

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

ВИРОБНИЦТВО ВИЛИВКІВ ІЗ СТАЛЕЙ

**Методичні вказівки
до самостійної роботи з вивчення курсу**

**для студентів спеціальності 136 «Металургія»
денної та заочної форм навчання**

Затверджено
на засіданні
методичної ради
Протокол № 1 от 21.09.2017

Краматорськ
ДГМА
2017

Виробництво виливків зі сталей : методичні вказівки до самостійної роботи з вивчення курсу для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / уклад. О. Р. Абдулов, П. Г. Агравал. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 30 с.

В методичних вказівках викладені особливості вивчення курсу дисципліни «Виробництво виливків із сталей», наведені питання, на які треба звернути особливу увагу при засвоєнні матеріалу. Приведені тематичний план і розподіл навчального часу по темам на основі модульно-рейтингової системи. Розглядаються проблеми і питання, які треба засвоїти при вивченні теоретичної частини та лабораторних робіт. Для успішного вивчення і поглиблення знань наведені питання для самоперевірки.

Укладачі:

О. Р. Абдулов, доц.

П. Г. Агравал, доц.

Відп. за випуск

М. А. Турчанін, проф.

ЗМІСТ

1 Загальні відомості, мета і завдання дисципліни	4
2 Програма курсу та методичні вказівки для його вивчення	6
2.1 Розділ 1. Загальна характеристика ливарних сталей: класифікація, структурні складові, легування	6
2.1.1 Загальна характеристика і класифікація ливарних сталей і виливків	6
2.1.2 Основи легування і властивості ливарних сталей	8
2.1.3 Конструкційні сталі і сталі зі спеціальними властивостями	10
2.2 Розділ 2. Плавка ливарних сталей і позапічна обробка рідкої сталі ..	13
2.2.1 Плавились агрегати і плавка сталі в електропечах	13
2.2.2 Процеси легування і позапічної обробки ливарних сталей	15
2.3 Розділ 3. Особливості проектування ливарної технології при виробництві сталевих лиття і дефекти виливків	18
2.3.1 Конструкції ливниково-живильних систем і особливості їх використання	18
2.3.2 Дефекти сталевих виливків і способи їх запобігання	20
3 Лабораторні роботи	23
4 Контроль знань студентів	24
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	28
ДОДАТОК А. Приклад білета залікової контрольної роботи	29

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Даний методичний посібник складено для студентів денної та заочної форм спеціальності 136 «Металургія». Для студентів цієї спеціальності дисципліна «Виробництво виливків із сталей» є обов'язковою дисципліною професійної підготовки.

Мета вивчення курсу – ознайомлення студентів з класифікацією і властивостями ливарних сталей і сталевих виливків, особливостями утворення структури сталей, технологічними аспектами процесів плавки і позапічної обробки рідкої сталі, особливостями отримання якісного сталевого лиття. Також метою є формування професійних знань у майбутніх фахівців-ливарників, необхідних для подальшої інженерної діяльності в ринкових умовах підприємств України. Глибоке вивчення широкого кола питань в області виробництва сталевих виливків необхідно для поліпшення їх якості на всіх етапах виробництва, розробки технологічних процесів отримання виливків і розуміння особливостей по отриманню лиття без дефектів. Головне завдання вивчення дисципліни – навчити майбутніх фахівців вибирати і технічно правильно виконати технологічні процеси отримання сталевих виливків.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- класифікацію сталей і сталевих виливків;
- марки основних ливарних сталей;
- склад і властивості сталей;
- конструкцію основних плавильних агрегатів;
- особливості отримання рідкої сталі;
- принципи виготовлення сталевих виливків.

Вміти:

– приймати технічно правильні рішення для конструювання систем літників;

– виявляти і аналізувати природу дефектів і причини утворення дефектів у виливках;

– вміти призначати вірний режим отримання рідкої сталі;

– вміти розраховувати елементи ливарних форм.

Оволодіти навичками:

– роботи з довідково-нормативної та іншої технічної документації та літературою;

– конструювання ливниково-живильних систем для отримання сталевих виливків.

Для вивчення дисципліни «Виробництво сталевих виливків» студенти повинні засвоїти дисципліни: «Фізика», «Металознавство», «Теорія металургійного виробництва», «Теоретичні основи формоутворення», «Теоретичні основи ливарного виробництва».

Це видання містить методичні вказівки по вивченню дисципліни, питання для самоконтролю, завдання для виконання контрольних робіт, список рекомендованої літератури.

Рекомендований наступний порядок самостійного опрацювання тем курсу:

- ознайомлення з матеріалом лекції та змістом теми, щоб отримати уявлення про обсяг і послідовності викладу матеріалу;
- прочитання відповідних розділів в підручниках;
- для розширення знань про основні питання курсу необхідно звернутися до додаткової літератури;
- дати відповіді на наведені питання для самоперевірки.

Приступаючи до вивчення кожної нової теми курсу, рекомендується, насамперед, чітко уявити собі обсяг теми і послідовність питань, які в ньому розбираються. Після ознайомлення з матеріалом лекції та методичними вказівками можна переходити до попереднього ознайомлення з матеріалом за підручником.

Коли цей перший етап роботи виконано, слід перейти до детального вивчення матеріалу підручника. Читати підручник потрібно вдумливо, уважно, не поспішаючи і не пропускаючи тексту, намагаючись зрозуміти кожну фразу. Якщо після ретельного вивчення теми за підручником з використанням методичних вказівок залишаться неясні місця, потрібно звернутися за консультацією до викладача.

Щоб легше запам'ятати і засвоїти матеріал, рекомендується складати короткий конспект по кожному розділу дисципліни, що вивчається, так як конспект в поєднанні з підручником допомагає краще підготуватися до заліку.

Після вивчення кожної теми потрібно відповісти усно на питання для самоперевірки, які розміщені в методичних вказівках. Відповіді на питання для самоперевірки – важливий засіб самоконтролю. Вони допомагають закріпити в пам'яті матеріал курсу.

Іспит – заключний етап вивчення курсу на денному і заочному відділеннях. Запорукою успішної здачі іспиту є систематична робота над курсом і повне виконання викладених тут вимог. Допуском до складання іспиту на заочному відділенні є успішне написання контрольної роботи по обраним розділах програми.

2 ПРОГРАМА КУРСУ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ЙОГО ВИВЧЕННЯ

2.1 Розділ 1. Загальна характеристика ливарних сталей: класифікація, структурні складові, легування

2.1.1 Загальна характеристика і класифікація ливарних сталей і виливків

Класифікація сталей за способом виплавки, за хімічним складом, за призначенням, за структурою, за якістю. Раціональна і кодова маркування ливарних сталей. Класифікація сталевих виливків за призначенням і вимогам, по серійності виготовлення, за складністю конструкції, по допускам на розміри, по масі, за характером виробництва. Структурні складові ливарних сталей: ферит, аустеніт, перліт, цементит, інтерметалеві сполуки, неметалеві фази.

Література: [1, с. 9–88; 2, с. 12–30; 3, с. 7–44; 4].

Методичні вказівки

Сталь – сплав заліза з вуглецем (до 2,14%) і іншими хімічними елементами. До сих пір немає єдиної класифікації сталей. Існує безліч ознак, за якими можна класифікувати сталі, однак і вони не можуть бути однозначними для великої кількості марок сталей.

Узагальнена класифікація ливарних сталей за основними ознаками має такий вигляд:

- за способом виплавки;
- за хімічним складом;
- за призначенням;
- за структурою сталі.

Для маркування сталей використовують дві системи: раціональну та кодову. При використанні раціональної системи в позначенні марок сталей перші цифри показують середнє або максимальне (через відсутність нижньої межі) вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

Основні легуючі елементи, які використовуються в сталеливарному виробництві, позначають буквами: А – азот, Б – ніобій, В – вольфрам, Г – марганець, Д – мідь, Е – селен, К – кобальт, М – молібден, Н – нікель, П – фосфор, Р – бор, С – кремній, Т – титан, Ф – ванадій, Х – хром, Ц – цирконій, Ю – алюміній. Цифри, що стоять після букв, вказують середній (в%) вміст того чи іншого хімічного елемента, заокруглене до цілого числа. Швидкорізальної сталі позначають буквою Р, магнітні – Е.

При використанні кодової системи позначення сталі складається з порядкового номера розробленої і освоєваної сталі на заводі, перед яким пишуть індекси: завод «Електросталь» – ЕО – сталь дослідна, ЕП – пробна; завод «Дніпроспецсталь» – ДО. Після освоєння таких сталей підприємствами і введення їх в державні нормативні документи кодову систему замінюють раціональною.

Відповідно до вимог нормативних документів (НД) сталь на кресленнях литих деталей повинні мати позначення. Приклад позначення сталі на кресленнях литих деталей: сталь 25Л ГОСТ 977–88.

Єдиної класифікації сталевих виливків, як і сталей, немає. В узагальненому вигляді її можна уявити так:

- 1) за призначенням і за вимогами, що пред'являються до литих деталей:
 - загального призначення;
 - відповідального призначення;
 - особливо відповідального призначення.

Виливки загального призначення використовують для виготовлення деталей, конфігурацію і розміри яких визначають тільки конструктивними і технологічними міркуваннями.

Виливки відповідального призначення використовують для виготовлення деталей, що розраховуються на міцність і працюють в умовах статичних навантажень.

Виливки особливо відповідального призначення використовують для виготовлення деталей, що розраховуються на міцність і працюють в умовах циклічних і динамічних навантажень.

- 2) по серійності виготовлення:
 - виливки масового виробництва;
 - виливки багатосерійного або серійного виробництв;
 - виливки дрібносерійного і індивідуального виробництв.

- 3) за складністю конструкції:
 - прості;
 - нескладні;
 - середньої складності;
 - складні;
 - особливо складні.

- 4) по допускам на розміри (розмірна точність виливків) – в відповідній з вимогами ГОСТ 26645–85;

- 5) по масі сталеві виливки з урахуванням характеру виробництва поділяють на 5 класів:

- дрібні (до 100 кг);
- середні (100...1000 кг);
- крупні (1000...5000 кг);
- важкі (5000...20000 кг);
- особливо важкі (понад 20 000 кг).

Залежно від марок сталей, з яких виготовляють виливки, останні класифікують за назвами сталей: жароміцні, жаростійкі, корозійностійкі, зносостійкі, холодостійкі, ерозійностійкі, кавітаційностійкі, немагнітні та ін.

Питання для самоперевірки

1. Що таке сталь?
2. Класифікація сталей як ливарного матеріалу.
3. Класифікація сталей за способом виплавки.
4. Класифікація сталей за хімічним складом.
5. Класифікація сталей за структурою.
6. Класифікація сталей за призначенням.
7. Класифікація сталей за якістю.
8. Раціональне маркування сталей.
9. Кодове маркування сталей.
10. Класифікація сталевих виливків за призначенням.
11. Класифікація сталевих виливків по серійності виготовлення.
12. Класифікація сталевих виливків по складності конструкції.
13. Класифікація сталевих виливків по допускам на розміри.
14. Класифікація сталевих виливків по масі, характером виробництва.
15. Структурні складові сталей.
16. Легований ферит.
17. Легований аустеніт.
18. Карбіди в легованих сталях.
19. Інтерметалеві сполуки у сталях.
20. Домішки в сталях.

2.1.2 Основи легування і властивості ливарних сталей

Характеристика заліза – основного компонента сталей. Класифікація легуючих елементів. Фізичні властивості сталей. Хімічні властивості сталей. Жаростійкість ливарних сталей. Жароміцність ливарних сталей. Холодостійкість ливарних сталей. Рідкоплинність ливарних сталей. Об'ємна і лінійна усадка сталей. Ліквіація ливарних сталей. Схильність до утворення тріщин.

Література: [1, с. 66–282; 2, с. 14–30, 196–246, 3, с. 46–216].

Методичні вказівки

Залізо – хімічний елемент VIII групи періодичної системи Менделєєва, атомний номер 26, атомна маса 55,85. Щільність заліза – 7874 кг / м³, температура плавлення чистого заліза (99,992%) – тисячу п'ятсот тридцять сім ° С, температура кипіння – 3200 ° С. Теплопровідність заліза – 74 Вт / м К – майже в три рази нижче, ніж теплопровідність алюмінію. Залізо необхідно для життєдіяльності живих організмів, оскільки воно входить до складу гемоглобіну. Чисте технічне залізо – м'який пластичний блискучий метал сріблясто-білого кольору, має кристалографічні модифікації – ОЦК-решітку (α -Fe і δ -Fe) і ГЦК-решітку (γ -Fe).

При кімнатній температурі твердість технічного заліза – 80 НВ, тимчасовий опір розриву – 250 МПа, межа плинності – 120 МПа, відносне подовження близько 40%.

Легуючими елементами називають хімічні елементи, що вводять до складу сталі для отримання необхідних структури, фізико-хімічних і механічних властивостей металу у виливках.

Легуючі елементи–метали поділяють на такі групи:

- метали залізної групи: нікель, кобальт;
- тугоплавкі метали – до них відносять легуючі елементи, що мають температуру плавлення вище, ніж заліза, тобто вище 1535°C. До цієї групи відносять вольфрам, молібден, ніобій, ванадій і хром;

- легкоплавкі метали – до них відносять легуючі елементи, що мають температуру плавлення нижче, ніж заліза. Це марганець, кобальт, нікель, мідь, барій, кальцій, алюміній, а також неметал кремній;

- рідкісноземельні метали (РЗМ) – їх відносять до окремої групи, оскільки вони мають специфічні властивості. Це лантан, церій, неодим і інші лантаноїди, ітрій і скандій, що мають подібні до РЗМ властивості.

Фізичні властивості сталей і сталевих виливків поділяють на такі:

- поверхневі – твердість, оброблюваність, зносостійкість;

- об'ємні – теплові, електричні, магнітні.

Теплопровідність – це структурно-чутлива властивість сталі, що характеризує її здатність передавати тепло від однієї точки до іншої за наявності градієнта температур. Вона залежить від структури і хімічного складу сталей. Зі збільшенням вмісту вуглецю теплопровідність вуглецевих сталей знижується. Теплопровідність легованих сталей значно нижче теплопровідності вуглецевих сталей. Найбільш низьку теплопровідність мають сталі аустенітного класу.

Теплоємність – властивість сталей, що характеризує здатність поглинати тепло при нагріванні. Теплоємність вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей практично однакова. З збільшенням ступеня легування теплоємність зростає, досягаючи максимальних значень в сталях аустенітного класу, наприклад 110Г13Л. При нагріванні теплоємність сталей зростає, причому у сталей перлітного класу вона зростає значно інтенсивніше (приблизно на 60%), ніж у аустенітних сталей (на 15...20%).

Жароміцність – здатність сталей витримувати механічні навантаження при високих температурах протягом визначеного часу.

Жаростійкість характеризує опір сталей газової корозії при високих температурах. Групу жаростійких сталей складають хромисті, хромонікелеві, хромомарганцеві сталі феритного, аустенітного, мартенситного та аустенітно-феритного класів з добавками інших легуючих елементів: Al, Si, Mn, Nb, Mo, W, Ti.

Холодостійкість – здатність металів і сплавів протистояти руйнуванню при низьких температурах, зворотне поняття – холодноламкість – характеризує руйнування металу без ознак пластичної деформації, тобто перехід металу в крихкий стан.

Основними ливарними властивостями сталей є рідкоплинність, об'ємна і лінійна усадка, схильність до ліквації і утворенню тріщин і т.п.

Питання для самоперевірки

1. Характеристика заліза.
2. Властивості чистого заліза.
3. Поліморфні перетворення в залізі.
4. Основні легуючі елементи сталей.
5. Властивості металів.
6. Класифікація легуючих елементів по щільності.
7. Класифікація легуючих елементів по температурі плавлення.
8. Класифікація легуючих елементів по структурі.
9. Характеристика основних легуючих елементів.
10. Твердість сталевих виливків.
11. Оброблюваність виливків.
12. Зносостійкість виливків.
13. Температурний коефіцієнт лінійного розширення.
14. Теплопровідність.
15. Теплоємність.
16. Питомий електроопір.
17. Жароміцність сталевих виливків.
18. Жаростійкість сталевих виливків.
19. Холодостійкість сталевих виливків.
20. Рідкоплинність сталевих виливків.
21. Об'ємна і лінійна усадка.
22. Ліквація в сталевих виливках.

2.1.3 Конструкційні сталі і сталі зі спеціальними властивостями

Конструкційні нелеговані сталі для виливків: низьковуглецеві, середньовуглецеві і високовуглецеві сталі. Конструкційні леговані сталі для виливків: марганцеві сталі, марганцевокремністі сталі, ванадієві сталі, хромисті сталі, хромомарганцевокремністі сталі, хромонікелеві сталі. Загальна характеристика легованих сталей із спеціальними властивостями. Жаростійкі ливарні сталі і сплави. Жароміцні ливарні сталі. Зносостійкі ливарні сталі. Холодостійкі ливарні сталі. Сталі для виготовлення інструменту.

Література: [1, с. 283–214; 2, с. 30–81; 3, с. 217–396; 4].

Методичні вказівки

Для виробництва литих деталей в промисловості, особливо в машинобудуванні широко використовують нелеговані вуглецеві сталі. Більшість конструкційних вуглецевих сталей мають порівняно хороші ливарні властивості, тому їх використовують для виготовлення виливків будь-яких мас, складності, габаритних розмірів і з різними товщинами стінок. Незважаючи

на не велику кількість марок, вуглецеві конструкційні сталі займають провідне місце серед ливарних матеріалів для виготовлення фасонних виливків.

Марки сталей за хімічним складом відрізняються тільки вмістом в них вуглецю:

- 15Л, 20Л – сталі з низьким вмістом вуглецю;
- 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л – сталі з середнім вмістом вуглецю;
- 50Л – сталь з високим вмістом вуглецю.

Леговані конструкційні ливарні сталі умовно відносять до низько– і середньолегованих. З цих сталей виготовляють близько 10% виливків від загальної кількості сталевого лиття. Щоб уникнути зниження пластичності після легування, вміст вуглецю в більшості марок сталей не перевищує 0,35...0,40%.

Для поліпшення технологічних властивостей сталей, подрібнення первинного зерна і підвищення ударної в'язкості в них додають певну кількість молібдену, ванадію, титану та інших елементів.

Залежно від призначення виливків і вимог, що пред'являються до литих деталей, їх розділяють, як і нелеговані сталі, на три групи: загального, відповідального і особливо відповідального призначення.

За вмістом основних легуючих елементів леговані конструкційні ливарні сталі поділяють на кілька груп.

Для виготовлення виливків зі спеціальними властивостями ГОСТ 977-88 передбачає 43 марки високолегованих сталей 6 структурних класів: 1) мартенситний – 11 марок; 2) мартенситно-феритний – 1 марка; 3) феритний – 1 марка; 4) аустенітно-мартенситний – 3 марки; 5) аустенітно-феритний – 5 марок; 6) аустенітний – 22 марки. На практиці часто користуються класифікацією сталей за призначенням. Тут можна виділити 6 груп сталей: корозійностійкі, кислотостійкі, жароміцні, жаростійкі, зносостійкі, інструментальні. Крім того, в цілому ряді галузей промисловості використовуються леговані сталі спеціального призначення, хімічні склади й властивості яких регламентуються галузевими технічними умовами.

Жаростійкі сплави, що використовуються в промисловості, містять в своєму складі нікель, кобальт, молібден, вольфрам та інші дефіцитні і дорогі хімічні елементи. Для виплавки цих сплавів необхідно використовувати шихтові матеріали підвищеної чистоти, що значно збільшую вартість виробів і ускладнює технологічні процеси виготовлення литих заготовок. З усіх жаростійких сплавів найбільший практичний інтерес представляють сплави на основі заліза, тобто сталі і чавуни, леговані недорогими і недефіцитними елементами, наприклад, хромом, алюмінієм, кремнієм, титаном.

Жароміцні сталі повинні витримувати механічні навантаження в умовах високих температур протягом певного часу. Сталі, використовувані для виготовлення литих деталей, що працюють при температурах до 600°C, називають теплостійкими. Основну групу цих сплавів складають сталі аустенітного класу на хромонікелевій, рідше на хромонікельмарганцевій, основі з додатковим легуванням різними елементами. Умовно ці сталі поділяють на три підгрупи:

- гомогенні (однофазні) аустенітні сталі, жароміцних яких забезпечується легування твердого розчину;
- сталі з карбідним зміцненням;
- сталі з інтерметалідним зміцненням.

Найбільш поширеними в промисловості є сталі першої групи. Аустенітна структура таких сталей, а разом з нею і їх гомогенність досягаються, переважно, підвищеним вмістом в сталях нікелю.

Зносостійкі сталі містять підвищений вміст марганцю. На підставі ретельного вивчення діаграми стану Fe–Mn і впливу марганцю на властивості заліза сталі можна розділити на такі класи:

- марганцеві сталі перлітного класу, які набувають мартенситної будови тільки після різкого охолодження виробів і містять до 2,0% марганцю. Їх відносять до групи низьколегованих конструкційних марганцевих сталей;

- марганцеві сталі мартенситного класу, які набувають мартенситної будови переважно вже після охолодження на повітрі, містять від 2,0 до 5,0% марганцю. Їх відносять до групи середньолегованих марганцевих конструкційних сталей;

- високомарганцеві сталі аустенітного класу, що містять більше 5,0% марганцю. Їх відносять до групи сталей з особливими фізичними властивостями.

Холодостійкість – здатність металів і сплавів протистояти руйнуванню при низьких температурах, зворотне поняття – холодноламкість – характеризує руйнування металу без ознак пластичної деформації, тобто перехід металу в крихкий стан.

Інструментальними називають сталі, які використовуються для обробки матеріалів різанням і тиском і володіють певними властивостями в робочих умовах. Такими основними властивостями є: твердість, в'язкість, зносостійкість, теплостійкість (червоностійкість), теплопровідність, розгартійність, окалиностійкість, стійкість проти захоплення (адгезії) і налипання, міцність. На практиці прийнята класифікація за призначенням, згідно з якою визначають наступні групи сталей:

- сталі для ріжучого інструменту;
- штампові сталі для холодного і гарячого деформування;
- сталі для вимірювального інструмента.

Питання для самоперевірки

1. Хімічний склад і властивості конструкційних нелегованих сталей.
2. Класифікація конструкційних нелегованих сталей.
3. Область застосування конструкційних нелегованих сталей.
4. Вплив легуючих елементів і домішок на властивості конструкційних нелегованих сталей.
5. Хімічний склад і властивості конструкційних леггованих сталей.
6. Термообробка конструкційних леггованих сталей.

7. Структура і властивості марганцевих сталей.
8. Структура і властивості марганцевокремністих сталей.
9. Структура і властивості ванадієвих сталей.
10. Структура і властивості хромистих сталей.
11. Структура і властивості хромомарганцевокремністих сталей.
12. Структура та властивості хромонікелевих сталей.
13. Структурні класи сталей із спеціальними властивостями.
14. Фактори, що впливають на стійкість металу проти корозії.
15. Характеристика жаростійкості.
16. Структура і властивості жаростійких хромистих сталей.
17. Структура і властивості жаростійких хромоалюмінієвих сталей.
18. Жароміцні сталі.
19. Типи жароміцних сталей.
20. Вплив легуючих елементів на структуру і властивості жароміцних сталей.
21. Класифікація зносостійких марганцевих сталей.
22. Високолеговані зносостійкі марганцеві сталі.
23. Вплив структури на властивості холодостійких сталей.
24. Властивості інструментальних сталей.
25. Структура та властивості сталей для різального інструменту.
26. Штампові сталі для холодного і гарячого деформування.
27. Сталі для вимірювального інструмента.

2.2 Розділ 2. Плавка ливарних сталей і позапічна обробка рідкої сталі

2.2.1 Плавильні агрегати і плавка сталі в електропечах

Характеристика плавильних агрегатів для виплавки ливарних сталей. Пристрій дугових сталеплавильних печей. Пристрій індукційних сталеплавильних печей. Футеровка дугових сталеплавильних печей. Футеровка індукційних печей. Шихтові матеріали для плавки. Плавка сталі в дугових електропечах. Плавка сталі в індукційній печі. Технологія плавки і отримання виливків з жаростійких сталей. Технологія плавки і отримання виливків з жароміцних сталей. Технологія плавки і отримання виливків з зносостійких сталей. Технологія плавки і отримання виливків з холодостійких сталей.

Література: [1, с. 515–637; 2, с. 82–149; 3, с. 397–492; 5, 405–479].

Методичні вказівки

Плавка сталі здійснюється при високих температурах (1500...1700°C) і супроводжується складними фізико-хімічними процесами взаємодії розплаву, флюсів, шлаків, пічних і атмосферних газів, футерування печі. Методи плавки різноманітні. Вибір методу плавки і типу плавильного агрегату визначається складом і властивостями сталі, об'ємом виробництва, масою

виливків, вимогами до їх якості, техніко-економічними показниками процесу. У ливарних цехах зазвичай сталь виплавляють в електричних дугових і індукційних тигельних печах. Рідше використовуються мартенівські печі й конвертори для виробництва сталей з особливими властивостями і високими вимогами до якості застосовуються електрошлакові, вакуумно-дугові, плазмено-дугові, електронно-променеві, індукційні вакуумні печі.

Головними особливостями різних агрегатів і способів плавки сталі є: характер вогнетривкої футеровки, спосіб досягнення високої температури, необхідної для розплавлення шихтових матеріалів і нагрівання металу, хімічний склад газового середовища в робочому просторі. Найбільш широко в сталеливарних цехах використовуються електропечі. На їх частку припадає 90% всієї сталі, що виплавляється для виливків. Завдяки ряду принципових особливостей електроплавка дозволяє отримувати різноманітні за складом марки ливарних сталей з низьким вмістом кисню, сірки, фосфору та інших небажаних і шкідливих домішок. Це можуть бути пересічні вуглецеві сталі (15Л, 30Л і ін.), Конструкційні леговані (35ХМЛ, 08ГНДФЛ і ін.), високолеговані зі спеціальними властивостями (12Х18Н9ТЛ, 40Х24Н12СЛ і ін.).

Найбільше застосування для виплавки сталі в ливарних цехах знайшли кислі і основні дугові електропечі місткістю від 3 до 50 т і продуктивністю від 1,6 до 11,4 т/год.

Індукційні печі знайшли широке застосування при виплавці сталі в цехах дрібного литва. Вітчизняна промисловість випускає печі: високочастотні (100...200 кГц), середньої частоти (500... 000 Гц), промислової частоти (50 Гц). Для перетворення частоти застосовуються обертові (ОПЧ) і тиристорні (ТПЧ) перетворювачі частоти.

Шихтові матеріали класифікують на:

- металеві: доменний чавун, чавунний і сталевий брухт, легуючі добавки і відходи власного виробництва;
- феросплави, рафінуючі і модифікуючі добавки, карбюризатори;
- спеціальні добавки;
- паливо;
- флюси.

Основним процесом можуть виплавлятися все групи марок сталей, але виплавляють найбільш відповідальні. Плавку можна здійснювати двома способами: з окисленням і методом переплавки. Переплав, або плавку без окислення здійснюють на якісній шихті, чистої по фосфору і сірці. Плавка з окисленням технологічно складніше. Вона складається з наступних етапів:

- 1) заправка печі;
- 2) завантаження шихти;
- 3) плавлення шихти;
- 4) окислювальний період;
- 5) відновний період;
- 6) доведення за хімічним складом і випуск металу.

У порівнянні з основним кислий процес має цілу низку переваг:

- менші теплові втрати і більш низька витрата електроенергії, нагрівання металу здійснюється швидше;
- менша тривалість плавки і більш низька витрата електродів;
- вища стійкість футеровки і менша витрата вогнетривів;
- більш низька вартість і менша дефіцитність вогнетривких матеріалів;
- більш висока продуктивність печей.

Основними недоліками кислого процесу є:

- необхідність застосування шихтових матеріалів, чистих по фосфору і сірці;
- труднощі виплавки високомарганцовистих сталей, так як кремній відновлюється з футеровки марганцем, при цьому вміст кремнію в сталі різко зростає, а футерування печі руйнується. З цієї ж причини в кислих печах не плавляться сталі, що містять алюміній, титан, ванадій.

Питання для самоперевірки

1. Вибір плавильного агрегату для плавки сталей.
2. Типи плавильних агрегатів для плавки сталей.
3. Особливості плавильних агрегатів і способів плавки.
4. Переваги та недоліки електродугових печей.
5. Конструкція дугових сталеплавильних печей.
6. Підготовка дугових печей до плавки.
7. Етапи плавлення шихти.
8. Конструкція індукційних печей.
9. Переваги та недоліки індукційних печей.
10. Футеровка дугових сталеплавильних печей.
11. Футеровка індукційних печей.
12. Шихтові матеріали для плавки.
13. Плавка сталі в дугових електропечах основним процесом.
14. Плавка сталі в дугових електропечах кислим процесом.
15. Плавка сталі в індукційній печі.
16. Технологія плавки і отримання виливків з жаростійких сталей.
17. Технологія плавки і отримання виливків з жароміцних сталей.
18. Технологія плавки і отримання виливків з зносостійких сталей.
19. Технологія плавки і отримання виливків з холодостійких сталей.

2.2.2 Процеси легування і позапічної обробки ливарних сталей

Легування ливарних сталей. Мікролегування та модифікування. Позапічне легування сталей. Обробка сталі рідкими білими або синтетичними шлаками. Обробка розплаву сумішами порошоків флюсів і продування металу нейтральними газами. Вакуумування сталі. Суспензійне розливання сталі.

Література: [1, с. 638–665; 2, с. 493–515].

Методичні вказівки

Легування (від нім. Legieren – сплавляти) – це додавання в рідкий метал і розчинення або розплавлення в ньому легуючих елементів для отримання сплаву заданого хімічного складу зі структурою, що забезпечує високі фізико-хімічні та механічні властивості виробу.

Легування сталей є важливою операцією в технологічному процесі її виплавки в сталеплавильних агрегатах, що визначає ефективність виробництва і якість металопродукції. Процес легування продовжує операцію плавлення. Зі збільшенням тривалості операції легування техніко-економічні показники плавки в цілому погіршуються. Особливо це проявляється при використанні тугоплавких феросплавів, розчинення яких в рідкій сталі лімітується повільними процесами дифузії. Виплавка легованої сталі з окислюванням ускладнює цей процес, оскільки присадки феросплавів в сталеплавильну ванну супроводжуються значними зниженнями температури і нестабільним угаром легуючих елементів, що створює труднощі у виробництві сталі заданого хімічного складу.

Мікролегування – це процес введення в металевий розплав невеликих (до 0,1%) присадок легуючих елементів для зміни властивостей металу в рідкому стані і у виробках. Цей процес, як і при легуванні сталі, супроводжується комплексом складних фізико-хімічних взаємодій між металом і елементом, що вводиться до нього. Мікролегування ефективно впливає, перш за все, на чистоту границь зерен і зменшує шкідливий вплив легкоплавких домішок (S, Bi, Sn, Pb, As, Sb і ін.) на властивості металу у виробках.

Модифікування ливарних сталей в сучасному сталеливарному виробництві є надзвичайно важливим технологічним прийомом, спрямованим на підвищення якості як рідкого, так і твердого металу.

Модифікаторами називають речовини, які в дуже малих концентраціях істотно впливають на процеси кристалізації розплавів.

Вплив модифікування на властивості рідкої і твердої сталі настільки ефективно, що інші технологічні чинники процесів виплавки сталі і отримання якісних виливків часто мають тільки підлегле значення.

Позапічної легування сталі є ефективним напрямком вдосконалення сталеплавильного виробництва, оскільки при цьому з'являється можливість:

- підвищення продуктивності плавильних агрегатів;
- економії феросплавів;
- зниження собівартості сталі;
- поліпшення якості металу у виливках.

Перенесення процесів легування сталі з плавильних агрегатів у ківш зменшує угар легуючих елементів в 1,5...2,0 рази і робить цей процес більш стабільним в цьому відношенні.

Однак процеси легування сталі в ковші мають деякі недоліки:

– нерівномірний розподіл легуючих елементів в обсязі розплаву внаслідок недостатньої швидкості плавлення феросплавів і малої рухливості металу в ковші;

– зниження температури сталі внаслідок витрати тепла на нагрівання, розчинення та розплавлення феросплавів.

В останні роки розвиваються позапічні методи обробки сталі, так звані методи ковшового металургії. В електропечах готують напівфабрикат, який в ковші доводять до необхідної кондиції заданого сплаву.

Основним призначенням плавильних агрегатів залишаються процеси плавлення шихти, окислення домішок і дефосфорації розплаву.

При обробці сталі в ковші в залежності від її марки і наявності спеціального обладнання здійснюють такі процеси:

- обробка сталі рідкими білими або синтетичними шлаками;
- обробка розплаву сумішами порошків флюсів;
- продування металу інертними газами;
- інжекційне продування сталі порошками;
- вакуумування і пов'язані з ним інші види ковшової обробки сталі;
- суспензійне розливання сталі.

Внаслідок цих процесів досягають:

- кращого засвоєння легуючих елементів і модифікаторів;
- зниження вмісту в розплаві сірці, кисню, водню, азоту;
- підвищення чистоти сталі по неметалевим включенням;
- поліпшення щільності металу, його мікроструктури і всього комплексу фізико-механічних властивостей;
- скорочення тривалості процесу виплавки і відповідно збільшення продуктивності електропечей на 20...40%;
- скорочення витрат електроенергії і електродів.

Питання для самоперевірки

1. Опис процесу легування.
2. Основні положення теорії легування.
3. Рекомендації щодо періоду введення легуючих елементів в розплав.
4. Мікролегування.
5. Модифікування.
6. Вплив модифікування на властивості рідкої і твердої сталі.
7. Класифікація модифікаторів за характером дії на процеси кристалізації.
8. Модифікатори при виплавці вуглецевих і легованих сталей.
9. Позапічне легування сталі.
10. Процеси ковшової обробки сталі.
11. Обробка білими шлаками.
12. Обробка рідкої сталі синтетичним шлаком в ковші.
13. Обробка сталі твердими сумішами порошків.
14. Обробка сталі інертними газами.
15. Інжекційна металургія.
16. Вакуумна металургія.
17. Вакуумування сталі в відкритому ковші.
18. Вакуумне зневуглецьовування сталі.
19. Суспензійне розливання сталі.

2.3 Розділ 3. Особливості проектування ливарної технології при виробництві сталевого лиття і дефекти виливків

2.3.1 Конструкції ливниково-живильних систем і особливості їх використання

Вплив температури сплаву, що заливається на властивості виливків. Зміна температури сталі при випуску в ківш. Зміна температури сталі при витримці в ковші. Призначення ливникової системи і її елементів. Вимоги до ливникових систем. Класифікація систем живильників. Газові усадочні раковини і пористість. Гарячі і холодні тріщини. Піщані раковини. Недоливи і спаї. Призначення надливів. Класифікація надливів. Вибір типу і конструкції надливів, місця установки і визначення кількості надливів. Зовнішні холодильники. Внутрішні холодильники. Технологічний напуск.

Література: [1, с. 702–860; 2, с. 247–279; 3, с. 547–687; 4; 6, с. 249–517; 7, с. 129–202; 8, с. 3–67; 9–12].

Методичні вказівки

Однією з найважливіших характеристик, що впливають на властивості виливки, є температура заливки металу. Ця характеристика впливає на швидкість затвердіння виливки, ліквідацію елементів, утворення газових усадочних раковин, гарячих тріщин, хвилястість поверхні виливки і пригар. Тому слід визначати оптимальні границі температури металу, що заливається в форму, щоб забезпечити отримання якісної виливки. Температура сталі при заливці форми дорівнює температурі металу, що витікає з стопорного отвору, за вирахуванням втрати температури $\Delta T_{\text{лс}}$ при протіканні по каналах ливникової системи. Зниження температури сталі в ливниковій системі зазвичай становить 5...15 К, але для сильно розгалужених систем літників буває і більше; для наближених розрахунків можна прийняти $\Delta T_{\text{лс}} = 10$ К.

Ливникова система – це система каналів і елементів ливарної форми для підведення розплавленого металу в порожнину форми, забезпечення її заповнення та живлення виливки при затвердінні.

За гідродинамічною ознакою розрізняють ливникові системи, що звужуються, що розширюються і рівного перерізу. За просторово-конструктивною ознакою ливникові системи класифікують на верхню, бокову (верхньо-, середньо- і нижньобічну) та ярусну (сифонну, щілинну і комбіновану).

Для зменшення інтенсивності розвитку дефектів газоусадочного походження, пов'язаних з заливанням форми, необхідно користуватися наступними рекомендаціями. Для тонкостінних виливків (товщиною до 20 мм) запобігання пористості у живильника забезпечується за рахунок застосування ливниково-живильної системи, у якій стояк виконує роль надливу. Її застосування забезпечує отримання щільного металу у живильнику на відстані до 3...4 товщини стінок виливки. При більшій товщині стінок не-

обхідно створювати спрямоване живлення виливки за рахунок підведення живильників у відповідні надливи, в тому числі, що працюють під атмосферним тиском, якщо їх ширина менше 120 мм.

Гарячі тріщини зазвичай утворюються при гальмуванні усадки формою в тонкостінних і складних виливках, в місцях з більш високою температурою і, отже, меншою міцністю кірки металу (наприклад, у кутів форми, що на вході). Утворення гарячих тріщин з причин, пов'язаних з конструкцією ливникової системи, найчастіше за все відбувається безпосередньо і поблизу місць підведення живильників, а також в місцях утворення заток.

У сталей загальна об'ємна усадка (в рідкому стані і при затвердінні) в залежності від хімічного складу досягає 4...7%. При виробництві виливків вона проявляється у вигляді усадочних раковин і усадочних пір. Чим більше виливка і більше її товщина, тим більших розмірів формується усадкова раковина, а також довшою стає зона усадочною пористості. У сталевих виливках усадочні раковини не допускаються. А усадочна пористість частково може допускатися, але це залежить від рівня вимог, що пред'являються до виливків: чим ці вимоги вище, тим нижче допустима пористість.

Для ефективної роботи надливу необхідно забезпечувати спрямованість затвердіння металу в порожнині форми від торцевих частин або периферійних областей до внутрішніх, від тонких стінок до товстих, а від самої товстої частини виливки до прибутку. При наявності довгих стінок однакової товщини спрямованість затвердіння створюють потовщенням стінки в напрямку до прибутку. Цьому ж сприяє інтенсивне охолодження периферійних областей і уповільнене областей, що розташовані поблизу надливів.

Для повноцінного забезпечення живлення виливки, зниження витрати металу, а також для зручності виконання технологічних операцій при формуванні та фінішної обробки виливків надливи повинні відповідати наступним вимогам:

- 1) метал у надливі завжди повинен затвердівати пізніше, ніж в тепловому центрі зони живлення;
- 2) кількість рідкого металу в надливі повинно бути достатнім для повної компенсації об'ємної усадки металу виливка або живлення її частини;
- 3) рівень металу в надливі завжди повинен бути вище рівня металу в вузлі живлення;
- 4) геометрія надливу, його розташування в формі і сполучення з виливкою повинні бути технологічними, тобто забезпечувати зручність формування, а також легкість відділення надливу від виливки;
- 5) надлив повинен бути економним, тобто витрата металу на живлення виливки повинен бути мінімальним.

На виливках, як правило, встановлюють надливи прямої дії. При цьому краще закриті надливи, що працюють під атмосферним тиском. Надливи прямої дії при інших рівних умовах живлять вилівок під найбільшим металостатичним напором. Закриті надливи більш технологічні при формуванні і мають менші втрати тепла через верхню поверхню, ніж відкриті.

Елементи форми, що застосовуються для прискорення затвердіння теплових вузлів виливків, називають «зовнішніми холодильниками». Зовнішні холодильники можна поділити по конфігурації на плоскі, ребристі, прямолінійні круглого, квадратного або іншого постійного профілю, фасонні змінного профілю, а також за способом виготовлення (вирізані з прокату, литі з чавуну та інших сплавів). Найчастіше використовують чавунні литі холодильники, але вони також можуть бути виготовлені зі сталі, мідних і алюмінієвих сплавів. В окремих випадках застосовують холодильники з матеріалів, які мають підвищену теплоаккумулюючу здатність (графіт, корунд, хромовий залізняк і т. п.), А при заохолодженні фасонних поверхонь ефективним є застосування заохолоджуючих сумішей, що містять до 60% колотого чавунного дробу.

Питання для самоперевірки

1. Вплив температури сплаву, що заливається, на властивості виливків.
2. Рівняння для розрахунку середнього зниження температури металу в сталі.
3. Поняття тонкостінності.
4. Зміна температури сталі при взаємодії з добавками.
5. Зміна температури сталі при витримці в ковші.
6. Призначення ливникової системи і її елементів.
7. Вимоги до ливникових системам.
8. Класифікація живильників по гідродинамічній ознаці.
9. Класифікація живильників по просторово-конструктивній ознаці.
10. Газові усадкові раковини і пористість.
11. Гарячі і холодні тріщини.
12. Піщані раковини.
13. Недоливу і спаї.
14. Призначення надливів.
15. Класифікація надливів.
16. Вибір типу і конструкції надливів, місця установки і визначення кількості надливів.
17. Зовнішні холодильники.
18. Внутрішні холодильники.
19. Технологічний напуск.

2.3.2 Дефекти сталевих виливків і способи їх запобігання

Питання якості. Класифікація дефектів в сталевих виливках. Недолив. Незалив. Неслітина. Обтиск. Подутість. Перекіс і стрижневий перекіс. Залив стрижня. Викривлення. Пригар. Газова шорсткість. Плівки. Гарячі і холодні тріщини. Види технічного контролю. Організація технічного контролю. Методи контролю якості виливків. Капілярна дефектоскопія. Магнітний контроль.

Література: [1, с. 157–241; 2, с. 280–299; 3, с. 127–197; 6, с. 518–608].

Методичні вказівки

Якість продукції це сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її здатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення. Це визначення є загальним і цілком прийнятним для ливарного виробництва. З нього випливає, що якість виливків має оцінюватися, як правило, декількома властивостями або характеристиками, які встановлюють, виходячи з їх призначення і умов експлуатації.

Поряд з якістю виливки повинні мати необхідну надійність. Надійність – це властивість об'єкта зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах в умовах застосування, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування. Залежно від призначення виробу і умов його експлуатації в поняття надійність можуть входити безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість. Таким чином, показники надійності визначають реальну ефективність експлуатації виробів. Надійність і якість – це доповнюючі один одного поняття. Як можна забезпечити високу надійність виробів без їх відповідної якості, так, в свою чергу, не враховуючи надійності показники якості виробу втрачають свій сенс.

Для кількісної оцінки властивостей виливків, що визначають їх якість, використовують різні показники якості. Наприклад, якість виливків може визначатися рівнем дефектності, розмірної і масової точністю, чистотою поверхні, механічними властивостями і т. П. При цьому показник якості продукції може бути якісно описовим і виражатися в умовних одиницях (бали) або мати розмірність відповідного властивості (МПа, мм, кг та ін.). Причому, вилівок будучи виготовленої з певного сплаву, може характеризуватися одним або декількома властивостями. У такому випадку поняття якості виливки включає в себе оцінку властивостей сплаву.

Номенклатура показників якості виливків визначається стандартами або технічними умовами (ТУ). Залежно від властивостей, що характеризують, продукцію, встановлено 11 груп показників якості, з яких для оцінки якості виливків загального призначення по ГОСТ 4.439-86 рекомендується використовувати тільки п'ять:

- класифікаційні показники (марка сплаву, маса виливки, клас точності, група складності);
- показники призначення (тимчасовий опір, межа плинності, відносні подовження і звуження, ударна в'язкість, твердість, мікроструктура);
- показники технологічності і економного використання металу (припуски на механічну обробку, допуски на необроблені розміри виливки);
- показники якості поверхні (шорсткість поверхні);
- економічні показники (економічний ефект, собівартість).

Якість виливків в значній мірі визначається рівнем їх дефектності. Тому, перш ніж розглядати питання організації та проведення контролю, необхідно ознайомитися з основними видами ливарних дефектів, характером їх прояви і існуючої класифікації.

Дефектом називають кожне окреме невідповідність продукції встановленим вимогам. Виріб, що має хоча б один дефект, називають дефектним. Це означає, що як мінімум один з показників якості виливки перевищив гранично допустиме значення.

Залежно від схильності дефектів до виявлення вони можуть бути явними і прихованими.

У ливарних цехах з різним технічним рівнем і культурою виробництва брак виливків коливається від 1 до 10%, а по ряду найменувань складних виливків може досягати 50...70%. Тому питанню виявлення та усунення браку приділяється велика увага. У зв'язку з цим розрізняють усувний і непереборний дефекти.

Найбільшого поширення набули дві основні системи класифікації дефектів: з причин утворення, тобто за спільністю фізико-хімічних явищ, в результаті яких вони виникають; за зовнішнім виглядом, формою, розмірами і розташуванням на литві.

Перша система класифікації більш придатна для наукових і технічних цілей, так як дозволяє, виходячи із сутності і кінетики фізичних і фізико-хімічних явищ пояснити механізм виникнення дефекту і намітити конкретні технологічні способи його запобігання. Друга система класифікації більш придатна для суто практичних цілей виявлення дефектів і організації контролю, оскільки вона дозволяє за ознаками дефекту визначити його характер. Розглянемо цю класифікацію більш докладно, так як на ній заснована вся система дефектоскопії виливків.

Дефекти виливків зі сталі підрозділяють на п'ять основних груп. Необхідно відзначити, що прийнята термінологія широко використовується також для виливків зі сплавів на основі алюмінію, магнію, титану та інших і тому може розглядатися як універсальна.

Термінологія, яка використовується при контролі якості продукції, в тому числі виливків, встановлена ГОСТ 16504-81. Вона повинна використовуватися у всіх офіційних документах.

Метод контролю – група правил застосування певних принципів і засобів для здійснення контролю. Метод контролю використовує будь-яке фізичне або хімічне явище (принцип), на основі якого діють вимірювальні, контролюючі пристрої і побудована вся технологія процесу контролю.

Питання для самоперевірки

1. Якість продукції.
2. Надійність.
3. Класифікаційні показники.
4. Показники технологічності і економного використання металу.
5. Показники якості поверхні.
6. Економічні показники.
7. Що таке дефект?
8. Чотири групи виливків в залежності від ступеня ураженості.

9. Невідповідність по геометрії.
10. Дефекти поверхні.
11. Нещільності в тілі вилівка.
12. Неметалеві включення.
13. Невідповідність за структурою.
14. Технічний контроль.
15. Контрольована ознака.
16. Контрольований параметр.

3 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторні роботи з дисципліни «Виробництво виливків із сталей» мають на меті ознайомити студентів з мікроструктурою конструкційних вуглецевих і легованих сталей, методами розрахунку шихти для отримання рідкої сталі в різних плавильних агрегатах, особливостями проектування і розрахунку елементів ливниково-живильних систем для виготовлення якісних сталевих виливків, а також особливостями розробки технології виготовлення сталевих виливків. Також лабораторні роботи необхідні для закріплення отриманих на лекціях і під час самостійної роботи питань, пов'язаних з типами сталей для виготовлення виливків, плавильних агрегатів для отримання рідкої сталі і технологічних принципів конструювання систем ливників.

На лабораторних роботах передбачається застосування як експериментальних методик з вивчення мікроструктури литих сталей, так і розрахункових та проектних методів при виконанні ряду робіт. Отримані навички можуть бути використані в подальшому при вивченні основних технологічних дисциплін.

При проведенні лабораторних робіт особлива увага приділяється можливостям застосування ПЕОМ, питань техніки безпеки (після інструктажу з техніки безпеки студенти розписуються в спеціальному журналі).

Нижче представлений список лабораторних робіт з дисципліни «Виробництво виливків із сталей».

Лабораторна робота 1. Дослідження впливу хімічного складу на мікроструктуру і властивості вуглецевих ливарних сталей.

Лабораторна робота 2. Дослідження впливу легуючих елементів на мікроструктуру і властивості конструкційних легованих ливарних сталей.

Лабораторна робота 3. Розрахунок шихти для плавки вуглецевих і легованих сталей в електричних печах.

Лабораторна робота 4. Особливості проектування ливниково-живильних систем для отримання якісних сталевих виливків.

Лабораторна робота №5 Розробка технології виготовлення сталевих виливків.

Кожна лабораторна робота містить мета роботи, загальні відомості, перелік матеріалів і устаткування, яке застосовується для виконання роботи, порядок виконання і контрольні питання. Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах формату А4 і повинен містити перераховані вище пункти, а також всі експериментальні або розрахункові дані, отримані в ході проведення роботи. Для успішного захисту в кінці кожної роботи наведені контрольні питання.

4 КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Мета виконання контрольної роботи – закріплення знань, отриманих при вивченні дисципліни і розвиток навичок самостійної роботи з технічною літературою, довідниками, нормативними документами.

Контрольна робота строго індивідуальна, спонукає студентів «порційно» засвоювати великий за обсягом курс і контролювати його засвоєння. Контрольна робота включає в себе теоретичні питання.

Студенти денного відділення протягом триместру пишуть три контрольні роботи з питань трьох розділів. Перелік питань для контрольної роботи по розділу 1:

- 1 Класифікація ливарних сталей і їх маркування.
- 2 Класифікація сталевих виливків.
- 3 Структурні складові ливарних сталей.
- 4 Класифікація легуючих елементів.
- 5 Фізичні та механічні властивості сталей.
- 6 Жаростійкість, жароміцність і холодостійкість ливарних сталей.
- 7 Ливарні властивості сталей.
- 8 Конструкційні нелеговані сталі для виливків.
- 9 Конструкційні леговані сталі для виливків.
- 10 Жароміцні ливарні сталі.
- 11 Жаростійкі ливарні сталі і сплави.
- 12 Холодостійкі ливарні сталі.
- 13 Зносостійкі ливарні сталі.
- 14 Штампові сталі.
- 15 Сталі для виготовлення інструменту.

Перелік питань для контрольної роботи по розділу 2:

- 1 Характеристика плавильних агрегатів для виплавки ливарних сталей.
- 2 Конструкція дугових сталеплавильних печей.
- 3 Конструкція індукційних сталеплавильних печей.
- 4 Футеровка дугових сталеплавильних печей.
- 5 Футеровка індукційних печей.
- 6 Шихтові матеріали для плавки.
- 7 Плавка сталі в основних дугових електропечах.
- 8 Плавка сталі в індукційній печі.

- 9 Технологія плавки і отримання виливків з жаростійких сталей.
- 10 Технологія плавки і отримання виливків з жароміцних сталей.
- 11 Технологія плавки і отримання виливків з зносостійких сталей.
- 12 Технологія плавки і отримання виливків зі холодостійких сталей.
- 13 Легування ливарних сталей.
- 14 Мікролегування та модифікування.
- 15 Позапічне легування сталей.
- 16 Обробка сталі рідкими білими або синтетичними шлаками.
- 17 Обробка сталі нейтральними газами.
- 18 Інжекційна металургія.
- 19 Вакуумна металургія
- 20 Вакуумування сталі в відкритому ковші.
- 21 Суспензійного розливання сталі.

Перелік питань для контрольної роботи по розділу №3:

- 1 Вплив температури сплаву, що заливається, на властивості виливків.
- 2 Зміна температури сталі при випуску в ківш.
- 3 Зміна температури сталі при витримці в ковші.
- 4 Призначення ливникової системи і її елементів.
- 5 Вимоги до ливникових системам.
- 6 Класифікація ливникових систем.
- 7 Газові усадкові раковини і пористість.
- 8 Гарячі і холодні тріщини.
- 9 Піщані раковини.
- 10 Недоливи і спаї.
- 11 Призначення надливів.
- 12 Класифікація надливів.
- 13 Вибір типу і конструкції надливів.
- 14 Вибір місця установки і визначення кількості надливів.
- 15 Визначення розмірів надливів.
- 16 Зовнішні холодильники.
- 17 Внутрішні холодильники.
- 18 Технологічний напуск
- 19 Контроль якості сталевих виливків.
- 20 Типи дефектів сталевих виливків.

Контрольні роботи пишуться протягом триместру. На написання контрольної роботи виділяється 80 хвилин.

На заочному відділенні контрольна робота виконується в кінці триместру. На написання контрольної роботи виділяється 120 хвилин. Виконується один варіант контрольної роботи згідно з отриманим білетом. На титульному листі необхідно вказати:

- точна назва дисципліни;
- варіант контрольної роботи;
- прізвище, ім'я, по батькові в родовому відмінку;
- факультет, групу, курс і спеціальність.

Для вдалого написання контрольної роботи потрібно дати відповідь на два теоретичних питання, відповіді на тестові завдання і вміти вирішувати практичні завдання. Перелік теоретичних питань для контрольної роботи представлений вище. Приклад квитка для контрольної роботи представлений в Додатку.

Видом підсумкового контролю на заочному і денному відділеннях є іспит. На написання іспиту виділяється 120 хвилин. Іспит включає в себе теоретичну і практичну частини. Теоретична частина містить три теоретичних питання з різних розділів. Практична частина полягає у вирішенні завдання і розробки технології виготовлення виливка, яка приведена в білетом. Приклад білета для екзаменаційної роботи представлений в Додатку.

У таблицях 4.1 і 4.2 наведено критерії оцінки знань студентів з усіх видів робіт на денному та заочному відділенні.

Таблиця 4.1 – Критерії оцінки знань студентів денного відділення з різних видів контролю

№ п/п	Розділ	Форма контролю	Навч. тиждень	Кількість балів	
				макс.	мін.
Триместр 10					
1	Розділ 1	Захист лабораторної роботи 1	2	5	3
2		Захист лабораторної роботи 2	4	5	3
3		Контрольна робота 1	6	20	11
4	Розділ 2	Захист лабораторної роботи 3	8	10	5
5		Контрольна робота 2	10	20	11
6	Розділ 3	Захист лабораторної роботи 4	12	10	5
7		Захист лабораторної роботи 5	14	10	6
8		Контрольна робота 3	14	20	11
Всього				100	55
Іспит					
9	Розділ 1	Теоретичне питання 1	–	20	11
10	Розділ 2	Теоретичне питання 2		20	11
11	Розділ 3	Теоретичне питання 3		20	11
12	Розділ 1, 2, 3	Практичне завдання		40	22
Всього				100	55

Таблиця 4.2 – Критерії оцінки знань студентів заочного відділення з різних видів контролю

№ п/п	Тип завдання	Кількість балів	
		макс.	мін.
Контрольна робота			
1	Тестове завдання:		
	– питання 1	4	–
	– питання 2	4	–
	– питання 3	4	–
	– питання 4	4	–
	– питання 5	4	–
2	Теоретична частина	50	30
3	Практична частина	30	25
Всього		100	55
Іспит			
4	Теоретична частина	50	30
5	Практична частина	50	25
Всього		100	55

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стальное литье : монография / Г. Е. Федоров, М. М. Ямшинский, Е. А. Платонов, Р. В. Лютый ; ред.: Л. Н. Сыропоршнев. – К. : Випол, 2013. – 896 с.
2. Производство стальных отливок / Козлов Л. Я., Колокольцев В. М., Вдовин К. Н. и др. – М. : МИСИС, 2003. – 352 с.
3. **Макаревич, О. П.** Виробництво виливків із спеціальних сталей / О. П. Макаревич, Г. Є. Федоров, Є. О. Платонов. – К. : Видавництво НТУУ „КПІ“, 2005. – 712 с.
4. ГОСТ 977–88. Отливки стальные. Общие технические условия.
5. **Воскобойников, В. Г.** Общая металлургия : учебник для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М. : ИКЦ «Академик-нига», 2002. – 768 с.
6. **Голод, В. М.** Теория, компьютерный анализ и технология стального литья / В. М. Голод, В. А. Денисов ; под общ. ред. В. М. Голода. – СПб. : ИПЦ СПГУТД, 2007. – 610 с.
7. **Назаратин В. В.** Технология изготовления стальных отливок ответственного назначения / В. В. Назаратин. – М. : Машиностроение, 2006. – 234 с.
8. Литейное производство: учебное пособие в двух книгах. Книга 2 / В. П. Можарин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета. – 2011. – 408 с.
9. ГОСТ 3.1401–85. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы литья.
10. ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
11. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
12. ГОСТ 3212–92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.

ДОДАТОК А
Приклад білета залікової контрольної роботи

Білет 3

Частина 1. Тестові завдання

Питання 1. Жароміцні сталі – це сталі:

1. що працюють при температурах до 1300...1350° С.
2. що працюють в умовах зносу.
3. що працюють в умовах високих температур і навантажень.
4. що працюють в умовах низьких температур.

Питання 2. Ізоляційний шар футеровки основної дугової печі складається з:

1. азбесту, шамотного порошку і цегли.
2. кварцового піску і динасового цегли.
3. піщано-глинистої суміші.
4. шамотної цегли.

Питання 3. Недолік кислого процесу отримання рідкої сталі:

1. тривалий процес плавки.
2. висока вартість футерування.
3. необхідність застосування чистої по домішках шихти.
4. низька продуктивність печей.

Питання 4. Класифікація ливникових систем по гідродинамічній ознаці.

1. Верхня, нижня, бічна.
2. Дво-, три- та чотирьох елементна.
3. Напівкруглого, прямокутного і трапецевідного перетинів.
4. Що звужуються, що розширюються і рівного перетину.

Питання 5. Технологічний напуск необхідний для:

1. Виходу газів з форми.
2. Запобігання пригару на відливання.
3. Направленого затвердіння і харчування теплового вузла.
4. Прискорення затвердіння теплових вузлів виливки.

Частина 2. Теоретична частина

1. Структурні складові ливарних сталей.
2. Вплив температури сплаву на властивості виливків.

Частина 3. Практична частина

Виливок виготовляється зі сталі 110Г13Л. Завдання:

1. Розшифрувати марку сталі.
2. Описати структуру сталі.
3. Описати процес плавлення сталі.
4. Привести основні вимоги до конструкції виливки.
5. Описати основні технологічні процеси отримання виливки.
6. Описати операції з виготовлення виливки: формувальні і фінішні.

Навчальне видання

Виробництво виливків зі сталей

**Методичні вказівки
до самостійної роботи з вивчення курсу
для студентів спеціальності 136 «Металургія»
денної та заочної форм навчання**

Укладачі: АБДУЛОВ Олександр Радікович,
АГРАВАЛ Павло Гянович

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання О. М. Болкова

14/2016. Формат 60 x 84/16.
Ум. друк. арк. 1,74. Обл.-вид. арк. 1,49.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Акадeмічна, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003