крупних рівноосних кристалів? Який механізм утворення цієї зони та його зв'язок з теплофізичними процесами кристалізації кольорових металів?
20. В якій частині зливка утворюється конус осадження? Який механізм утворення цієї зони та його зв'язок з теплофізичними процесами кристалізації кольорових металів?
21. Які фактори впливають на розвиток хімічної неоднорідності зливка та вилівка із кольорових металів і їх сплавів?
22. Як впливає температура і швидкість розливки на розвиток ліквацийних зон зливка або вилівка із кольорових металів?
23. Як впливає маса зливка або вилівка на ліквацийні процеси при кристалізації кольорових металів?
24. Як впливає форма зливка або вилівка на ліквацийні процеси при кристалізації кольорових металів?
25. Наведіть існуючі засоби боротьби з ліквациєю.

## **Тема 2.3 Устаткування та технологія розливання у металеві форми (2 години лекцій)**

### **2.3.1 Програма**

Розливка кольорових металів під тиском; у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується. Розливання кольорових металів методами вижимання, під низьким тиском та вакуумного всмоктування.

### **2.3.2. Література**

[1] С. 66-70; [3] С. 470-552.

### **2.3.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – засвоєння принципів роботи устаткування та особливостей технології розливання кольорових металів у металевій формі.

У цій темі необхідно уявити принципи роботи та особливості технології розливання кольорових металів під тиском; у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується; під низьким тиском; вижиманням та вакуумним всмоктуванням.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати устаткування та технологічні особливості розливання основних кольорових металів у металеві форми,
- вміти керувати процесом розливки кольорових металів у металеві форми та виконувати відповідні розрахунки технологічних параметрів устаткування та технології.

### **2.3.4 Питання для самоперевірки**

1. Назвіть переваги розливки кольорових металів під тиском.
2. Назвіть недоліки розливки кольорових металів під тиском.
3. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів під тиском.



4. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів під тиском.
5. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів під тиском.
6. Назвіть переваги розливки кольорових металів у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
7. Назвіть недоліки розливки кольорових металів у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
8. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
9. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
10. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів у кокіль із використанням динамічної дії на розплав, що кристалізується.
11. Назвіть переваги розливки кольорових металів методом вижимання.
12. Назвіть недоліки розливки кольорових металів методом вижимання.
13. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів методом вижимання.
14. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів методом вижимання.
15. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів методом вижимання.
16. Назвіть переваги розливки кольорових металів під низьким тиском.
17. Назвіть недоліки розливки кольорових металів під низьким тиском.
18. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів під низьким тиском.
19. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів під низьким тиском.
20. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів під низьким тиском.
21. Назвіть переваги розливки кольорових металів методом вакуумного

- всмоктування.
22. Назвіть недоліки розливки кольорових металів методом вакуумного всмоктування.
  23. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів методом вакуумного всмоктування.
  24. Назвіть принцип роботи устаткування для розливки кольорових металів методом вакуумного всмоктування.
  25. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів методом вакуумного всмоктування.

## **Тема 2.4 Устаткування та технологія розливання у разові форми (1 година лекцій)**

### **2.4.1 Програма**

Розливка кольорових металів у піщані та оболонкові форми. Виливання кольорових металів по моделях, що виплавлені, та методом послідовного напрямку кристалізації.

### **2.4.2 Література**

[1] С. 9-22, 60-65; [3] С. 553-581.

### **2.4.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – засвоєння принципів роботи устаткування та особливостей технології розливання кольорових металів у разові форми.

У цій темі необхідно уявити принципи роботи та особливості технології розливання кольорових металів у піщані та оболонкові форми, методом послідовного напрямку кристалізації та по моделях, що виплавлені.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати устаткування та технологічні особливості розливання основних кольорових металів у фазові форми;

- вміти керувати процесом розливки кольорових металів у фазові форми та виконувати відповідні розрахунки технологічних параметрів устаткування та технології.

#### **2.4.4 Питання для самоперевірки**

1. Назвіть переваги розливки кольорових металів у піщані форми.
2. Назвіть недоліки розливки кольорових металів у піщані форми.
3. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів у піщані форми.
4. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів у піщані форми.
5. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів у піщані форми.
6. Назвіть переваги розливки кольорових металів у оболонкові форми.
7. Назвіть недоліки розливки кольорових металів у оболонкові форми.
8. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів у оболонкові форми.
9. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів у оболонкові форми.
10. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів у оболонкові форми.
11. Назвіть переваги розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
12. Назвіть недоліки розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
13. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
14. Назвіть принцип роботи устаткування для розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
15. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів методом послідовного напрямку кристалізації.
16. Назвіть переваги розливки кольорових металів по моделям, що виплавлені.

17. Назвіть недоліки розливки кольорових металів по моделях, що виплавлені.
18. Назвіть основне устаткування для розливки кольорових металів по моделях, що виплавлені.
19. Назвіть принципи роботи устаткування для розливки кольорових металів по моделях, що виплавлені.
20. Назвіть особливості технології розливки кольорових металів по моделях, що виплавлені.

## **Тема 2.5 Устаткування та технологія напів- та безперервного розливання кольорових металів (1 година лекцій)**

### **2.5.1 Програма**

Конструкції машин для напів- та безперервного розливання кольорових металів. Конструкції кристалізатора. Основні закономірності процесу напів- та безперервного розливання кольорових металів.

### **2.5.2 Література**

[3] С. 400-418; [4] С. 24-37; [5] С. 5-92.

### **2.5.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – засвоєння конструкції машин для напів- та безперервного розливання кольорових металів та принципів їх дії, а також особливостей технології.

У цій темі необхідно уявити конструкції машин і кристалізаторів, основні з закономірності процесу та особливості технології напів- та безперервного розливання кольорових металів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати устаткування та технологічні особливості напів- та безперервного розливання основних кольорових металів;
- вміти керувати процесом напів- та безперервного розливання кольорових металів та виконувати відповідні розрахунки технологічних параметрів устаткування та технології.

#### **2.5.4 Питання для самоперевірки**

1. Назвіть переваги напівперервного розливання кольорових металів.
2. Назвіть недоліки напівперервного розливання кольорових металів.
3. Назвіть основне устаткування для напівперервного розливання кольорових металів.
4. Назвіть принципи роботи устаткування для напівперервного розливання кольорових металів.
5. Назвіть особливості технології напівперервного розливання кольорових металів.
6. Назвіть переваги безперервного розливання кольорових металів.
7. Назвіть недоліки безперервного розливання кольорових металів.
8. Назвіть основне устаткування для безперервного розливання кольорових металів.
9. Назвіть принципи роботи устаткування для безперервного розливання кольорових металів.
10. Назвіть особливості технології безперервного розливання кольорових металів.
11. В чому сутність напівперервного розливання кольорових металів?
12. В чому сутність безперервного розливання кольорових металів?
13. Які ви знаєте основні види конструкцій машин для напівперервного розливання кольорових металів?
14. Які ви знаєте основні види конструкцій машин для безперервного розливання кольорових металів?
15. Яке призначення та основний устрій проміжного ковша?
16. Які технологічні параметри МБЛЗ впливають на ємність та розміри проміжного ковша?
17. Яке призначення кристалізатора МБЛЗ?

18. Яким чином обирається довжина кристалізатора МБЛЗ?
19. Яке призначення механізму качання кристалізатора МБЛЗ?
20. Яке призначення зони вторинного охолодження МБЛЗ?
21. Які особливості затвердіння зливка при напів- та безперервному розливанні кольорових металів?
22. Які ви знаєте зони кристалізації у безперервному зливку кольорових металів?
23. Як виключити присипання зливка до стінок кристалізатору МБЛЗ?
24. Наведіть формулу для визначення товщини кірки заготовки.
25. Дайте визначення терміну «протяжність рідкої фази».
26. Наведіть формулу для визначення довжини зони вторинного охолодження.
27. З якої причини у безперервному зливку зональна ліквідація не отримує значного розвитку?
28. Поясніть механізм ліквідації по висоті у безперервному зливку?
29. Які існують заходи боротьби з ліквідацією по висоті?
30. Поясніть механізм осьової ліквідації у безперервному зливку.

## **Тема 2.6 Види дефектів при розливанні кольорових металів (1 година лекцій)**

### **2.6.1 Програма**

Дефекти, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з газами, вологою, формою та флюсами. Дефекти, які утворюються при кристалізації.

### **2.6.2 Література**

[3] С. 637-653.

### **2.6.3 Методичні вказівки**

Мета вивчення теми – засвоєння видів дефектів при розливанні кольорових металів та заходів для їх запобігання.

У цій темі необхідно уявити види дефектів, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з газами, вологою, формою та флюсами, а також які утворюються при кристалізації.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні види дефектів при розливанні кольорових металів, причини їх виникнення та заходи для їх запобігання;
- вміти визначити основні види дефектів при розливанні кольорових металів, виявляти причини їх виникнення та використовувати заходи для їх запобігання.

#### **2.6.4 Питання для самоперевірки**

1. Які види дефектів, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з газами?
2. Які види дефектів, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з вологою?
3. Які види дефектів, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з формою?
4. Які види дефектів, що пов'язані з взаємодією кольорових металів з флюсами?
5. Назвіть види поверхневих дефектів.
6. Назвіть види внутрішніх дефектів.
7. Які причини утворення газової пористості?
8. Які заходи необхідно прийняти для запобігання утворення газової пористості?
9. Які причини утворення плів при розливанні кольорових металів?
10. Які заходи необхідно прийняти для запобігання утворення плів при розливанні кольорових металів?
11. Причини утворення поясів при розливанні кольорових металів?
12. Які заходи необхідно проводити для запобігання утворення поясів?
13. Які причини утворення газових пазирів при розливанні кольорових металів?
14. Які заходи існують для запобігання утворення газових пазирів при розливанні кольорових металів?

15. Яким чином утворюються заливини?
16. Які заходи існують для запобігання утворення заливин?
17. Поясніть механізм утворення гарячих тріщин.
18. Які заходи існують для запобігання утворення гарячих тріщин?
19. Поясніть механізм утворення внутрішніх та поверхневих тріщин у безперервному зливку кольорових металів.
20. Запропонуйте заходи для попередження внутрішніх та зовнішніх тріщин безперервного зливка.
21. Поясніть механізм утворення заворотів кірки у безперервному зливку.
22. Запропонуйте заходи для попередження утворення заворотів кірки у безперервному зливку.
23. Які причини утворення заливки при напів- та безперервній розливці кольорових металів?
24. Запропонуйте заходи для попередження утворення заливки при напів- та безперервній розливці кольорових металів.
25. Які причини утворення включень неметалічної фази при розливанні кольорових металів?
26. Запропонуйте комплекс заходів для захисту кольорових металів від взаємодії з газами.
27. Запропонуйте комплекс заходів для захисту кольорових металів від взаємодії з вологою.
28. Що таке «засор»?

## **Тема 2.7 Методи контролю якості литих кольорових металів (1 година лекцій)**

### **2.7.1 Програма**

Дослідження макроструктури, пористості та неметалевих включень литих кольорових металів.

### **2.7.2 Література**

[2] С. 196-210; [3] С. 654-679.



### 2.7.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння методів контролю якості литих кольорових металів (дослідження макроструктури, пористості, неметалевих включень тощо).

У цій темі необхідно уявити методи контролю якості литих кольорових металів (дослідження макроструктури, пористості, неметалевих включень тощо).

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати контроль якості литих кольорових металів;
- вміти використовувати контроль якості литих кольорових металів.

### 2.7.4 Питання для самоперевірки

1. Що таке «макрошліф»?
2. Що таке «темплет»?
3. Як проводять аналіз макроструктури?
4. Як проводять аналіз мікроструктури?
5. Навіщо проводять аналіз макроструктури?
6. Навіщо проводять аналіз мікроструктури?
7. Як визначають пористість металу?
8. Як визначають неметалічні включення в металі?
9. Що таке технологічна проба?
10. Що таке маркувальна проба?
11. Поясніть суть визначення вмісту водню в металі за методом «першої бульбашки».
12. Поясніть суть визначення вмісту газів в металі по методу гарячої вакуумної екстракції.
13. Як визначають механічні властивості металу при відливанні в землю?
14. Як визначають механічні властивості металу при відливанні в кокіль?
15. Як визначають механічні властивості металу при відливанні під тиском?

16. Який принцип дії термопар?
17. Назвіть типи стандартних термопар.
18. Який принцип дії оптичного пірометра?
19. Які переваги оптичних пірометрів перед термопарами?

### 3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Індивідуальне завдання присвячено розрахункам технологічних параметрів розливання кольорових металів і складається з 4 задач. Дуже корисною є самостійна робота з літературою. Основними підручниками по даній дисципліні є [2-5]. Індивідуальні завдання необхідно виконувати після повного засвоєння матеріалу за темою заняття в обсязі, вказаному в програмі. Індивідуальне завдання оформляється на аркушах формату А4 або у вигляді зошита.

#### 3.1 Індивідуальне завдання

##### Задача № 1

Розрахуйте оптимальний час заповнення піщаної форми для отримання відливок з кольорових металів. При цьому маса виливки дорівнює **A**, переважаюча товщина стінки – **B**, а коефіцієнт пропорційності дорівнює **C**.

Перелік даних та варіанти наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдань та перелік питань до задачі №1

| Номер варіанта | <b>A</b> ,<br>кг | <b>B</b> ,<br>мм | <b>C</b> ,<br>с/(кг·мм <sup>1/2</sup> ) |
|----------------|------------------|------------------|---|
| 1              | 1000             | 25               | 1,0                                     |
| 2              | 800              | 20               | 1,2                                     |
| 3              | 600              | 15               | 1,4                                     |
| 4              | 400              | 10               | 1,6                                     |
| 5              | 200              | 5                | 1,8                                     |
| 6              | 1200             | 30               | 2,0                                     |
| 7              | 1400             | 35               | 2,2                                     |

Продовження табл. 3.1

|    |      |    |     |
|----|------|----|-----|
| 8  | 1600 | 40 | 1,1 |
| 9  | 1000 | 25 | 1,3 |
| 10 | 800  | 20 | 1,5 |
| 11 | 600  | 15 | 1,7 |
| 12 | 400  | 10 | 1,9 |
| 13 | 200  | 5  | 2,1 |
| 14 | 1200 | 30 | 2,3 |
| 15 | 1400 | 35 | 1,0 |

### Задача № 2

Розрахуйте оптимальну швидкість напівбезперервного литва (швидкість руху зливка) для набуття найбільш рівномірних властивостей по перетину алюмінієвого зливка діаметром **A**. При цьому температура поверхні зливка складає **B**.

Перелік даних та варіанти наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Варіанти завдань та перелік питань до задачі №2

| Номер варіанта | <b>A</b> , мм | <b>B</b> , °C |
|----------------|---------------|---------------|
| 1              | 90            | 500           |
| 2              | 100           | 490           |
| 3              | 110           | 480           |
| 4              | 120           | 470           |
| 5              | 130           | 460           |
| 6              | 140           | 450           |
| 7              | 150           | 510           |
| 8              | 160           | 520           |
| 9              | 170           | 530           |
| 10             | 180           | 540           |
| 11             | 190           | 550           |
| 12             | 200           | 490           |
| 13             | 210           | 480           |
| 14             | 220           | 470           |
| 15             | 230           | 460           |

### Задача № 3

Розрахуйте час твердіння мідного циліндрового відливка, що має радіус **A** і довжину **B**. Заливка відбувається в чавунну форму (кокіль) при температурі **C**.

Перелік даних та варіанти наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Варіанти завдань та перелік питань до задачі №3

| Номер варіанта | A, см | B, см | C, °C |
|----------------|-------|-------|-------|
| 1              | 20    | 50    | 1185  |
| 2              | 20    | 60    | 1175  |
| 3              | 20    | 70    | 1165  |
| 4              | 20    | 80    | 1155  |
| 5              | 20    | 90    | 1145  |
| 6              | 30    | 100   | 1135  |
| 7              | 30    | 110   | 1125  |
| 8              | 30    | 120   | 1185  |
| 9              | 30    | 130   | 1175  |
| 10             | 30    | 140   | 1165  |
| 11             | 10    | 70    | 1155  |
| 12             | 10    | 60    | 1145  |
| 13             | 10    | 50    | 1135  |
| 14             | 10    | 40    | 1125  |
| 15             | 10    | 30    | 1185  |

### Задача № 4

Чи утворюється газова пористість у великогабаритному відливанні з металу **A**, якщо вміст водню в розплаві складає **B**.

Перелік даних та варіанти наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Варіанти завдань та перелік питань до задачі №4

| Номер варіанта | Метал A  | B, см <sup>3</sup> /100 грам |
|----------------|----------|------------------------------|
| 1              | Алюміній | 0,1                          |
| 2              | Алюміній | 0,08                         |
| 3              | Алюміній | 0,06                         |
| 4              | Алюміній | 0,04                         |
| 5              | Алюміній | 0,02                         |
| 6              | Мідь     | 12                           |

|    |        |    |
|----|--------|----|
| 7  | Мідь   | 10 |
| 8  | Мідь   | 8  |
| 9  | Мідь   | 4  |
| 10 | Мідь   | 2  |
| 11 | Магній | 20 |
| 12 | Магній | 18 |
| 13 | Магній | 16 |
| 14 | Магній | 14 |
| 15 | Магній | 12 |

### 3.2 Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання

#### Задача № 1

Розрахуйте оптимальний час заповнення піщаної форми для отримання виливків з кольорових металів. При цьому маса виливки дорівнює 1000 кг, переважна товщина стінки – 25 мм, а коефіцієнт пропорційності дорівнює  $1 \text{ с} / (\text{кг} \cdot \text{мм}^{1/2})$ .

#### Рішення:

Для визначення оптимального часу заповнення піщаної форми можна застосувати наступний вираз:

$$\tau = K_{\text{пр}}^3 \sqrt{m} \cdot \sqrt{x}, \quad (3.1)$$

де  $\tau$  – оптимальний час заповнення форми, с;

$K_{\text{пр}}$  – коефіцієнт пропорційності, залежний від металу, що застосовують  $\text{с} / \text{кг} \cdot \text{мм}^{1/2}$ ;

$m$  – маса виливки, кг;

$x$  – переважаюча товщина стінки виливки, мм.

$$\tau = 1 \cdot \frac{\text{с}}{\text{кг} \cdot \text{мм}^{1/2}} \cdot \sqrt[3]{1000 \text{ кг}} \cdot \sqrt{25 \text{ мм}} = 50 \text{ с.}$$

**Відповідь:** оптимальний час заповнення піщаної форми складає 50 с.

## Задача № 2

Розрахуйте оптимальну швидкість напівбезперервного лиття (швидкість руху зливка) для набуття найбільш рівномірних властивостей по перетину алюмінієвого зливка діаметром 90 мм. При цьому температура поверхні зливка складає 500 °С .

### Рішення:

Найбільш рівномірними по перетину зливка властивості виходять, коли при напівбезперервному литті глибина лунки ( $h_{\text{опт.}}$ ) складає 2/3 діаметра зливка ( $D_c$ ), тоді:

$$h_{\text{опт.}} = 2/3 D_c \quad (3.2)$$

З іншого боку, за формулою Добаткина В.І. можна розрахувати глибину лунки залежно від швидкості напівбезперервного литва:

$$h = \frac{\Delta Q \rho \cdot R_c^2 \cdot v_f}{3 \cdot \Delta Q \cdot \rho \cdot R_c} \quad (3.3)$$

Тоді оптимальна швидкість напівбезперервного литва буде рівна:

$$v_n^{\text{опт}} = \frac{16\lambda(t_{\text{пл}} - t_{\text{п}})}{3 \cdot \Delta Q \cdot \rho \cdot R_c} \quad (3.4)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·к);

$t_{\text{пл}}$  – температура плавлення, °С;

$t_{\text{п}}$  – температура поверхні зливка, °С;

$\Delta Q$  – теплота кристалізації, кДж/кг;

$\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>;

$R_c$  – радіус зливка, м.

Для алюмінію:

$t_{\text{пл}} = 660^\circ\text{C}$ .

$$\Delta Q = \Delta H_{\text{пл}} = 10,8 \text{ кДж/моль} = 10,8 \cdot \frac{1000}{27} \text{ кДж/кг} = 400 \text{ кДж/кг};$$

де  $\lambda = 419 \text{ Вт/(м}\cdot\text{к)}$  при  $\approx t_{\text{пл}}$ ;

$\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$  при  $\approx t_{\text{пл}}$ .

Тоді, підставляючи довідкові і вихідні дані у рівняння (3.4), отримаємо:

$$v_n^{\text{opt}} = \frac{16 \cdot 419 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \cdot (660 - 500)\text{К}}{3 \cdot 400 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}\cdot\text{с}}{\text{кг}} \cdot 2,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 90 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 0,00382 \text{ м/с} = 13,75 \text{ м/ч}.$$

**Відповідь:** оптимальна швидкість напівбезперервного литва складає **13,75 м/ч.**

### Задача № 3

Розрахуйте час твердіння мідного циліндрового виливка, що має радіус 20 см і довжина 50 см. Заливка відбувається в чавунну форму (кокіль) при температурі 1185 °С.

#### Рішення:

Для розрахунку товщини кірки затверділої частини циліндрового виливка можна використовувати наступну формулу Хворінова Н.І.:

$$\xi = m_0 \cdot \sqrt{\tau} - \frac{R}{2} \cdot \frac{C}{Q} (t_{\text{зал}} - t_{\text{кр}}), \quad (3.5)$$

де  $\xi$  – «площинний еквівалент» товщини кірки затверділої частини виливка, см;

$m_0$  – коефіцієнт твердіння, см/с<sup>1/2</sup>;

$\tau$  – час твердіння, с;

$R$  – радіус виливка, см;

$Q$  – питома теплота кристалізації, Дж/кг;

$C$  – питома теплоємність металу, що заливається у форму, Дж/(кг·к);  
 $t_{\text{зал}}$  – температура заливки, °С;  
 $t_{\text{кр}}$  – температура кристалізації металу, що заливається у форму, °С.

Враховуючи, що

$$\xi = \frac{V_3}{S_{\text{п}}}, \quad (3.6)$$

де  $V_3$  – об'єм затверділої частини виливка, см<sup>3</sup>;  
 $S_{\text{п}}$  – площа граничної поверхні виливки, см<sup>2</sup>.

$$S_{\text{п}} = 2\pi R (R+L), \quad (3.7)$$

де  $L$  – довжина виливка, см.  
 і при повному твердінні циліндрового виливка

$$V_3 = V_{\text{отл}} = 2\pi R^2 L. \quad (3.8)$$

Тоді у момент твердіння ( $\tau = \tau_3$ ) маємо:

$$\xi = \frac{\pi R^2 L}{2\pi R(R+L)} = m_o \cdot \sqrt{\tau_3} - \frac{R}{2} \cdot \frac{C}{Q} (t_{\text{зал}} - t_{\text{кр}}), \quad (3.9)$$

де  $\tau_3$  – час твердіння виливки, с.  
 Звідси:

$$\sqrt{\tau_3} = \frac{R}{2m_o} \left[ \frac{L}{R+L} + \frac{C}{Q} (t_{\text{зал}} - t_{\text{кр}}) \right]. \quad (3.10)$$

З довідника знаходимо, що температура кристалізації міді дорівнює 1085°С, питома теплоємність (при температурі плавлення) складає



545 Дж/(кг·К), питома теплота кристалізації міді рівна 205 кДж/кг, а коефіцієнт твердіння міді при заливці в чавунну форму складає 0,48 см/с<sup>1/2</sup>.

Підставляючи вихідні і довідкові дані в рівняння (3.10), отримаємо:

$$\sqrt{\tau_3} = \frac{20}{2 \cdot 0,48} \cdot \left[ \frac{50}{(20 + 50)} + \frac{545}{205 \cdot 10^3} \cdot (1185 - 1085) \right] = 20,42 \text{ с}^{1/2},$$

або  $\tau_3 = 417 \text{ с} = 6,95 \text{ хв}$ .

**Відповідь:** час твердіння мідної циліндрового виливка складе  $\approx 7$  хвилин.

#### Задача № 4

Чи утворюється газова пористість у великогабаритному виливку з алюмінію якщо вміст водню в розплаві складає 0,1 см<sup>3</sup>/100 г.

#### Рішення:

Газова пористість утворюється у великогабаритній виливці, якщо при кристалізації вміст водню в розплаві буде більше його розчинності в твердому металі при температурі солідус.

З довідника знаходимо, що розчинність водню в твердому алюмінії при температурі солідус рівна 0,036 см<sup>3</sup>/100 г, і її значення значно менше вмісту водню в розплаві (0,1 см<sup>3</sup>/100 грам). Таким чином, виливок буде уражений газовою пористістю.

**Відповідь:** виливок буде уражений газовою пористістю.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....  | 3  |
| Рекомендована література.....   | 3  |
| 2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І  |    |
| МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ.....  | 4  |
| Тема 2.1 Основні методи розливання кольорових металів.....  | 4  |
| Тема 2.2 Теоретичні основи кристалізації.....   | 6  |
| Тема 2.3 Устаткування та технологія розливання у металеві форми.....                              | 8  |
| Тема 2.4 Устаткування та технологія розливання у разові форми.....                                | 10 |
| Тема 2.5 Устаткування та технологія напів- та безперервного<br>розливання кольорових металів..... | 12 |
| Тема 2.6 Види дефектів при розливанні кольорових металів.....                                     | 14 |
| Тема 2.7 Методи контролю якості литих кольорових металів.....                                     | 16 |
| 3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ<br>ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ.....                                | 18 |
| 3.1 Індивідуальне завдання.....   | 18 |
| 3.2 Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання.....                                 | 21 |