

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації
та технології виготовлення матеріалів**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійного вивчення дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»

Харків – 2015

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри матеріалів та технології виготовлення виробів транспортного призначення 10 лютого 2014 року, протокол № 20.

Рекомендується для магістрів спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація».

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,
доценти С.С. Тимофєєв,
І.І. Федченко

Рецензент

проф. Е.С. Геворкян

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійного вивчення дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»

Відповідальний за випуск Федченко І.І.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 14.04.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,00. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійного вивчення дисципліни
“ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ”

ХАРКІВ 2014

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри матеріалів та технології виготовлення виробів транспортного призначення 10 лютого 2014 року, протокол № 20.

Рекомендується для магістрів спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація».

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,
доценти С.С. Тимофєєв .
І.І. Федченко

Рецензент

проф.Е.С. Геворкян

ТЕМА 1. Сутність металургійного виробництва

План

- 1.1 Загальні відомості.
- 1.2 Матеріали для виробництва металів.
- 1.3 Виробництво чавуну.
- 1.4 Виплавка чавуну.
 - 1.4.1 Доменний процес.
 - 1.4.2 Продукти доменного виробництва.
 - 1.4.3 Техніко-економічні показники роботи.

1.1 Загальні відомості

Метали, які застосовуються в техніці, поділяють на чорні і кольорові. До чорних належать залізо і його сплави; до кольорових – усі інші.

Спочатку залізо отримували безпосередньо із руди відновленням у горнах. Із збільшенням висоти горнів залізо насичувалось вуглецем і сплав ставав крихким, але з хорошими ливарними властивостями. Цей сплав був названий чавуном. З XII століття чавун почали переробляти в сталь – сплав з меншим, ніж у чавуні, вмістом вуглецю, кременю, марганцю і деяких інших елементів, які мають високу пластичність і міцність. Така двостадійна схема виробництва сталі – виплавка чавуну в доменній печі і переробка його в сталь – є в цей час основною. Продукцією чорної металургії є чавуни (переробний і ливарний), феросплави (сплави заліза з підвищеним вмістом марганцю, кременю та інших елементів) і сталеві виливки для виробництва сортового прокату й упакування великих деталей машин.

1.2 Матеріали для виробництва металів

Для виробництва металів використовують руди, флюси, паливо, вогнетривкі матеріали.

Рудою називають гірські породи, які містять метали в кількості, яка забезпечує їх економічну переробку. Так, наприклад, залізні руди містять 30-60 % металу. Вміст

кольорових металів у рудах у кращому разі складає 2-5 %, а здебільшого – частки відсотка (молібдену, наприклад, до 0,02 %).

Руда складається із мінералів, які містять метал у вигляді оксидів, сульфідів, карбонатів і пустої породи (в основному кремнезему SiO_2 , глинозему Al_2O_3), у складі якої містяться також домішки сірки, фосфору, миш'яку та ін.

Флюсом називають матеріали, які утворюють при плавленні шлак – легкоплавку суміш з пустої породи, палива та інших неметалевих включень. Як правило, шлак має меншу щільність, ніж виплавлений метал, тому він розміщується над ним і може бути злитий у процесі плавлення.

При плавленні чорних і деяких кольорових металів як флюси використовують кварцовий пісок, який складається в основному із SiO_2 , вапняку CaCO_3 та інших сполук кальцію і магнію.

Паливом у металургійних процесах служить кокс, природний, доменний або коксовий газ, мазут.

Кокс отримують шляхом сухої перегонки кам'яного вугілля без доступу повітря при температурі 1000-1100 °С. При такій обробці вугілля видаляються й цінні побічні продукти: бензол, феноли, а також виловлюється коксовий газ.

Природний газ складається в основному із метану CH_4 .

Доменний газ є побічним продуктом при виплавці чавуну в доменній печі, містить значну кількість горючих складових (до 32 % CO , до 4 % H_2).

Мазут – важкий залишок перегонки нафти, має до 88 % C , 10-12 % H_2 і невелику кількість кисню і сірки.

Вогнетривкі матеріали застосовують для внутрішнього футерування плавильних печей та іншого обладнання, яке перебуває під дією високих температур і розплавлених металів та шлаків.

За хімічним складом вогнетривкі матеріали поділяються на кислі, основні і нейтральні.

1.3 Виробництво чавуну

Чавун виплавляють із залізних руд пірометалургійним способом у доменних печах, використовуючи для цього тверде паливо – кокс і флюси.

Продукти доменного плавлення:

а) залізні руди містять залізо у вигляді оксидів, гідратів оксидів, карбонатів. Пустою породою в залізній руді, як правило, є кварцит або пісковик, глинясті речовини.

До основних залізних руд належать:

- магнітний залізняк, містить 60 % заліза у вигляді оксиду Fe_2O_3 (Криворізьке й Атасуїське родовища, КМА та ін.);

- бурий залізняк, містить до 55 % заліза у вигляді гідратів оксидів $nFeO_3$ (Байкальське, Криворізьке родовища);

б) паливо в процесі виплавки чавуну виконує роль не тільки палива, але й відновника заліза із руди. Цим вимогам відповідає тверде паливо – кокс;

в) флюсами при виплавці твердого чавуну в доменній печі служать вапняк $CaCO_3$ або доломітизований вапняк, який складається з $CaCO_3$ і $MgCO_3$. Їх призначення – переведення пустої породи (в основному SiO_2 і Al_2O_3) в шлак, а також зв'язування і видалення руди, яка міститься в паливі і сірці.

1.4 Виплавка чавуну

Чавун виплавляють у доменних шахтних печах, які викладені з вогнетривкої цегли і заключені в кожух з листової сталі товщиною до 35 мм (рисунок 1.1).

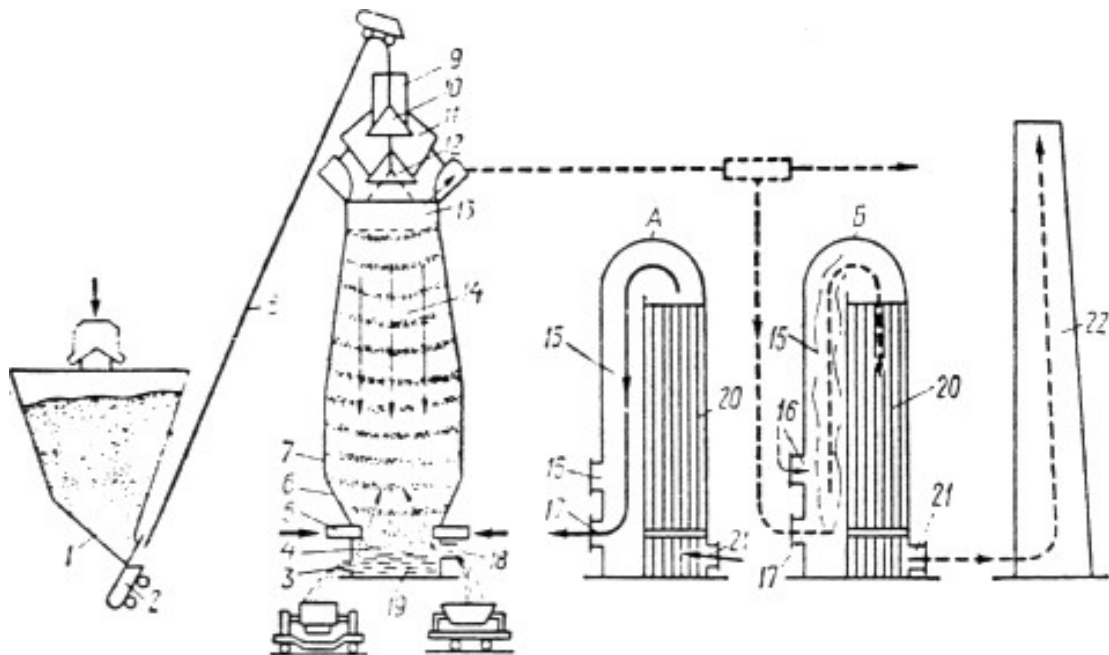
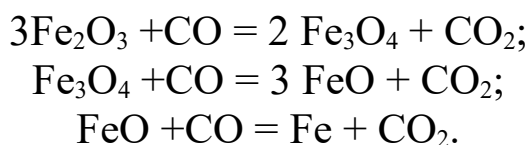


Рисунок 1.1 – Схема роботи доменного цеху

Сучасна доменна піч висотою до 35 м з корисним об'ємом до 5000 м³ разом з допоміжним обладнанням являє собою складну інженерну споруду.

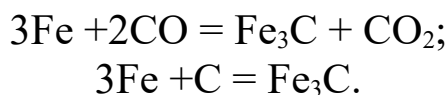
1.4.1 Доменний процес

Шихтові матеріали, опускаючись назустріч потоку розплавлених газів, нагріваються, із них випаровується волога, виділяються леткі речовини. При досягненні температури 750-900 °С в шихті відновлюється залізо:



Частина окису заліза опускається до розпару й заплечиків і відновлюється вуглецем і коксом.

У відновленні заліза беруть участь також сажистий вуглець і водень. У результаті цих реакцій утворюється губчасте залізо.



Вуглець знижує температуру плавлення залізовуглецевого сплаву, тому, опускаючись у нижню частину шахти, сплав починає плавитися, додатково насичується вуглецем та іншими елементами, які відновлюються із руди, – марганцем, кременем, фосфором, сіркою.

Таким чином, у результаті відновлення заліза, марганцю, кременю, фосфору і сірки та їх розпаду в залізі в печі утворюється чавун.

Одночасно з чавуном у нижній печі збирається шлак – сплав пустої породи, флюсів, золи палива, а також частини невідновлених оксидів.

По мірі утворення і накопичення чавун і шлак випускають із печі: чавун через 3-4 год по льотці 3 (рисунок 1.1), а шлак через 1-1,5 год по льотці 18.

1.4.2 Продукти доменного виробництва

Основним продуктом доменного виробництва є чавун, побічним – шлак і колошниковий газ.

У залежності від хімічного складу і призначення отримувані в доменній печі чавуни підрозділяють на такі види:

переробний чавун – основний вид чавуну, призначений для переробки в сталь. Звичайний його склад: 4-4,5 % С; 0,6 % Si; 0,25 % Mn; до 0,3 % P і 0,07 % S;

ливарний чавун призначений для переплавлення й отримання фасонних відливів, відрізняється підвищеним вмістом кременю (2,75-3,25 %);

феросплави – сплави заліза з підвищеним вмістом інших елементів, наприклад феросиліцію (9-13 % Si), феромарганцю (70-75 % Mn) та інших, призначені для розкислення і легування сталі.

Шлак використовується для виробництва шлаковати, шлакоблоків, цементу.

1.4.3 Техніко-економічні показники роботи

Покращення техніко-економічних показників роботи доменних печей досягається шляхом удосконалення їх конструкцій, кращої підготовки шихтових матеріалів, інтенсифікації процесу плавлення збагаченням повітряного видування киснем. Збільшенню виплавки чавуну і зменшенню використання коксу сприяє підвищення ефективності збагачення руд, застосування офлюсованого агломерату й котунів.

ТЕМА 2. Виробництво сталі

План

- 2.1 Сутність процесу.
- 2.2 Виробництво сталі в кисневих конвертерах.
 - 2.2.1 Мартенівська піч.
 - 2.2.2 Мартенівський процес.
- 2.3 Виробництво сталі в електропечах.
- 2.4 Розлив сталі.
 - 2.4.1 Виливниці.
 - 2.4.2 Безперервний розлив.

2.1 Сутність процесу

Сталь відрізняється від чавуну меншим вмістом вуглецю, кременю, марганцю, домішок сірки і фосфору. Вихідним матеріалом для отримання сталі є переробний чавун і сталевий брухт (скрап). Відповідно сутність переробки чавуну в сталь є зменшення вмісту вуглецю та інших елементів, переведення їх у шлак або газу.

На сьогодні сталь отримують у кисневих конвертерах, мартенівських і електричних печах.

2.2 Виробництво сталі в кисневих конверторах

Киснево-конвертерний процес полягає в продувці рідинного чавуну киснем.

Кисневий конвертер (рисунок 2.1) являє собою посудину 1 грушоподібної форми із сталевого листа, футерований із середини основною цеглою 2. Робоче положення конвертера вертикальне. Кисень подається до нього під тиском 1-1,5 МПа за допомогою водоохолоджуваної фурми 3, яка вводиться в конвертер через горловину 4 і розташовується над рівнем рідкого металу на відстані 0,7-3 м.

Конвертери виготовляються об'ємом 100-350 т рідкого чавуну. Загальна витрата технічного кисню на отримання однієї тонни сталі складає 50-60 м³.

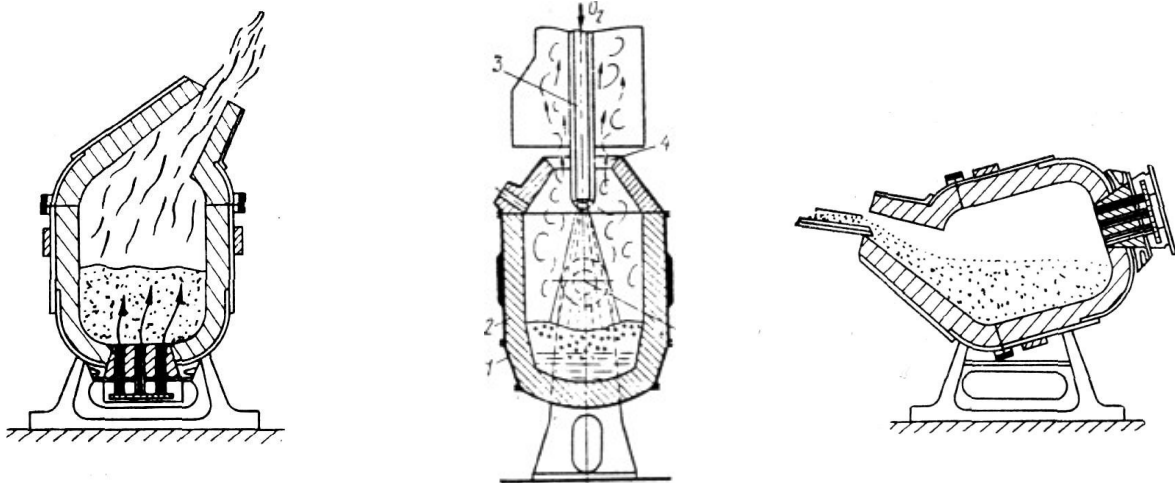


Рисунок 2.1 – Схема будови кисневого конвертера

Перед початком роботи конвертер повертають на цапфах 5 навколо горизонтальної осі і за допомогою заволочної машини заповнюють до 30 % металобрухтом, потім заливають рідкий чавун при температурі 1250-1400 °С, повертають конвертер в попереднє положення, вводять кисневу фурму, подають кисень і додають шлакоутворювальні матеріали. При продувці відбувається окислення вуглецю та інших домішок, як безпосередньо киснем продування, так і оксидом заліза FeO. Одночасно утворюється активний шлак з необхідним вмістом CaO, завдяки чому відбувається видалення сірки і фосфору з утворенням стійких сполук P_2O_5 , $3CaO$ і CaS в шлаку.

У момент, коли вміст вуглецю досягає заданого для виплавленої марки сталі, подачу кисню завершують, конвертер повертають і виливають спочатку сталь, а потім шлак. Для зменшення вмісту кисню сталь при випуску з конвертера розкисляють, тобто вводять в неї елементи Si, Mn, Al. Взаємодіючи з оксидом заліза FeO, вони утворюють нерозчинні оксиди MnO, SiO_2 , Al_2O_3 , які переходять у шлак.

2.2.1 Мартенівська піч

Мартенівська піч (рисунок 2.2) являє собою регенеративну піч, висока температура якої (1750-1800 °С) досягається за рахунок згорання газу над плавильним простором.

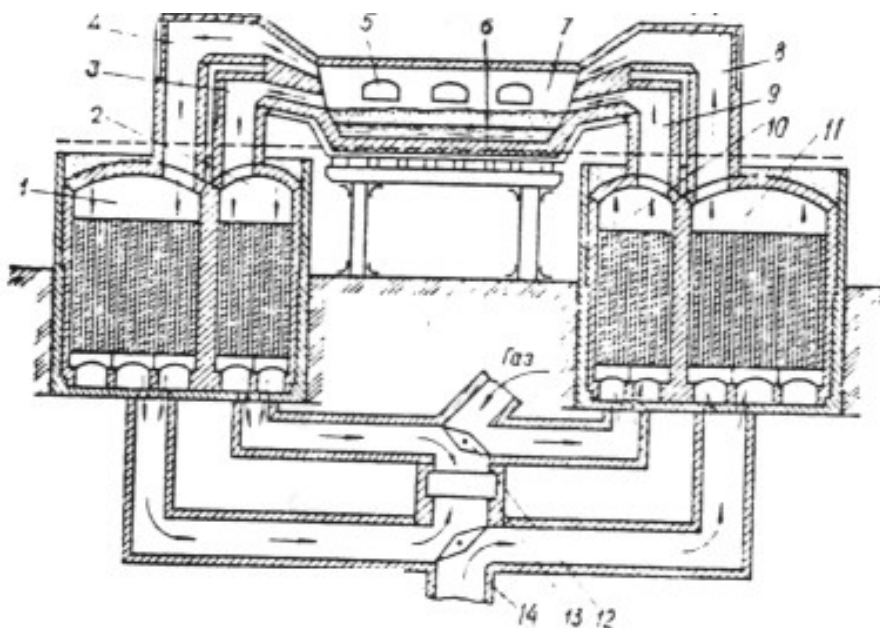


Рисунок 2.2 – Схема пристрою мартенівської печі

2.2.2 Мартенівський процес

У залежності від співвідношення матеріалів у шихті розрізняють:

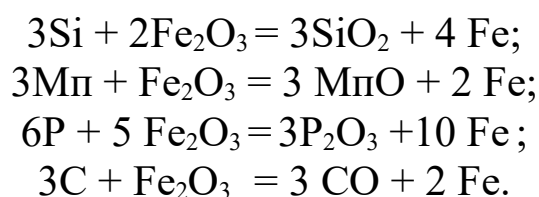
1) скрап – рудний процес на шихті із рідкого чавуну з додаванням 25-30 % сталевго скрапу і залізної руди;

2) скрап – процес на шихті із сталевго брухту 25-45 % чушкового переробного чавуну. Флюсом в обох процесах служить вапняк CaCO_3 (8-12 %) від маси металу).

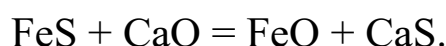
Гази і повітря підігріваються в регенераторах. Зліва від плавильного простору 7 розміщені канали для газу 3 і повітря 4, з'єднані з регенераторами 1 і 2. Такі ж канали для газу 9 і повітря 8 розміщені праворуч від плавильного простору 7 і відповідно з'єднані регенераторами 10 і 11. Кожний з регенераторів має насадку з викладеної в клітку вогнетривкої цегли. Газ і повітря, які подаються до печі, проходять через попередньо нагріті до температури 1200-1250 °С регенератори 10 і 11, нагріваються в них і надходять у плавильний простір печі. Газ і повітря змішуються і згорають, утворюючи полум'я високої температури. Продукти згорання по каналах 3 і 4 надходять у регенератори 1 і 2, нагрівають їх, охолоджуючи їх до 500-600 °С, і виходять у трубу 13. Таким чином, газ і повітря при роботі печі переходять через змінні нагрівані то ліві, то праві регенератори. Мартенівські

печі, які працюють на мазуті, мають з кожної сторони по одному регенератору для нагрівання тільки повітря. У нашій країні експлуатуються мартенівські печі ємністю від 20 до 900 т рідкої сталі. Важливою характеристикою цих печей є також площа поду. Для печі ємністю 900 т вона складає 120 м².

Більш широке застосування в металургії отримав скрап-рудний процес виплавки сталі в основній мартенівській печі. Спочатку в піч завантажують і прогрівають залізну руду і вапняк, потім додають сталевий скрап і заливають рідкий чавун. У процесі плавлення домішки в чавуні окисляються за рахунок оксиду заліза і скрапу:



Сірка видаляється в результаті взаємодії сірчистого заліза з вапном:



Оксиди SiO₂, P₂O₅, CaO, а також сульфід CaS утворює шлак, що періодично випускається із печі в шлакові чаші.

Після плавлення шихти починається період кипіння ванни. У цей час інтенсивно окислюється вуглець у металі. У момент, коли вміст його досягає заданого, а кількість сірки і фосфору зменшується до мінімуму, кипіння закінчують і починають розкислення сталі у ванні феромарганцем, феросиліцієм і алюмінієм. Скрап-процес застосовують на машинобудівних заводах, які не мають рідкого чавуну.

2.3 Виробництво сталі в електропечах

У порівнянні з іншими плавильними агрегатами електропечі мають ряд переваг: можливість швидкого нагрівання і підтримання заданої температури в межах до 2000 °С, можливість створення окислюючої і відновлювальної нейтральної атмосфери, а також вакууму. Це дає змогу виплавляти в електропечах сталь

та інші сплави з мінімальною кількістю шкідливих домішок, з оптимальним вмістом компонентів, які відзначаються високою якістю і мають спеціальні властивості.

Електричні печі підрозділяють на дугові й індукційні. Дугова сталеплавильна піч (рисунок 2.3) являє собою сталевий циліндр 4 із скошеним або сферичним дном, футерованим із середини вогнетривкою цеглою 1. У стінці корпусу є завантажувальне вікно 7 і отвори зі змінним жолобом 2. Зверху піч має ввід 5 з отворами для графітизованих електродів 6. За допомогою механізму 8 піч може нахилитися для завантаження або зливу сталі та шлаків.

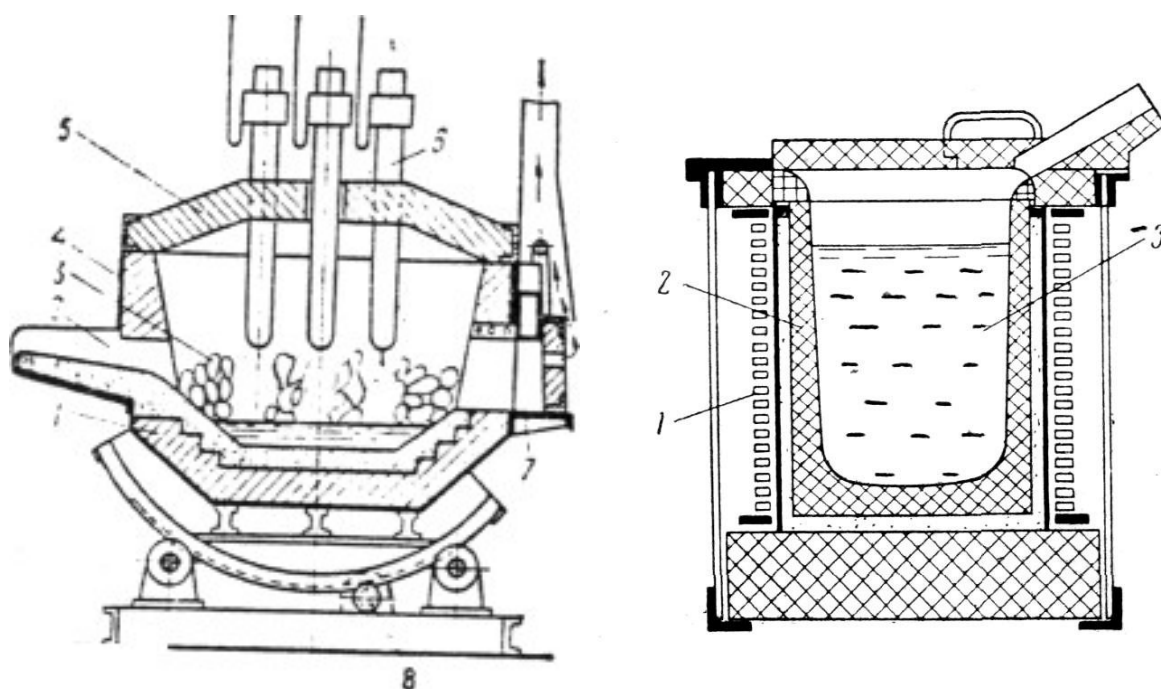


Рисунок 2.3 – Схема будови електродугової печі

Джерелом тепла в таких печах служить електрична дуга, яка виникає між електродами 6 діаметром 350-550 мм і шихтою 3. На електроди потрапляє струм напругою 200-600 В і силою 1-10 кА.

Електродугові печі ємністю від 0,5 до 400 т.

Електроіндукційна піч складається з тигля 4 з кришкою (склепінням) 1 і водоохолоджуваного індуктора 2, поміщеного в корпус 5. При проходженні через індуктор змінного струму частотою 500-2000 кГц утворюється магнітний потік, який створює в металевій шихті потужні вихрові струми, нагріваючи її до розплавлення.

Індукційні печі будують від десятка кілограмів до 5 т, в окремих випадках ємність їх досягає 25-30 т. Індукційні печі в порівнянні з дуговими мають ряд переваг:

а) відсутність дуги дає змогу виплавляти метали з малим вмістом вуглецю і газів;

б) електродинамічні сили, що виникають, перемішують рідкий метал, сприяючи вирівнюванню хімічного складу і зменшенню неметалевих включень;

в) індукційні печі визначаються невеликими розмірами, що дає змогу розміщувати їх у спеціальних камерах і створювати будь-яку атмосферу або вакуум.

В індукційних печах плавлення проводять методом переплавлення відходів легованих сталей або чистого по сірці і фосфору вуглецевого скрапу і феросплавів.

Після розплавлення шихти на поверхню металу подають шлак: в основних печах – вапно і плавиковий шпат, у кислих – бій скла та інші матеріали, багаті кремнеземом SiO_2 . Шлак захищає метал від окислення і насичення газами атмосфери, зменшує втрату тепла й угар легованих елементів.

Плавлення у вакуумі дає змогу отримувати сплави з мінімальним вмістом газів і неметалевих включень, легувати сплави будь-якими елементами.

2.4 Розлив сталі

Виплавлену в плавильній печі сталь випускають у сталерозливний ківш і мостовим краном переносяться до місця розливу у виливниці. Ємність ковша визначається ємністю плавильної печі і складає від 5 до 250 т. Для великих плавильних печей застосовують ківш ємністю до 450 т (діаметром і висотою до 6 м).

Сталь розливають у виливниці або кристалізатори установок для безперервного розливу (рисунок 2.4).

2.4.1 Виливниці

Виливниці являють собою чавунні форми для отримання злитків різного перерізу. Маса злитків для прокатки складає 10-

12 т (рідше – до 25 т), а для кувань досягає 250-300 т. Леговані сталі іноді розливають у злитки масою в декілька сот кілограмів.

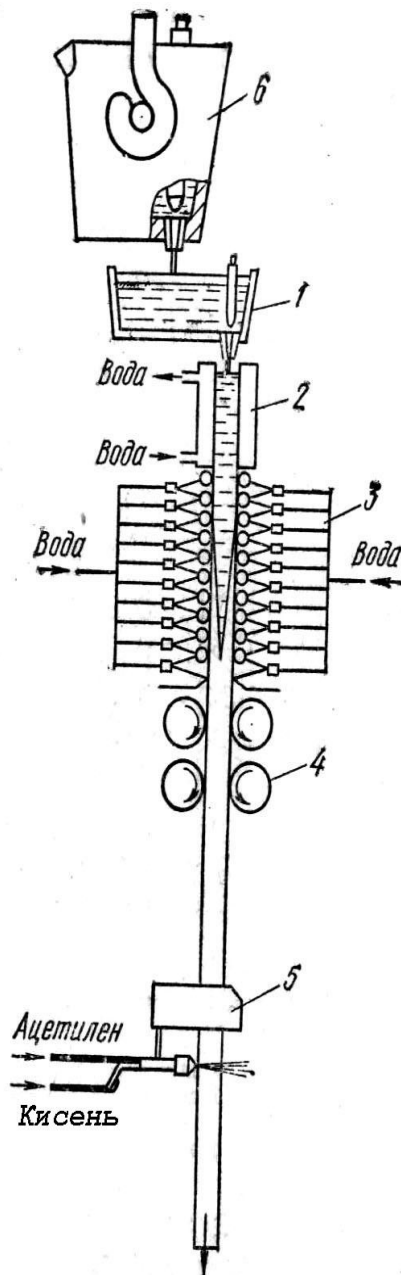


Рисунок 2.4 – Схема установки для безперервного розливу сталі

Застосовують два способи розливу сталі у виливниці: зверху і сифоном.

При розливі зверху сталь розливають із ковша в кожен виливницю окремо. При такому розливі поверхня злитків унаслідок потрапляння бризок рідкого металу на стінки виливниці може бути забруднена плівками оксидів.

При сифонному розливі сталю заповнюють одночасно від 2 до 60 встановлених на піддоні виливниць через центровий ливник і канал у піддоні. У цьому випадку сталь надходить у виливницю знизу, що забезпечує плавне, без розбризкування її заповнювання, поверхня відливка виходить чистою, скорочується час розливу.

2.4.2 Безперервний розлив

Безперервний розлив сталі проводиться на спеціальних установках – УБРС. Рідку сталь із ковша через проміжний пристрій безперервно заливають зверху у водоохолоджувану виливницю без дна – кристалізатор, а із нижньої її частини витягують із швидкістю 1-2,5 м/хв.

За допомогою валків сталь проходить через кристалізатор і на виході із кристалізатора відливок охолоджується водою, затвердіває і потрапляє в зону різання, де його розрізають газовим різачком на злитки визначеної довжини. Отримані злитки за допомогою кантувача опускають на рольганг і подають на прокатний стан.

На УБРС отримують злитки прямокутного перерізу розміром від 150 до 400 мм, а також овальні у вигляді товстих труб.

Завдяки безперервному живленню і направленому затвердінню в злитках, отриманих на УБРС, відсутні усадочні раковини. Тому вихід придатних заготовок може досягати 96-98 % від маси розливаної сталі, поверхня злитків, які отримують, відзначається відмінною якістю, а метал зливка – однорідною будовою.

ТЕМА 3. Виробництво кольорових металів

План

- 3.1 Виробництво міді.
 - 3.1.1 Збагачення мідних руд.
 - 3.1.2 Випалювання концентрату.
 - 3.1.3 Штейн.
 - 3.1.4 Чорнова мідь.
 - 3.1.5 Вогняне рафінування.
- 3.2 Виробництво алюмінію.
 - 3.2.1 Глинозем.
 - 3.2.2 Електроліз глинозему.
 - 3.2.3 Рафінування алюмінію.

3.1 Виробництво міді

Мідні руди містять 1-5 % міді. Мідь у них міститься у вигляді сірчаних сполук CuS , Cu_2S , CuFeS_2 , оксидів CuO , Cu_2O , карбонатів. Поряд з міддю ці руди часто містять нікель, цинк, свинець, золото, срібло та інші метали.

Мідь отримують в основному пірометалургійним методом із сульфідних руд. Процес виплавки включає збагачення й випалювання руди, виплавку напівпродукту – штейну, із якого потім отримують чорнову мідь. Для очищення від домішок чорнову мідь рафінують.

3.1.1 Збагачення мідних руд

Збагачують мідні руди методом флотації, який оснований на різноманітному змочуванні водою сполук міді і пустої породи. У флотаційній машині подрібнена руда і флотаційні реагенти (наприклад ялицева олія) утворюють пульпу. Флотаційні реагенти адсорбуються на частинках руди у вигляді плівок, незмочених водою. При продувці пульпи пузири повітря концентруються на поверхні цих частин і тягнуть їх угору, утворюючи шар піни, а змочена водою пуста порода осідає на

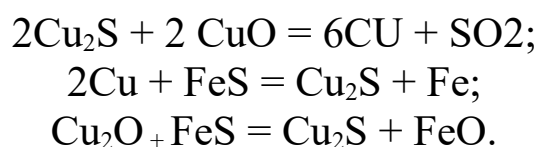
дно ванни. Зібрану піну фільтрують і отримують концентрат, який містить 15-35 % міді.

3.1.2 Випалювання концентрату

Випалюють концентрат при 750-850 °С в повітряній атмосфері з метою окислення сульфідів і зменшення вмісту сірки.

3.1.3 Штейн

Штейн виплавляють із концентрату у відбивних печах. Такі печі будують довжиною до 40 м і ємністю до 100 т і більше переплавленої шихти. Опалюється піч мазутом, вугільним пилом або газом. Максимальна температура в головній частині печі складає 1550 °С і поступово знижується до хвостової частини до 1250-1300 °С. Шихту завантажують вагонеткою через отвори у склепінні печі. У процесі плавлення проходять реакції

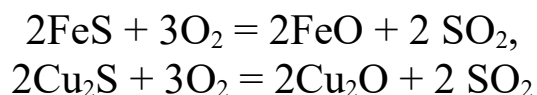


У результаті цих реакцій на піддоні печі накопичується розплавлений мідний штейн – сплав сульфідів Cu_2S і FeS , які містять 20-60 % Cu , 10-60 % Fe і до 25 % S . При плавленні силікати заліза розчиняють інші оксиди і витікають у вигляді шлаку.

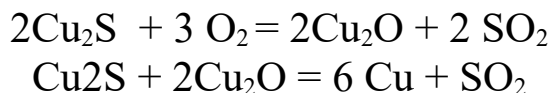
3.1.4 Чорнова мідь

Чорнову мідь отримують при продувці розплавленого штейну повітрям у конвертері, горизонтально розміщеному в циліндричній посудині із листової сталі довжиною 5-10 і діаметром 3-4 м, футерованому магнезитовою цеглою.

Конвертування проходить у два періоди. У першому періоді (5-25 год) окислюються сульфіди заліза і міді:



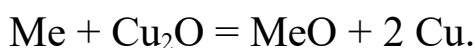
Оксид заліза FeO, який утворюється при цьому, зв'язується з флюсом, яким є кремнезем SiO₂, і видаляється в шлак (2FeO₂ * SiO₂). У другому періоді (2-3 год) окисляються сульфіди міді і відновлюється мідь:



Отриману мідь називають чорною, так як вона містить до 1,5 % домішок. Для очищення від домішок чорнову мідь піддають вогневому й електролітичному рафінуванню.

3.1.5 Вогняне рафінування

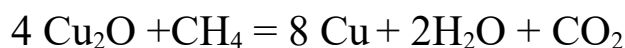
Вогняне рафінування полягає в окисленні домішок у відбивних печах при продувці чорної міді повітрям – при цьому кисень повітря поєднується з міддю і утворює оксид Cu₂O, який потім реагує з домішками металу (Me) за реакцією



Одночасно окислюється і сірка:



Після цього починають окислення міді – відновлення Cu₂O. Для цього мідь перемішують дерев'яними жердинами. Стрімке виділення парів води і вуглецю сприяють видаленню газів і відновленню міді:



Після вогняного рафінування чистота досягає 99, 95 %. Електроліз проводять у спеціальних ваннах. Анодами служать пластини із чорної міді розміром 1x1 м і товщиною 50 мм, катодами – листи товщиною 0,5 мм із чистої міді, електролітом – водний розчин сірчаної кислоти і сірчаної міді.

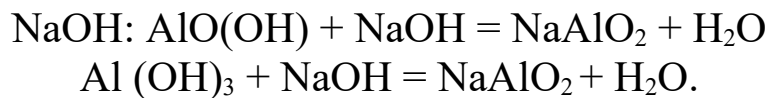
3.2 Виробництво алюмінію

Алюмінієвими рудами служать боксити, нефеліни, апатити, алуніти. Алюміній входить до них у вигляді глинозему Al_2O_3 або гідроксидів $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{AlO}(\text{OH})$.

Виробництво алюмінію складається із двох процесів: видалення глинозему із руди і його електролізу.

3.2.1 Глинозем

Глинозем найчастіше отримують лужним способом. Для цього подрібнений боксит піддається вилужуванню – хімічному розщепленню концентрованим розчином лугу



При цьому добре розчинний алюмінат натрію NaAlO_2 переходить у розчин, а домішки (оксиди заліза, титану та ін.) випадають в осад.

Потім алюмінат натрію NaAlO_2 розкладають, отримуючи гідроксид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$.

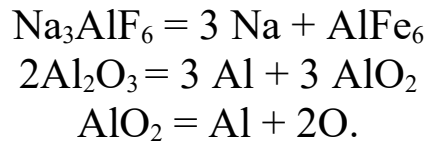
При прогартуванні гідроксиду утворюється глинозем:



3.2.2 Електроліз глинозему

Отриманий глинозем розчиняють у кріоліті – фториді алюмінію і натрію Na_3AlF_6 і піддають електролізу. Його здійснюють в електролізерах. При проходженні струму (4,0-4,5 В, 75-150 кА) електроліт нагрівається до температури 950°C . При цьому частина електроліту збирається на стінках електролізера і навколо анодів, утворюючи тверде покриття, зверху насипають чергову порцію глинозему.

Дисоціація кріоліту і глинозему відбувається за реакціями



Катіон Al розряджається на катоді – дні ванни і утворюється рідкий алюміній, а аніон O – на аноді, окисляючи вуглець анода до CO і CO₂. Рідкий алюміній через одну – дві доби зливають.

На отримання 1 т алюмінію електролізом використовується приблизно 16000 кВт/год електроенергії і до 0,6 т вугільних анодів.

Отриманий алюміній містить домішки заліза, кремнію, міді, глинозему. Тому його піддають рафінуванню.

3.2.3 Рафінування алюмінію

Рафінування алюмінію полягає у продувці рідкого металу хлором протягом 10-15 хв. При цьому утворюється хлористий алюміній AlCl₃, який відсорбовується на поверхні неметалевих домішок і вони витікають у вигляді шлаку. Хлор також сприяє видаленню розчинних газів (кисню, окису вуглецю). Після рафінування і відстоювання протягом 30-40 хв чистота алюмінію досягає 99,5-99,85 %.

Якщо до алюмінію висувати більш високі вимоги за чистотою, він піддається ще й електролітичному рафінуванню. Такий алюміній має чистоту до 99,99 %.

ТЕМА 4. Технологія ливарного виробництва

План

4.1 Місце, значення і перспективи розвитку ливарного виробництва в машинобудуванні.

4.2 Загальна технологічна схема виготовлення виливка.

4.3 Ливарні властивості сплавів.

4.4 Способи виготовлення виливків.

4.4.1 Класифікація способів отримання виливків і різновиди ливарних форм.

4.4.2 Виготовлення виливків у разових формах.

4.4.3 Модельні комплекси для ручного і машинного формування.

4.4.4 Види формувальних сумішей та їх застосування.

4.1 Місце, значення і перспективи розвитку ливарного виробництва в машинобудуванні

У наш час світове виробництво литва складає більше $8 \cdot 10^7$ т у рік, тобто приблизно 70 % литва припадає на машинобудування. Це означає, що в середньому $2/3$ усіх деталей машин у країні виготовляють із литих заготовок, а в таких галузях народного господарства, як верстатобудування, більше 80 % усіх деталей отримують литтям. Із різних видів виробництв, які застосовують для отримання заготовок, у машинобудуванні важлива роль належить ливарному виробництву. Це пояснюється тим, що литтям можна отримати деталі масою від декількох грамів до сотень тонн з товщиною стінки від 0,5 до 500 мм і більше з розмірами від декількох міліметрів до десятків метрів найскладнішої форми, яку не можна отримати іншими методами із різноманітних сплавів (пластичних і крихких). Литтям можна отримати максимально наближену за формою заготовку до готової деталі, що значно скорочує витрату металу й обсяг механічної обробки. Незважаючи на велику масу литих деталей, у порівнянні, наприклад, із зварюванням, їх виготовлення в багатьох випадках буває дешевшим і забезпечує високу якість.

4.2 Загальна технологічна схема виготовлення виливка

Сутність ливарного виробництва полягає в тому, що фасонні деталі (заготовки) отримують заливанням рідкого металу в ливарну форму, площина якої відповідає їх розмірам і формі. Після кристалізації ливарну деталь (заготовку), що називається виливком видаляють із ливарної форми і у випадку необхідності відправляють у механічний цех для подальшої обробки.

Загальна схема технологічного процесу виготовлення виливка дана на рисунку 4.1. Технологія виробництва виливка починається з розроблення його креслення і робочих деталей комплексу (моделі і стрижневого ящика).

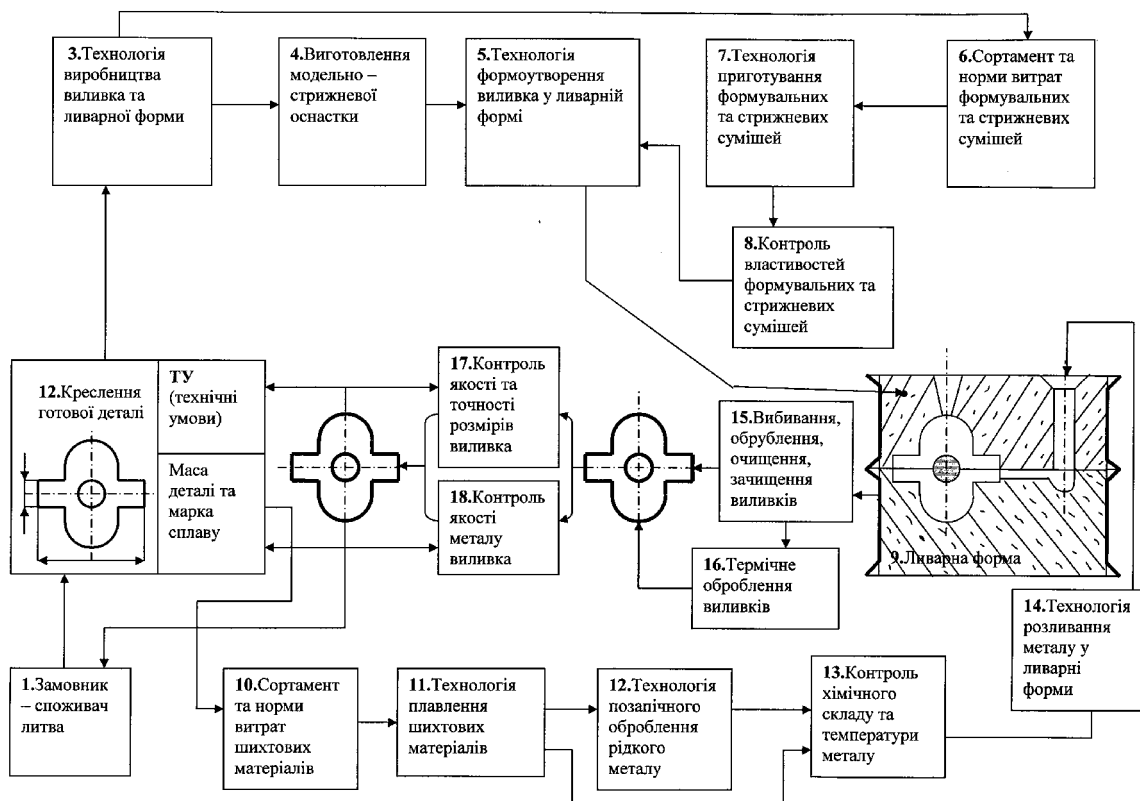


Рисунок 4.1 – Схема технологічного процесу виготовлення виливка

До складу ливарного цеху входять відділення: модельне, землепідготовче, стрижневе, формувальне, плавильне, вибивне, обрубне, очисне. У модельному відділенні за робочими кресленнями виготовляють модельний комплект, у землепідготовчому – формувальну і стрижневу суміші, у

формульованому – ливарну форму, а в стержневому – стержні, в плавильному отримують рідкий метал. Готову литійну форму заливають рідким металом і після його затвердіння у вибивному відділенні видаляють із форми виливку: обрубують ливникову систему й очищають виливок від пригару в очисному відділенні. Заключною операцією є контроль якості виливка.

4.3 Ливарні властивості сплавів

Для отримання відливок в машинобудуванні найбільш широко застосовуються такі сплави: сіркові, ковкі і високоміцні чавуни, вуглецеві і леговані сталі; сплави кольорових металів на основі алюмінію, міді, магнію, титану та інших тугоплавких металів.

Для отримання якісного виливка поряд з механічними, фізичними і хімічними властивостями ливарні сплави повинні мати певні технологічні властивості, основними із яких є рідкоплинність, усадка, схильність до ліквації і газопоглинання.

Рідкоплинність – можливість рідкого металу повністю заповнювати щільні площини ливарної форми і чітко відтворювати обриси виливка.

Усадка – зменшення об'єму металу і ливарних розмірів виливка в процесі його кристалізації й охолодження у твердому стані. Розрізняють об'ємну і лінійну усадку.

Ліквація – неоднорідність хімічного складу по перерізу виливка. Розрізняють зональну і дендритну ліквацію. Зональна ліквація створює хімічну неоднорідність в обсязі всього виливка; дендритна – в межах одного зерна (дендриту). Неоднорідність хімічного складу і структури по перерізу призводить до неоднорідності механічних властивостей виливка. Для зменшення ліквації збільшують швидкість охолодження виливка.

Газопоглинання – здатність ливарних сплавів у рідкому стані розчиняти кисень, азот і водень, при чому їх розчинність росте з перегрівом розплаву. У ливарній формі газонасичений розплав охолоджується, знижується розчинність газів і вони, виділяючись із металу, можуть утворювати у виливку газові раковини.

4.4 Способи виготовлення виливків

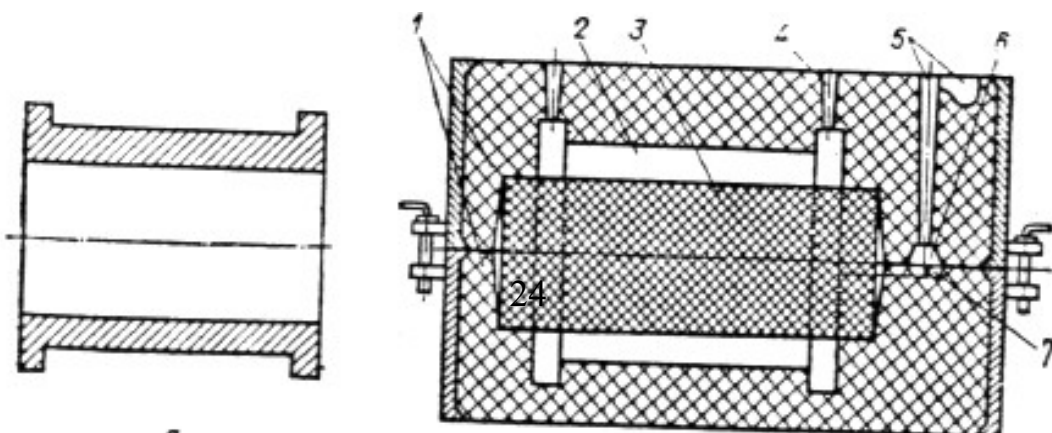
4.4.1 Класифікація способів отримання виливків і різновиди ливарних форм

У сучасному ливарному виробництві застосовують такі способи виготовлення виливків: 1) у піщано-глиняних формах з ручним і машинним формуванням; 2) у металевих формах; 3) під тиском; 4) за виплавлюваними моделями; 5) в оболонкових формах; 6) центробіжним литтям; 7) електрошлаковим литтям; 8) під низьким тиском; 9) вакуумним усмоктуванням; 10) віджиманням; 11) рідким штампуванням.

Галузь застосування цих способів визначається багатьма факторами: типом виробництва (одиничне, серійне, масове), масою виливків (дрібні – до 100, середні – до 1000, великі – більше 1000 кг); точністю і чистотою поверхні виливків, ливарними властивостями сплавів; економічною доцільністю використання того чи іншого способу.

4.4.2 Виготовлення виливків у разових формах

На сьогодні близько 90 % виливків виготовляють у піщано-глиняних формах. На рисунку 4.2, а наведено креслення виливка втулки, а на рисунку 4.2, б – разова ливарна форма для нього. Ливарна форма складається із двох напівформ 1, які утворюють площину 2, що має конфігурацію виливка, обмежену стінками напівформ і стрижнем 3, установленим на стрижневі знаки у формі. Для заливання рідкого металу у формі виготовляють вертикальні 4 і 5 та горизонтальні 6 і 7 канали, які називаються ливниковою системою.



а

б

Рисунок 4.2 – Виливок втулки і форма для його виготовлення

4.4.3 Модельні комплекси для ручного і машинного формування

За допомогою моделі в ливниковій формі отримують відбиток поверхневої конфігурації виливка. У стрижневих ящиках виготовляють піщані стрижні, які забезпечують отримання внутрішніх поверхонь виливка. При формуванні на підмодельну дошку встановлюють модель або напівмодель.

Ливникова система (рисунок 4.3) складається із ливарної чаші 1, стояка 2, шлакоуловлювача 3 і живильників 4. Ливарна чаша зменшує динамічний напір струменю металу і частково відділяє шлак. Стояк, який поєднує ливарну чашу зі шлакоуловлювачем, роблять конусним. Шлакоуловлювач трапецеїдального перерізу розміщують у верхній половині форми і площині рознімання. Він повинен затримати шлакові і земляні включення, не допустивши їх у площину форми. Цього досягають зниженням швидкості миття металу в шлакоуловлювачі, змінюючи напрями його руху. При гальмуванні металу шлакові включення витікають і затримуються в шлакоуловлювачі. Добре очищує метал шлаковловлювач гребінцевого типу. При машинному формуванні використовують фільтрувальну вогнетривку сітку, яку встановлюють у шлаковловлювач. Живильники підводять метал безпосередньо в площину форми. Розміщують їх у нижній напівформі в площині рознімання.



Рисунок 4.3 – Ливникова система

Ливникова система під час заливання повинна бути заповнена рідким металом так як розрив струменю призводить до всмоктування повітря і шлаку у площину форми, а також до утворення окислення в місці розриву. Тому між елементами ливникової системи витримується відповідне співвідношення: сумарна площа перерізу всіх живильників F_n повинна бути менше площини перерізу шлакоуловлювача F_m , який у свою чергу повинен мати переріз менше, ніж стояк F_c , наприклад: $F_n : F_m : F_c = 1,0 : 1,2 : 1,4$. До ливникової системи відносять також випор – вертикальний канал 4 (рисунок 4.2), який розміщується в самій верхній точці виливка. Він служить для виходу повітря із площини форми при її заливанні, а також для збору бруду, що витікає, і контролю заповнення форми металом.

4.4.4 Види формувальних сумішей та їх застосування

Найбільш широко використовують облицювальні, наповнювальні і єдині формувальні суміші.

Облицювальні суміші застосовують при ручному формуванні для утворення робочої поверхні ливарної форми, яка контактує з рідким металом. При формуванні її наносять на модель шаром товщиною 15-20 мм. Вона має кращі властивості і готують її із свіжих піску і глини з домішками протипригарних матеріалів.

Наповнювальну суміш насипають поверх облицювальної, заповнюючи іншу частину ливарної форми. Цю суміш готують із оборотної, переробленої після вибиття опок суміші з додаванням 5-10 % свіжих піску і глини.

Єдині суміші застосовують у масовому виробництві при машинному формуванні для набивки всього об'єму ливарної форми. Готують її з оборотної суміші з додаванням до 50 % свіжих піску і глини. За станом форми перед заливанням металу розрізняють суміші для виготовлення форм: сирих, підсушених, сухих, хімічно твердіючих і самозатвердіваючих.

ТЕМА 5. Спеціальні методи отримання виливків

План

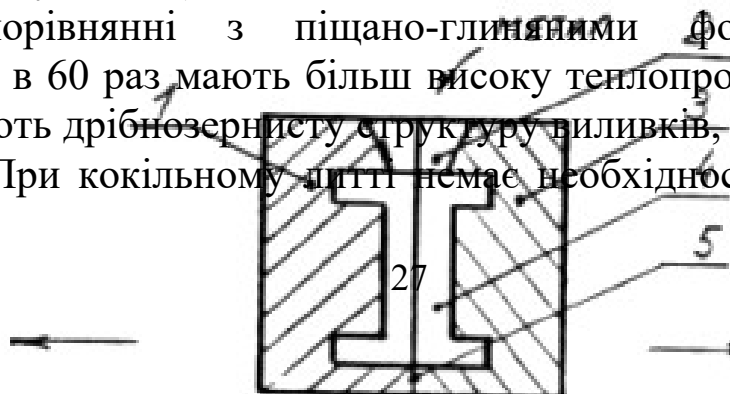
- 5.1 Виготовлення виливків у металевих формах.
- 5.2 Виготовлення виливків литтям під тиском.
- 5.3 Виготовлення виливків литтям за виплавлюваними моделями.
- 5.4 Виготовлення виливків литтям в оболонковій формі.
- 5.5 Виготовлення виливків центробіжним литтям.
- 5.6 Виготовлення виливків електрошлаковим литтям.
- 5.7 Виготовлення виливків безперервним литтям.

Підвищення точності і чистоти поверхні виливків досягають використовуючи спеціальні методи лиття, до яких відносять: кокільне, під тиском, під низьким тиском, за виплавлюваними (випалюваними) моделями в оболонковій формі, центробіжне, електрошлакове і деякі інші, нерозглянуті методи отримання виливків (вакуумним всмоктуванням, видавлюванням, рідким штампуванням).

5.1 Виготовлення виливків у металевих формах

Сутність методу полягає в тому, що замість разової піщано-глиняної використовують металеву форму, яка називається кокілем (рисунок 5.1).

У порівнянні з піщано-глиняними формами кокілі приблизно в 60 раз мають більш високу теплопровідність, кокілі забезпечують дрібнозернисту структуру виливків, що підвищує їх міцність. При кокільному литті немає необхідності в модельно-



опочному оснащенні, у формувальних і стрижневих сумішах, що не тільки дає велику економію, але й знижує кількість пилу і покращує санітарні умови праці; підвищується точність і чистота виливка; значно підвищується виробництво. Технологічний процес кокільного лиття можна легко механізувати.

1,3 – кокіль; 2 – ливник; 4 – порожнина форми;
5 – площа рознімання

Рисунок 5.1 – Металева форма (кокіль)

Поряд з перевагами кокільного лиття є і недоліки: висока вартість кокілів дає змогу використовувати їх тільки в серійному і масовому виробництві; небезпека утворення тріщин у виливках через невіддатливість металевого кокілю; чавунні виливки в кокілі отримують відбіленими і вони потребують тривалого випалу, що підвищує вартість їх виробництва.

Кокільне лиття застосовується в умовах великосерійного і масового виробництва при виготовленні нескладних за конфігурацією виливків з товщиною стінок від 3 до 100 мм із чавуну, сталі і кольорових металів.

Виготовляють кокілі із сірчаного чавуну, сталі, а також із кольорових сплавів литтям з подальшою механічною обробкою.

5.2 Виготовлення виливків литтям під тиском

Сутність методу полягає в тому, що рідким металом примусово заповнюють металеву прес-форму під тиском, який

підтримують до повної кристалізації виливка. Тиск забезпечує швидке і добре заповнення форми, високу точність і малу шорсткість поверхні виливка. Примусове стиснення виливка рідким металом виключає можливість утворення усадочних раковин, пористості і не потребує установлення додатка. Прискорена кристалізація металів у металевій прес-формі під тиском обумовлює утворення дрібнозернистої структури. Завдяки зовнішньому тиску розчинені в металі гази залишаються у твердому розчині, що знижує газову пористість металу. Виливки, отримані таким методом, як правило, не мають припусків на механічну обробку і після видалення із форми є готовими деталями. Литтям під тиском можна отримати виливки з товщиною стінки до 0,5 мм, складної конфігурації і з отворами до 1 мм.

Висока вартість прес-форм, що мають складну конфігурацію і високу точність виготовлення, обумовлює доцільність застосування лиття під тиском тільки у великосерійному і масовому виробництві тонкостінних виливків достатньо складної конфігурації із сплавів кольорових металів масою до 50 кг.

Лиття під тиском здійснюють на компресорних і поршневих машинах (рисунок 5.2) високого виробництва, які дають 200-400 виливків за годину. Поршневі машини випускають з гарячою або холодною камерою стискування, яка розміщена горизонтально або вертикально. Машини з гарячою камерою стискування, яких камера розміщена безпосередньо в розплаві, застосовують для отримання виливків із сплавів з низькою температурою плавлення на основі цинку, олова і свинцю. Машини з холодною камерою стискування, у яких камера стискування винесена за межі розплаву, використовують для отримання виливків із більш тугоплавких кольорових сплавів на основі міді, алюмінію, магнію.

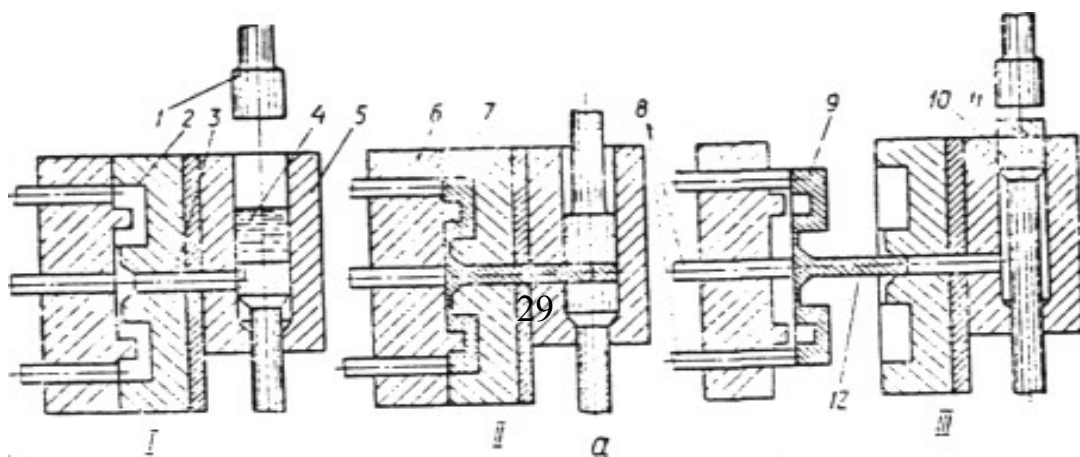


Рисунок 5.2 – Схема поршневого машин для лиття під тиском

На машинах з вертикальною холодною камерою стискування (рисунок 5.2) розплав 4 заливають у камеру стискування 5 (положення 1). Верхній поршень 1, опускаючись, тисне на розплав і на нижній поршень 10, який при русі вниз відкриває ливарний канал 3. Метал заповнює площину 2 прес-форми, яка складається із двох половин 6 і 7 (положення II). Об'єм рідкого металу повинен бути більшим від об'єму площини форми, щоб між верхнім і нижнім поршнем був залишок металу. Тиск верхнього поршня підтримують до повної кристалізації виливка, після чого прес-форму відкривають і виливок 9 разом з ливником 12 виштовхують із форми штовхачами 8. Нижній поршень виштовхує на поверхню залишок металу 11 (положення III) і його відправляють у переплавку.

Машини з гарячою камерою стискування мають більшу продуктивність і витрачають менше рідкого металу, однак їх не можна застосовувати для лиття сплавів з температурою плавлення більше 500°C через швидке зношення поршнів.

У машинах з холодною камерою стискування поршень контактує з розплавом протягом короткого проміжку часу і тому має менший ступінь зносу. Так можна значно підвищити тиск, що гарантує високу щільність і міцність виливків. Якщо в машинах з гарячою камерою стискування тиск досягає 20 МПа, то в машинах з холодною камерою стискування при литті алюмінієвих і мідних сплавів тиск може досягати 100-300 МПа.

5.3 Виготовлення виливків литтям за виплавлюваними моделями

Сутність методу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову форму.

Моделі із цієї форми виплавляють, а площину, яка утворилася, заливають рідким металом. При цьому способі отримуємо виливки настільки точні, що обсяг механічної обробки зменшується на 80-100 % і в 1,5 – 2 рази скорочуються витрати рідкого металу. Висока точність і чистота поверхні вилівка забезпечуються: застосуванням нерознімних моделей (моделі виплавляють і не потрібно їх розкривати); відсутність формових уклонів; виготовлення стрижнів у процесі формування, а не окремо в стрижневих рознімних ящиках; використання маршаліту (кварцова мука) як наповнювача у формувальній суміші, що забезпечує отримання гладенької поверхні вилівка.

Лиття за виплавлюваними моделями застосовують при виробництві виливків дуже складної конфігурації із будь-яких ливарних сплавів, у тому числі із високолегованих сталей, які мають високу температуру плавлення, важко піддаються механічній обробці і куванню. Цим способом можна отримати виливки масою від 0,02 до 100 кг, з товщиною стінки до 0,5 мм і отворами діаметром до 2 мм.

Технологія отримання виливків литтям за виплавлюваними моделями включає такі етапи: а) виготовлення рознімних прес-форм; б) отримання нерознімних легкоплавких моделей у прес-формах; в) виготовлення нерознімної разової форми за легкоплавкими моделями; г) виплавлення моделей із форми; д) випал форми; е) заливання форми металом і вибиття готових виливків.

Рознімні прес-форми виготовляють із сталей або алюмінієвих сплавів. Щільність прес-форми точно повторює конфігурацію і розміри майбутньої деталі з урахування усадки модельного складу.

Нерознімні легкоплавкі моделі отримують за пресуванням у прес-форми модельного складу, нагрітого до тістоподібного стану. Для його виготовлення широко використовують легкоплавкі матеріали: парафін, стеарин, віск, церезин, каніфоль. Легкоплавка модель на відміну від звичайної є точною копією виготовлюваної деталі: вона нерознімна, має всі внутрішні площини, отвори, різь і не має стрижневих знаків.

На рисунку 5.3, а наведено креслення відливаної деталі, а на рисунку 5.3, б – нерознімної моделі, яка відрізняється від неї наявністю живильника 1.

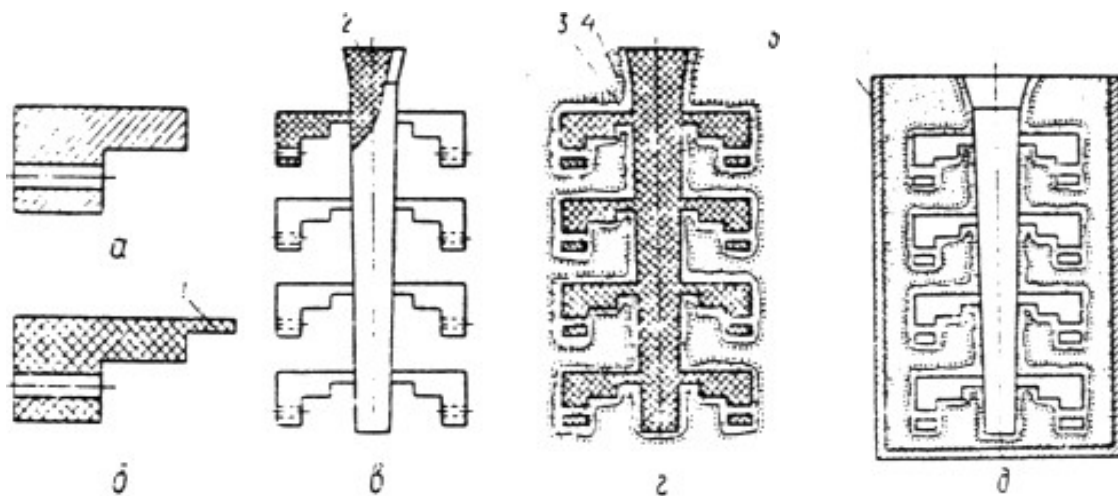


Рисунок 5.3 – Лиття за виплавлюваними моделями

Моделі живильниками “припаюють” до загального легкоплавкого стояка 2 і в результаті отримують блок моделей (рисунок 5.3, в). Для того, щоб виготовити ливарну форму, готовий блок моделей занурюють у вогнетривку суміш, яка являє собою суспензію маршаліту (60-70 %) в гідролізованому етил-силікаті (30-40 %). Після занурення на моделях, живильниках і стояку залишається тонка вогнетривка плівка суміші (рисунок 5.3, г). Ця ж суміш заповнює всі площини й отвори в моделях, утворюючи стрижні. Для зміцнення вогнетривкої плівки блок моделей посипають мілким сухим кварцовим піском 4. Прилипаючи до сухої плівки, пісок утворює вогнетривкий шар, який сушать або на повітрі, або поміщаючи блок моделей в аміачну камеру для прискореного хімічного сушіння. Коли шар висихає, операцію занурення, посипання піском повторюють від 3 до 5 разів. Після сушіння останнього вогнетривкого шару отримують форму у вигляді багатшарової оболонки із заформованими легкоплавкими моделями. Форму поміщають у сушильну шафу і витримують при температурі більше 100 °С або занурюють у гарячу воду. Моделі й елементи ливникової системи (стояк і живильники) плавляться і витікають із форми. Для випалювання залишків модельного складу із площини, а також

для зміцнення оболонки отриману ливарну форму в металевому ящику 5 (рисунок 5.3, д) засипають металевим дробом і поміщають у термічну піч, де обпалюють при температурі 800-900 °С. Заливання металу проводять у гарячу форму, що дає можливість отримати тонкостінні складні конфігурації виливка. Відбивання виливків і відділення ливників здійснюють на віброустановках.

5.4 Виготовлення виливків литтям в оболонкові форми

Сутність методу полягає в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи при цьому для формувальної суміші як зв'язуючий матеріал фенольні термоактивні смоли, які міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який є наповнювачем. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, різко знижує витрату формувальної суміші, легко механізується й автоматизується. Використання формувальної суміші, яка складається із 92-95 % дрібного кварцового, магнезитового або цирконієвого піску і 4-6 % термоактивної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливка (5-8 клас), ніж виготовлених у піщано-глиняних формах, так як оболонка твердне на моделі і зберігає її розміри.

Лиття в оболонкові форми застосовують у великосерійному і масовому виробництві для отримання відповідальних фасонних дрібних і середніх виливків із різноманітних сплавів.

Технологія виробництва оболонкової форми (рисунок 5.4) починається з нанесення пульвелізатором на модельну плиту роздільного складу, який полегшує зняття оболонки. Потім модельну плиту нагрівають в електричній печі до температури 200-220 °С (рисунок 5.4, а), встановлюють над бункером і закріплюють моделлю вниз (рисунок 5.4, б). Бункер перевертають на 180°, і формувальна суміш потрапляє на нагріту модельну плиту (рисунок 5.4, в).

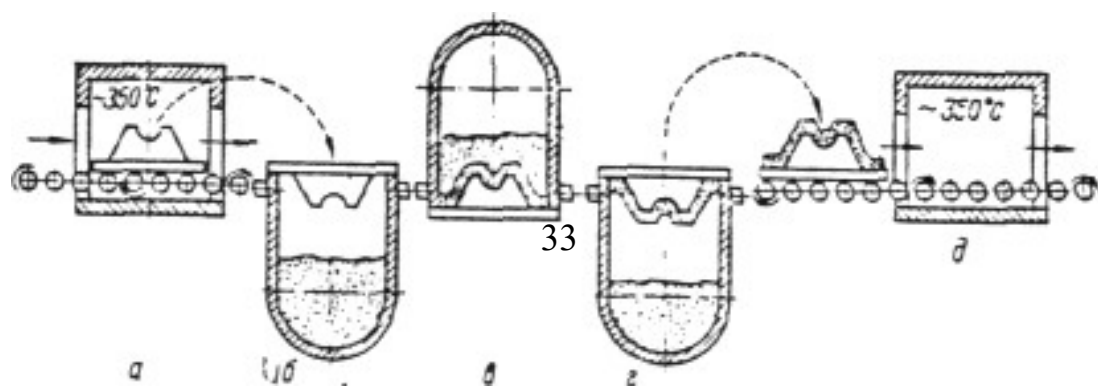


Рисунок 5.4 – Схема виготовлення оболонкових форм

При витримці протягом 20-30 с смола плавиться й покриває тонкою плівкою дрібні зерна піску, утворює оболонку товщиною 6-8 мм. Бункер повертають у початкову форму і форма, що не прореагувала, падає на його дно (рисунок 5.4, г). Зняту з бункера модельну плиту з крихкою оболонкою поміщають в електричну піч з температурою близько 350 °С (рисунок 5.4, д). Тут смола протягом 90-180 с полімеризується і затвердіває, утворюючи міцну оболонкову напівсферу. За такою ж технологією виготовляють другу напівформу.

В одній із напівформ на стрижневі знаки встановлюють стрижень, закривають іншою напівформою, скріплюють їх скобами, струбцинами або склеюють по площині рознімання. Зібрану оболонкову форму 9 поміщають у металевий ящик 8, засипають крупним піском або чавунним дробом 7 і заливають металом (рисунок 5.4, в). До моменту повної кристалізації вилівка металу смола повністю із суміші вигорає, форма і стрижні легко руйнуються, звільняючи вилівок при вибитті.

5.5 Виготовлення виливків центробіжним литтям

При відцентровому литті сплав заливається в обертові форми. Формування вилівка здійснюється під дією відцентрових сил, що забезпечує високу щільність і механічні властивості виливків.

Відцентровим литтям виготовляють вилівки в металевих, піщаних, оболонкових формах і формах для лиття за виплавленими моделями на відцентрових машинах з горизонтальною й вертикальною віссю обертання.

Металеві форми виливниці виготовляють із чавуну й сталі. Товщина виливниці в 1,5...2 рази більша від товщини виливка. У процесі лиття виливниці зовні охолоджують водою або повітрям.

На робочу поверхню виливниці наносять теплозахисні покриття для збільшення терміну їхньої служби. Перед роботою виливниці нагрівають до 200 °С.

Схеми процесів виготовлення виливків відцентровим литтям подано на рисунку 5.5.

При одержанні виливків на машинах з обертанням форми навколо вертикальної осі метал з ковша 4 заливають в обертову форму 2, укріплену на шпинделі 1, що обертається від електродвигуна.

Під дією відцентрових сил метал притискається до бічної стінки виливниці. Ливарна форма обертається до повного затвердіння виливка. Після зупинки форми виливок 3 виймають.

Виливки мають різностінність по висоті – більш товстий переріз у нижній частині. Застосовують для одержання виливків невеликої висоти – коротких втулок, кілець, фланців.

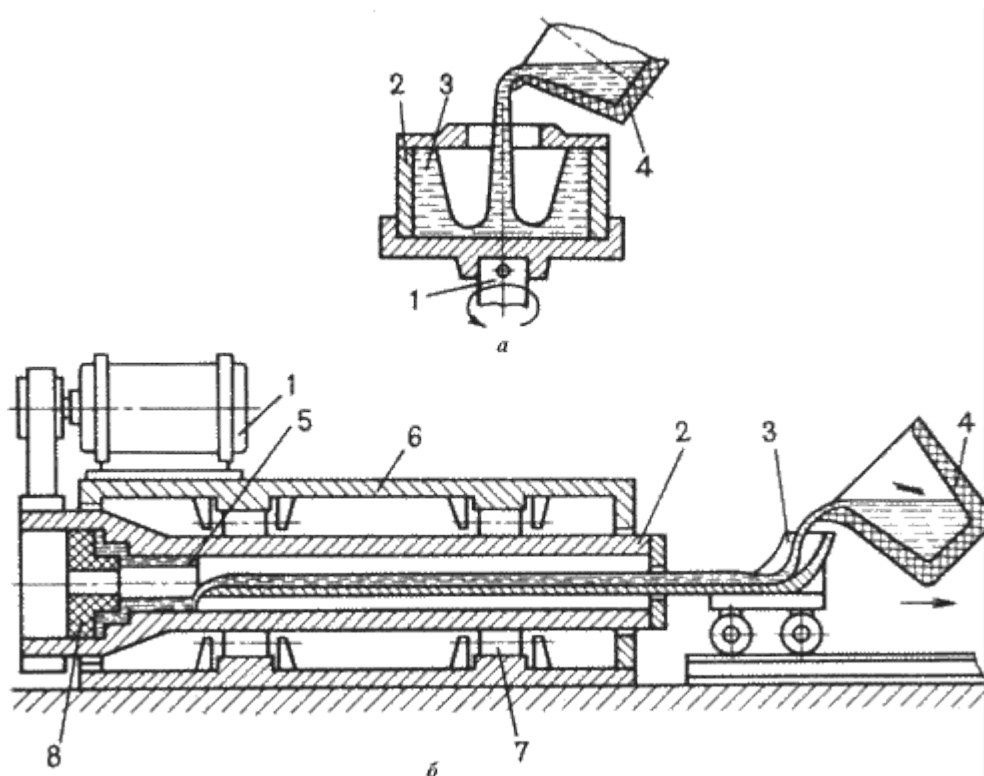


Рисунок 5.5 – Схеми процесів виготовлення виливків відцентровим литтям

При одержанні виливків типу тіл обертання великої довжини (труби, втулки) на машинах з горизонтальною віссю

обертання виливницю 2 установлюють на опорні ролики 7 і закривають кожухом 6. Виливниця приводиться в рух електродвигуном 1. Розплавлений метал з ковша 4 заливають через трубку 3, яка в процесі заливання металу переміщається, що забезпечує одержання рівностінного вилівка 5. Для утворення розтруба труби використовують піщаний або оболонковий стрижень 8. Після затвердіння металу готовий вилівок витягають спеціальним пристосуванням.

Відцентровим литтям виготовляють вилівки із чавуну, сталі, сплавів титану, алюмінію, магнію й цинку (труби, втулки, кільця, підшипники кочення, бандажі залізничних і трамвайних вагонів).

Маса вилівок буває від декількох кілограмів до 45 т. Товщина стінок від декількох міліметрів до 350 мм. Відцентровим литтям можна одержати тонкостінні вилівки зі сплавів з низькою плинністю, що неможливо зробити при інших способах лиття.

Недолік – наявність усадочної пористості, лікватів і неметалевих включень на внутрішніх поверхнях; можливість появи дефектів у вигляді поздовжніх і поперечних тріщин, газових пузирів.

Перевага – одержання внутрішніх пустот трубних заготовок без застосування стрижнів, економія сплаву за рахунок відсутності ливникової системи, можливість одержання двошарових заготовок, які отримують почерговим заливанням у форму різних сплавів (сталь – чавун, чавун – бронза).

Використовують автоматичні й бакаюваті карусельні машини з керуванням від ЕОМ.

5.6 Виготовлення вилівок електрошлаковим литтям

Сутність процесу електрошлакового лиття (рисунок 5.6) полягає в переплавленні електрода, що витрачається, у водоохолоджуваній металевій формі (кристалізаторі).

При цьому операції розплавлення металу, його заливання й витримка вилівка у формі сполучені за місцем і часом.

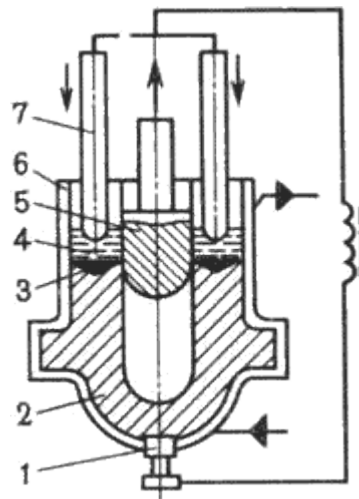


Рисунок 5.6 – Схема виготовлення виливків електрошлаковим литтям

Якщо витрачається електрод, використовується прокат. У кристалізатор 6 заливають розплавлені шлаки 4 (фторид кальцію або суміш на його основі), що має високий електроопір. При пропусканні струму через електрод 7 і запал 1 виділяється значна кількість теплоти, і шлакова ванна нагрівається до 1700 °С, відбувається оплавлення електрода. Краплі розплавленого металу проходять через розплавлені шлаки й утворюють під ним металеву ванну 3. Вона у водоохолоджуваній формі твердне послідовно, утворюючи щільний без усадочних дефектів виливок 2. Внутрішня пустота утворюється металевією вставкою 5.

Розплавлений шлак сприяє видаленню кисню, зниженню вмісту сірки й неметалевих включень, тому одержують виливки з високими механічними й експлуатаційними властивостями.

Виготовляються злитки відповідального призначення масою до 300 т: корпуси клапанів і засувки атомних і теплових електростанцій, колінчаті вали суднових двигунів, корпуси посудин надвисокого тиску, ротори турбогенераторів.

5.7 Виготовлення виливків безперервним литтям

При *безперервному литті* (рисунок 5.7) розплавлений метал з металоприймача 1 через графітову насадку 2 надходить у водоохолоджуваний кристалізатор 3 і твердне у вигляді виливка

4, що витягається спеціальним пристроєм 5. Довгі виливки розрізають на заготовки необхідної довжини.

Використовують при одержанні виливків з паралельними утворюючими із чавуну, мідних, алюмінієвих сплавів. Виливки не мають неметалевих включень, усадочних раковин і пористості завдяки створенню спрямованого їх затвердіння.

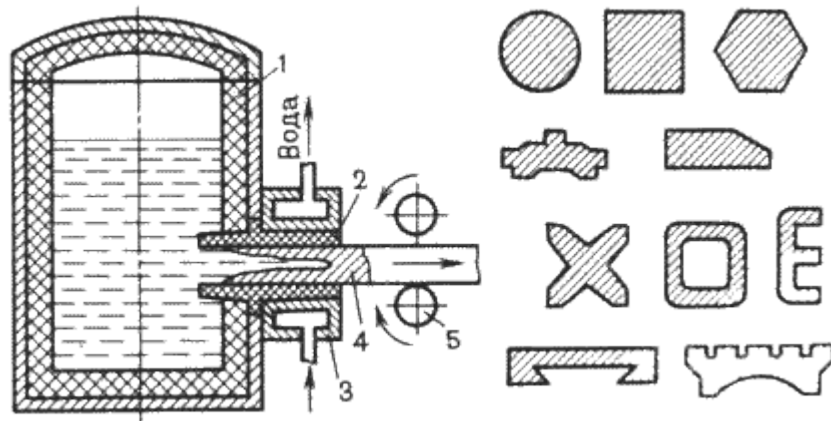


Рисунок 5.7 – Схема безперервного лиття (а) і різновиди одержуваних виливків (б)

ТЕМА 6. Особливості виготовлення виливків з різних сплавів

План

- 6.1 Чавунні виливки.
- 6.2 Сталеві виливки.
- 6.3 Алюмінієві виливки.
- 6.4 Мідні сплави.
- 6.5 Титанові сплави.
- 6.6 Дефекти виливків і їх виправлення.
- 6.7 Методи виявлення дефектів.
- 6.8 Методи виправлення дефектів.
- 6.9 Техніка безпеки й охорона навколишнього середовища в ливарному виробництві.

6.1 Чавунні виливки

Чавун. Переважну кількість виливків із сірого чавуну виготовляють у піщаних формах. Виливки одержують, як правило, без застосування додатків.

При виготовленні виливків із сірого чавуну в кокілях, у зв'язку з підвищеною швидкістю охолодження при затвердінні, починає виділятися цементит – поява світлості. Для запобігання світлості на робочу поверхню кокілю наносять малотеплопровідні покриття. Кокілі перед роботою нагрівають, а чавун піддають модифікуванню. Для усунення світлості виливки піддають випалу.

Виливки типу тіл обертання (труби, гільзи, втулки) одержують відцентровим литтям.

Виливки з високоміцного чавуну переважно виготовляють у піщаних формах, в оболонкових формах, литтям у кокіль, відцентровим литтям. Досить висока усадка чавуну викликає необхідність створення умов спрямованого затвердіння виливків для запобігання утворенню усадочних дефектів у масивних частинах вилівка шляхом установлення додатків і використання холодильників.

Розплавлений чавун у пустоту форми підводять через ливникову систему, що звужується, і, як правило, через додаток.

Особливістю одержання виливків з ковкого чавуну є те, що вихідний матеріал – білий чавун, має знижену рідкоплинність, що потребує підвищеної температури заливання при виготовленні тонкостінних виливків. Для скорочення тривалості випалу чавун модифікують алюмінієм, бором, вісмутом. Виливки виготовляють у піщаних формах, а також в оболонкових формах і кокілях.

6.2 Сталеві виливки

Вуглецеві леговані сталі 15Л, 12Х18Н9ТЛ, 30ХГСЛ, 10Х13Л, 110Г13Л – це ливарні сталі.

Ливарні сталі мають знижену рідкоплинність, високу усадку до 2,5 %, схильні до утворення тріщин.

Сталеві виливки виготовляють у піщаних і оболонкових формах, литтям за виплавленими моделями, відцентровим литтям.

Для запобігання усадочним раковинам і пористості у вилівках на масивні частини встановлюють додатки, а в теплових вузлах використовують зовнішні або внутрішні холодильники. Для запобігання тріщинам форми виготовляють із піддатливих формувальних сумішей, у вилівках передбачають технологічні ребра.

Подачу розплавленого металу для дрібних і середніх виливків виконують по розніманню або зверху, а для масивних – сифоном. У зв'язку з низькою рідкоплинністю площа перерізу живильників в 1,5...2 рази більша, ніж при литті чавуну.

Для одержання високих механічних властивостей сталеві виливки піддають випалу, нормалізації й іншим видам термічної обробки.

6.3 Алюмінієві сплави

Основні ливарні сплави – сплави системи алюміній – кремній (силуміни).

Силуміни мають високу рідкоплинність, малу усадку (0,8...1 %), несхильні до утворення гарячих і холодних тріщин, тому що за хімічним складом близькі до евтектичних сплавів (інтервал кристалізації становить 10...30 °С).

Інші алюмінієві сплави мають низьку рідкоплинність, підвищену усадку, схильні до утворення тріщин.

Виливки з алюмінієвих сплавів виготовляють литтям у кокіль, під тиском, у піщані форми.

Використовують кокілі з вертикальним розніманням. Для одержання щільних виливків устанавлюються масивні додатки. Метал підводять через ливникові системи, що розширюються, з нижнім підведенням металу до тонких перерізів вилівка. Усі елементи ливникової системи розміщують у площині рознімання кокілю.

6.4 Мідні сплави

Бронзи (Бро5Ц5С5, Бражзл) і латуні (ЛЦ40Мц3А).

Усі мідні сплави схильні до утворення тріщин. Виливки виготовляються литтям у піщані й оболонкові форми, а також литтям у кокіль, під тиском, відцентровим.

Для запобігання утворенню усадочних раковин і пористості в масивних вузлах виливків установлюють додатки. Для запобігання появі тріщин у виливках використовують форму з високою піддатливістю.

Для плавного надходження металу застосовують ливникові системи, що розширюються, з верхнім, нижнім і бічним підведенням. Для відділення оксидних плівок у ливниковій системі встановлюють фільтри зі склотканини.

6.5 Титанові сплави

Титанові сплави мають високу хімічну активність у розплавленому стані. Вони активно взаємодіють із киснем, азотом, воднем і вуглецем. Плавлення цих сплавів ведуть у вакуумі або в середовищі захисних газів.

Основний спосіб виробництва титанових виливків – лиття в графітові форми, в оболонкові форми з нейтральних оксидів магнію, цирконію. При виготовленні складних тонкостінних виливків застосовують форми, отримані за виплавленими моделями.

6.6 Дефекти виливків і їх виправлення

Дефекти виливків за зовнішніми ознаками підрозділяють: на зовнішні (піщані раковини, перекіс, недолив); внутрішні (усадочні й газові раковини, гарячі й холодні тріщини).

Піщані раковини – відкриті або закриті пустоти в тілі виливка, які виникають через низьку міцність форми й стрижнів, слабе ущільнення форми й інші причини.

Перекіс – зсув однієї частини виливка щодо іншої, що виникає в результаті недбалого складання форми, зношування штирів, що центрують, невідповідності знакових частин стрижня

на моделі й у стрижневому ящику, неправильного установлення стрижня.

Недолив – деякі частини вилівка залишаються незаповненими у зв'язку з низькою температурою заливання, недостатньою рідкоплинністю, недостатнім перерізом елементів ливникової системи.

Усадочні раковини – відкриті або закриті пустоти в тілі вилівка із шорсткуватою поверхнею й грубокристалічною будовою.

Виникають при недостатньому живленні масивних вузлів, нетехнологічній конструкції вилівка, заливанні перегрітим металом, неправильному установленні додатків.

Газові раковини – відкриті або закриті пустот із чистою й гладкою поверхнею, що виникає через недостатню газопроникність форми й стрижнів, підвищену вологість формувальних сумішей і стрижнів, насиченість розплавленого металу газами.

Тріщини гарячі й холодні – розриви в тілі вилівка, що виникають при заливанні надмірно перегрітим металом, через неправильну конструкцію ливникової системи, неправильну конструкцію вилівок, підвищену нерівномірну усадку, низьку піддатливість форм і стрижнів.

6.7 Методи виявлення дефектів

Зовнішні дефекти вилівок виявляються зовнішнім оглядом після діставання вилівка з форми або після очищення.

Внутрішні дефекти визначають радіографічними або ультразвуковими методами дефектоскопії.

При використанні радіографічних методів (рентгенографія, гаммаграфія) на вилівки впливають рентгенівським або гамма-випромінюванням. За допомогою цих методів виявляють наявність дефекту, розміри й глибину його залягання.

При ультразвуковому контролі ультразвукова хвиля, що проходить через стінку вилівка при зустрічі із границею дефекту (тріщиною, раковиною), частково відбивається. За інтенсивністю відбиття хвилі судять про наявність, розміри і глибину залягання дефекту.

Тріщини виявляють люмінесцентним контролем, магнітною або кольоровою дефектоскопією.

6.8 Методи виправлення дефектів

Незначні дефекти виправляють закладенням замазками або мастиками, просоченням різними складами, газовим або електричним зварюванням.

Закладення замазками або мастиками – декоративне виправлення дрібних поверхневих раковин. Перед заповненням мастикою дефектні місця очищають від бруду, знежирюють. Після заповнення виправлене місце загладжують, підсушують і затирають пемзою або графітом.

Просочування застосовують для усунення пористості. Виливки на 8...12 год занурюють у водяний розчин хлористого амонію. Проникаючи в проміжки між кристалами металу, розчин утворює оксиди, що заповнюють пори виливків.

Для усунення течі виливки з кольорових металів просочують бакелітовим лаком.

Газове й електричне зварювання застосовують для виправлення дефектів на необроблюваних поверхнях (раковини, наскрізні отвори, тріщини). Дефекти в чавунних виливках заварюють із використанням чавунних електродів і присадних дротиків, у сталевих виливках – електродами відповідного складу.

6.9 Техніка безпеки й охорона навколишнього середовища в ливарному виробництві

Виробництво виливків пов'язане з використанням токсичних речовин (формувальні суміші з рідким склом). Повинні бути передбачені заходи, що виключають контакт обслуговуючого персоналу з їдким натром. При роботі зі стрижневими сумішами (синтетичні фенолформальдегідні смоли) забороняється робота без гумових рукавичок.

Місця заливання ливарних форм повинні бути оснащені вентиляцією для видалення продуктів згоряння.

При виготовленні ливарних форм і ливарних стрижнів на формувальних і стрижневих машинах передбачаються обов'язкові заходи безпеки.

Машина лиття під тиском повинні бути оснащені блокуваннями, що виключають можливість створення тиску до закриття прес-форм. Між машинами встановлюють захисні металеві щити, що запобігають можливому аварійному виплеску з рознімання форми.

Ливарні цехи оснащені надійною вентиляцією, пристроями повітряних душів або теплових завіс на робочих місцях.

Шумотвірні пристрої розміщують у спеціальних ізольованих приміщеннях.

Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці широко впроваджуються: сучасні плавильні печі, у яких газу зазнають очищення, а теплота утилізується; установки для очищення димових газів від хлоридів; нові нетоксичні сполучні матеріали й технологічні процеси виготовлення стрижнів.

Охорону водних басейнів здійснюють шляхом створення ефективних способів очищення забруднених виробничих стоків і оборотного водопостачання. Скидання стічних вод здійснюється, якщо вміст шкідливих домішок нижче гранично допустимих концентрацій. Для видалення грубодисперсних домішок застосовують відстоювання, фільтрацію.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.
- 2 Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 383 с.
- 3 Гуляев А.П. Металловедение: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.
- 4 Материаловедение: Учебник для вузов / Под. общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
- 5 Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Рагштадта. – М.: Металлургия, 1989. – 454 с.
- 6 Богодухов С.И., Гребенюк В.Ф., Синюхин А.В. Курс материаловедения в вопросах и ответах: Учеб. пособие. – М.: Издательство «Машиностроение», 2003. – 256 с.
- 7 Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
- 8 Золоторевский В.С. Механические свойства металлов: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1983. – 350 с.
- 9 Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 10 Журавлев В.Н., Николаев В.И. Машиностроительные стали: Справочник. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
- 11 Технология конструкционных материалов / Под. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1977. – 664 с.

