

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Конспект лекцій
з предмету «Матеріалознавство та ТКМ»
для бакалаврів галузі знань 13 Механічна інженерія

Розробники: Мамчур С.І., Носова Т.В., Федосов О.В.

2024

ЗМІСТ

№ п/п	Назва змістових модулів та тем програми	Стор.
Змістовий модуль 1 . Металургія чорних металів		
Тема	.1. Виробництво чавуну і сталі	
1	Поняття металургії. Одержання чавуну у доменних печах.	4
2	Особливості та різновиди технологій виробництва сталі.	5
Змістовий модуль 2. Металознавство та термічна обробка		
	Тема 2.1. Будова та кристалізація металів.	
3	Класифікація конструкційних матеріалів. Атомно-кристалічна будова металів та сплавів. Види кристалічних решіток.	8
4	Процес кристалізації. Алотропічні перетворення в металах.	9
5	Властивості металів. Визначення механічних властивостей металів шляхом статичних випробувань стандартних зразків на розтягування.	11
6	Визначення твердості металів за допомогою методів Брінелля, Роквелла, віккерса.	12
	Тема 2.2. Основні поняття про сплави.	
7	Поняття про металеві сплави. Види сплавів: механічна суміш; твердий розчин; хімічні сполуки.	14
	Тема 2.3 Термічна і хіміко-термічна обробка металів	
8	Термічна обробка металів та сплавів	15
9	Хіміко - термічна обробка металів та сплавів	17
Змістовий модуль Тема 3. Конструкційні матеріали		
	3.1. Чавуни.	
10	Характеристика та хімічний склад чавунів. Класифікація чавунів. Маркування чавунів.	19
	Тема 3.2. Вуглецеві сталі.	
11	Характеристика та класифікація сталі сталі. Конструкційні вуглецеві сталі	20
12	Інструментальні вуглецеві сталі	23
	Тема 3.3. Леговані сталі.	
13	Основні поняття про леговані сталі. Принцип маркування легованих сталей.	23
	Тема 3.4. Кольорові метали та сплави.	
14	Мідь та її сплави.	24

15	Алюміній та його сплави	26
	Тема 3.5. Неметалеві конструкційні матеріали.	
16	Класифікація неметалевих матеріалів. Пластичні маси.	27
	Змістовий модуль 4. Технологія обробки металів та сплавів	
17	4.1. Основи раціонального вибору заготовок.	28
	4.2. Обробка металів тиском.	
18	Поняття обробки металів тиском. Прокатування, волочіння, пресування та кування металу.	29
	4.3. Ливарне виробництво.	
19	Сутність ливарного виробництва. Основні способи виготовлення виливків.	33
	4.4. Зварювальне виробництво.	
20	Сутність зварювання. Основні способи зварювання. Дугове зварювання.	35
	4.5. Порошкова металургія.	
21	Порошкова металургія. Класифікація твердих сплавів та мінералокерамічних матеріалів. Литі тверді сплави.	36
22	Спечені тверді сплави: вольфрамові, титановольфрамові, титанотанталовольфрамові.	37
23	Мінералокерамічні сплави.	38

ПЛАН

1. Поняття металургії.
2. Поняття чавуну.
3. Конструкція доменної печі.
4. Принцип роботи доменної печі.
5. Основні продукти доменного виробництва

1. Поняття металургії.

Металургія - це одержання металів і металевих сплавів з руд або з інших вихідних матеріалів. Продукцією чорної металургії є чавуни (передільні, ливарні), феросплави (сплави заліза з підвищеним вмістом одного з металів - Mn, Si, Cr, Ni тощо), а також сталь у вигляді зливків для виробництва сортового прокату і поковок. Сталь виплавляють з чавуну, а спочатку чавун одержують з руди.

2. Поняття чавуну.

Чавун - найпоширеніший залізовуглецевий ливарний сплав із вмістом вуглецю понад 2,5 %. У ньому можуть бути присутні кремній (до 2%), марганець (до 2 %), фосфор (до 0,3 %) і сірка (до 0,07 %). Чавун також служить основним вихідним матеріалом для виготовлення сталі. Його одержують пірометалургійним способом у доменних печах.

3. Конструкція доменної печі.

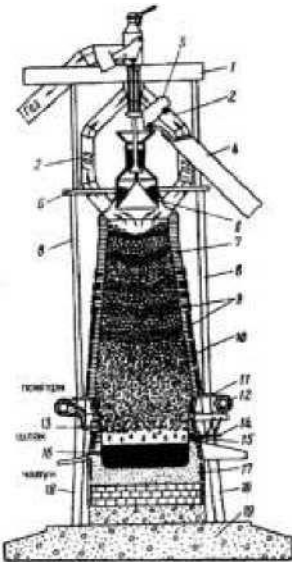


Рис. 6. 1. Роарч доианна печ Т - «опор»; 2 - факхцад; 3 - сип. 4 - гжилий. МІГ 5 - г.гнтгн.і-никаалі мадан'гк 6 - залишай апарат. 7 - фугерпвіса. 8 - калеча: 9 - кпкодлпъ- 10 - гірсна. 11 - кчши'щ: 12 - члчівий, павгтхіпраєц. 13 - фурма: 14 - ідлаксай сто- пир; 15 - ілпання лєпа, 16 - чавунна пєпса. 17 - упадка ауттієцавн; 18 - оСііСчи<9 19 - фундаг-ч-п

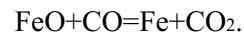
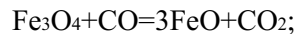
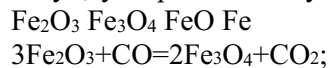
Сучасна домна - це шахтна піч безперервної дії, виготовлена з вогнетривкої цегли і покрита кожухом з листової сталі завтовшки до 35 мм. Ця складна інженерна споруда має висоту 35-100 м, корисний об'єм до 5000 м³ і продуктивність до 6000 т за добу. Доменна піч складається з п'яти основних частин: колошника, шахти, розпару, заплечиків і горна. Для виплавлення чавуну до колошника подають шихту - суміш руди, палива (коксу) і флюсів у певному співвідношенні. Такі окремі порції шихти називають колошами. Колоші надходять до шахти, де руда підсушується і відновлюється залізо. У розпарі починається розплавлення металу і утворення шлаку. У заплечиках утворюються чавун і шлак.

Найважливіша частина домни - горно. Знизу його обмежує лещадь (под горна). Горно має фурми - пристрої для вдування в піч гарячого, нагрітого до 1200-1300вС повітря. У нижній частині горна розташовані льотки для випуску шлаку і для випуску чавуну. Великі домни мають 3-4 льотки для випуску чавуну, що забезпечує безперервність металургійного процесу.

4. Принцип роботи доменної печі.

Доменна піч працює за принципом протитоку: шихтові матеріали рухаються зверху вниз, а назустріч їм надходить потік гарячих газів - продуктів згорання палива.

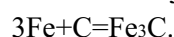
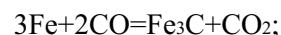
Одержання чавуну - це складний хімічний процес. Він складається з трьох основних стадій: відновлення заліза з оксидів, перетворення заліза на чавун, утворення шлаку. Відновлення заліза з руди здійснюється за схемою



що надійшла до розпару і заплечиків, відновлюється вуглецем коксу,

Частина закису заліза,

вуглецем сажі та воднем. Внаслідок цього утворюється губчасте залізо, яке насичується вуглецем при 1000-1100 °С:



Вуглець знижує температуру плавлення залізовуглецевого сплаву, який у нижній частині шахти починає плавитися, додатково насичується вуглецем та іншими елементами, відновленими з руди,- Mn, Si, P, S. Таким чином у горні печі утворюється чавун-основний продукт доменного процесу. Одночасно з чавуном у нижній частині печі накопичується шлак-сплав пустої породи, флюсів, золи палива, частини невідновлених оксидів. Періодично чавун (через 3-4 год.) і шлак (через 1-1,5 години.) випускають з печі.

6. Основні продукти доменного виробництва

Основні продукти доменного виробництва - чавун, шлак і колошниковий газ.

Залежно від складу і призначення чавуни поділяють на такі види:

- *переробний* - основний вид чавуну, що перероблюють на сталь ($C = 4-4,5 \%$; $Si = 0,6-0,8 \%$; $Mn = 0,25-1 \%$; S - до $0,07 \%$);
- *ливарний чавун* - характеризується підвищеним вмістом кремнію ($2,57-3,25 \%$), призначений для переплавки і виготовлення фасонних виливків;
- *феросплави* - сплави заліза з підвищеним вмістом інших елементів: феросиліцій ($Si - 9-13 \%$), феромарганець ($Mn - 70-75 \%$) тощо, призначені для розкислення і легування сталі.

Колошникові гази (CO, CO_2, H_2, CH_4, N_2 тощо) піднімаються з печі та у зоні колошника відводяться по трубах. Їх використовують як паливо для нагрівачів повітря домни.

Шлак використовують у виробництві будівельних матеріалів - цементу, шлакоблоків, шлаковати.

Лекція: «Особливості та різновиди виробництва сталі»

ПЛАН

1. Поняття сталі.
2. Виробництво сталі в кисневих конверторах.
3. Виробництво сталі в мартенівських печах.
4. Виробництво сталі в електропечах

1. Поняття сталі.

Сталь - найважливіший матеріал машинобудування та інших галузей промисловості. Від чавуну вона відрізняється меншим вмістом вуглецю та домішок сірки і фосфору ($0,06-0,07 \%$). До складу вуглецевих сталей у невеликих кількостях входять також марганець (до $0,8 \%$) і кремній (до $0,4 \%$). Леговані сталі для поліпшення властивостей вміщують додатково введені елементи (Ni, Cr, Ti, V та ін.). Вихідними матеріалами для виготовлення сталі є переробний чавун і сталевий брухт (скрап). Для одержання сталі з чавуну потрібно видалити частину вуглецю і шкідливих домішок, перевести їх у шлак або гази. Основними способами виробництва сталі є такі: киснево-конверторний, мартенівський і електричний.

2. Виробництво сталі в кисневих конверторах

Виробництво сталі

в кисневих конверторах зводиться до продування рідкого чавуну киснем, що подається до конверторів зверху через

фурму. Раніше для продування використовували повітря (бесмерівські й томасовські конвертори). Киснево-конверторний спосіб виробництва сталі прогресивніший і продуктивніший.

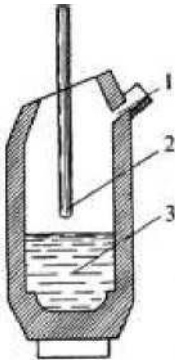


Рис. 6.3. Схема кисневого конвертора; 1 - отвір для заливки металу; 2 - фурма; 3 - рівень металу.

Конвертор, виготовлений зі сталевих листів, зсередини футерують (обкладають) основною хромомagneзитовою цеглою. Сучасний конвертер (об'ємом $100-350$ т рідкого чавуну) встановлюють на станинах і оснащують механізмом повороту. У нижній частині він має глухе дно, а у верхній - відкриту горловину, через яку завантажують шихту. Робоче положення конвертора - вертикальне, а під час завантаження і випуску сталі - горизонтальне. Перед початком роботи конвертор завантажують брухтом (до 30%) і заливають рідким чавуном ($1250-1400^\circ C$), далі повертають конвертор у вихідне вертикальне положення, вводять кисневу фурму і додають шлакоутворюючі матеріали (флюси). Кисень подають під тиском $1-1,5$ МПа через водоохолоджувану фурму (2), розташовану на відстані $0,7-3$ м від рівня рідкого металу. Витрати кисню на виготовлення 1 т сталі становлять

$50-60$ м³.

На початку процесу окислюються кремній, марганець і фосфор. Вони переходять у шлак, який зливають. Далі додають вапно для видалення у шлак сірки. Процес відбувається з інтенсивним виділенням тепла і не потребує палива. Температура підіймається до $2500^\circ C$. Вуглець вигорає.

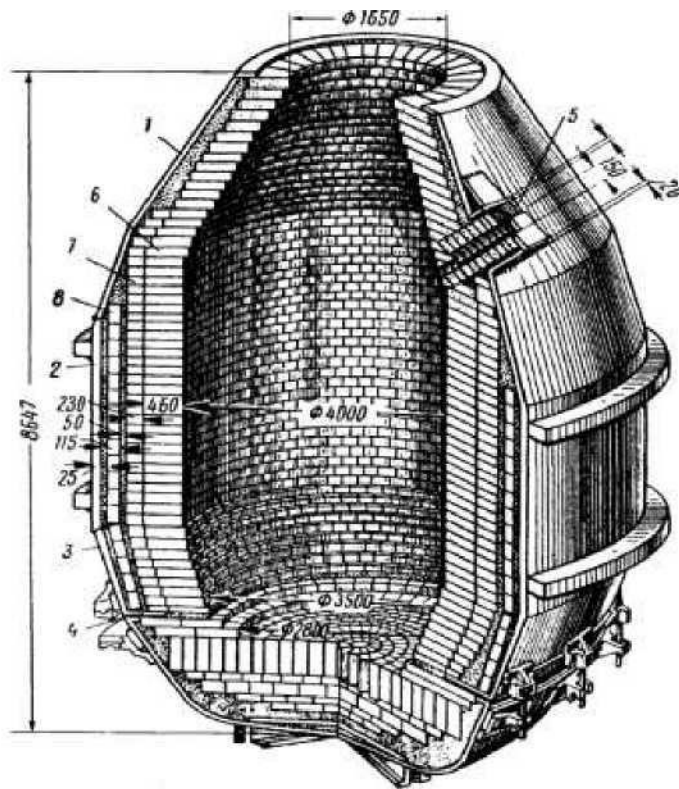


Рис. 6.4. Корпус кисневого конвертера з футеровкою: 1 - шльомна частина; 2

ІПЯС; 3 - «МЖНІЙ ЗрІ-ЗДНУШ конугг, А - кільце. S ст;тгвипугікікіРІ
І>ТНІЦ. F - [ХІбгННІЙ LbЗр ф^твриоки; 7 проміжний. Ш4Р фуГЕРСІЄ<Иі, й Зр ми і урини шар

Наприкінці плавки сталь розкислюють: вводять елементи з високою здатністю до взаємодії з киснем (Si, Mn, Al). Ці елементи взаємодіють з оксидом заліза FeO, утворюючи нерозчинні МПО, SiO₂, Al₂O₃, які переходять у шлак. Процес плавки у 300-тонному конверторі триває 50-60 хв. Готову сталь зливають не через горловину, а через спеціальний отвір, що запобігає перемішуванню металу і шлаку.

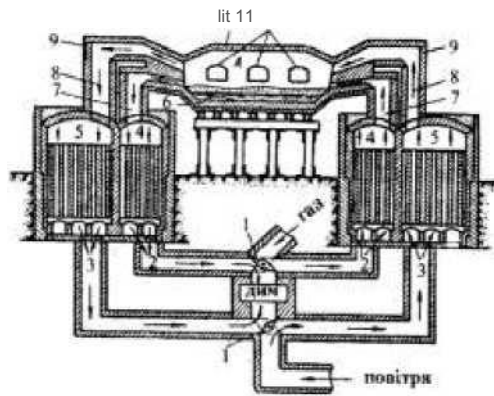
Киснево-конверторний спосіб виробництва сталі не потребує значних витрат, він у 5-6 разів продуктивніший за мартенівський і електричний. Проте два останні способи також мають свої переваги.

4. Виробництво сталі в мартенівських печах.

Виробництво сталі в мартенівських печах здійснюють з використанням переробного чавуну (твердого або рідкого) і брухту, іноді замість брухту використовують залізну руду. Як паливо використовують доменний, коксுவальний або природний газ, а також мазут або нафту; флюс - вапняк CaCO₃ (6-12 % від маси металу).

Мартен - регенеративна полуменева піч, в якій висока температура одержується за рахунок згоряння газу над плавильним простором ((1750-1800°C). Газ і повітря, що надходять до печі, попередньо нагрівають у регенераторах до 1200-1250°C. Підігрівання продуктів горіння забезпечують у робочому просторі печі при згорянні палива температурою близько 2000°C. У разі використання рідкого палива нагрівають лише повітря, а нафту або мазут подають через форсунки, розташовані в каналах головок печі.

Основну частину печі (робочий простір-А) обмежує склепіння (10), задня і передня стінки, головки (9) з бокових сторін і под (6). Передня стінка має завалочні вікна (11) для завантаження шихти, відбору проб і спостереження за процесом плавки. Нижня частина задньої стінки має отвори для випуску сталі та шлаку. У головках печі (2) розташовані канали (7, 8), через які надходять газ і повітря, а також уводяться продукти горіння. У регенераторах (4, 5) з вертикальними каналами і вогнетривкою насадкою нагрівають газ і повітря. Через нижні канали (2, 3) до них надходять газ і повітря, вводяться продукти горіння. Періодичним перемиканням клапанів (1) змінюють напрямок руху потоків газу і повітря, продуктів горіння. Залежно від характеру кладки (футеровки) поду і стінок печі поділяють на кислі й основні. Використання кислих печей обмежене.



Б>ис. Б.5. Сними мир-єнівський печі: А ровий простір; 1 - клелгци; 2, 3, 7 - в - начала ДЛА ПОЛІМІ І із у повітря; 4, 5 - рвпмлргГОри; 6 - пцд; 8 - голими; 9 - склепіння; 10 - лдаопснні вкнв

Процес мартенівської плавки в печі з основною футеровкою поділяють на три періоди: плавлення, кипіння, розкислення. Під час плавлення до печі подають найбільшу кількість тепла, відбувається окислення кремнію, марганцю, сірки, фосфору. Оксиди реагують з флюсами і переходять у шлак. Далі починається кипіння сталі з активним окисленням вуглецю в металі. У процесі кипіння здійснюють хімічний контроль. Коли вміст вуглецю досягає бажаного, а кількість сірки і фосфору стає мінімальною, кипіння припиняють і починають розкислення сталі феромарганцем, феросиліцієм, алюмінієм. Кінцеве розкислення сталі алюмінієм і феросиліцієм здійснюють під час випуску сталі у розливальному ковші. Процес мартенівської плавки залежно від об'єму печі триває 6-14 год.

За ступенем розкислення сталь поділяють на киплячу (має газові вкраплення), напівспокійну і спокійну (гази відсутні). Киплячу сталь використовують для невідповідальних деталей; напівспокійну - для виготовлення дроту, конструкцій; спокійну - для виготовлення ресор, колінчастих валів тощо.

Продуктивність вітчизняних мартенівських печей становить майже 10 т на м² пода печі. Підвищення показників роботи печі досягають застосуванням кисневого дуття, двованних печей, автоматизації процесу.

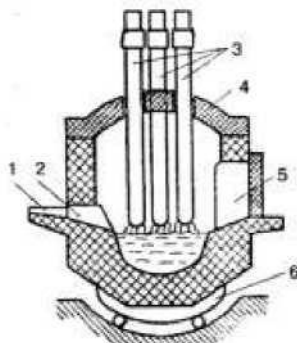


Рис. 6.6. Схема електродугової печі: 1 - жолоб; 2 - отвір для випуску металу; 3 - електроди; 4 - склепіння; 5 - вікно; 6 - механізм нахилу печі

кстропечах

ропечах - найважливіший спосіб одержання сталей високої якості для нту. Електроплавка дає можливість здійснювати швидке нагрівання і в межах до 2000°C, застосовувати окисну, відновлювальну або нейтральну вість одержувати сталі та сплави з мінімальною кількістю шкідливих рібних компонентів, забезпечити високу якість металу.

Електроплавку здійснюють у дугових та індукційних печах.

Електродугова піч складається з сталевго циліндра зі сферичним або похилим днищем, футерованого вогнетривкою цеглою. Робочий простір печі зверху має склепіння (4) з отворами для графітизованих електродів (3) діаметром 350-550мм.

На електроди подають електричний струм напругою 200-600 В і силою 1-10 кА. Джерелом тепла є електрична дуга, що утворюється між електродами і шихтою. У стінці корпусу розташоване вікно (5) для завантаження шихти і спостереження за ходом плавки, а також отвір для випуску металу (2) зі змінним жолобом (1). Механізмом (6) піч можна нахилати для завантаження або зливання сталі та шлаку. Електродугові печі мають об'єм 0,5-400 т. Сталь виготовляють здебільшого у печах з основною футеровкою плавкою з окисленням або без окислення домішок.

Плавка з окисленням нагадує мартенівський процес і застосовується для одержання вуглецевих сталей. Шихтою служить сталевий брухт, переробний чавун, кокс-для науглецювання і 2-3 % вапна. Після завантаження печі до електродів підводять струм, виникає дуга з температурою 3500°C. Плавка має два періоди: окислення і відновлення. На початку плавки залізо, марганець, кремній і вуглець окислюються киснем, що надходить з повітря, з оксидів шихти та жаровини. Оксиди взаємодіють з вапном, утворюючи шлак. Наявність у шлаку оксиду кальцію сприяє зв'язуванню і видаленню фосфору. Період відновлення включає процеси розкислення сталі, видалення сірки і доведення вмісту компонентів до потрібної кількості. Для цього до печі подають флюс (вапно, фтористий кальцій, кокс, феросиліцій). Кокс і феросиліцій відновлюють оксид заліза, кількість його у шлаці зменшується і FeO переходить з металу в шлак, де

відновлюється на границі шлак -метал. Завдяки цьому сталь не забруднюється домішками (SiO_2 , MnO , Al_2O_3) на відміну від звичайного розкислення. Присутність у шлаці CaO інтенсивно видаляє сірку. Тому в електросталі її вміст не перевищує 0,015 %. У разі необхідності наприкінці періоду відновлення сталь розкислюють феросилієм або алюмінієм.

Плавка без окислення застосовується для виготовлення легованих сталей з брухту або відходів відповідного складу. Процес зводиться до переплаву і введення деяких компонентів сталі.

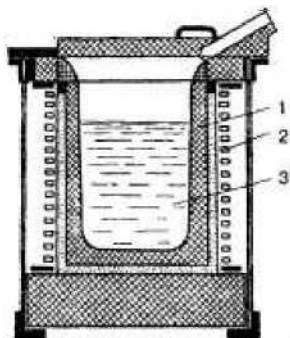


Рис. 6.7 Схема індукційної печі:
1 - вогнетривкий тигель; 2 - мідний індуктор з імп'ямним охолодженням; 3 - рідкий метод

Індукційна піч складається з тигля з кришкою (склепінням) і водоохолоджуваного індуктора змінного струму з частотою 500-2000 кГц. Електричний струм збуджує в металі вихрові струми з високою тепловою дією, які нагрівають його до розплавлення. Індукційні печі виготовляють об'ємом від десятків кілограмів до 5 т (часом 25-30 т). Плавку здійснюють переплавом відходів легованих сталей або скрапу вуглецевих сталей і феросплавів. Шлаком є вапно і плавиковий шпат (в основних печах) або бій скла та інші матеріали, багаті на SiO_2 (в кислих печах). Завдяки індукційним печам одержують сталь з невисоким вмістом вуглецю і газів; здійснюють плавку у вакуумі або захисній атмосфері; переміщують рідкий метал; вирівнюють хімічний склад за рахунок електродинамічних сил, що виникають у процесі плавки. Тривалість плавки у печі об'ємом 1 т становить близько 45 хв., витрати електроенергії на виплавку 1 т сталі - 600-700 кВт/год.

Лекція:

«Класифікація конструкційних матеріалів. Атомно - кристалічна будова металів і сплавів.»

ПЛАН

1. Класифікація конструкційних матеріалів.
2. Класифікація металів.
3. Атомно - кристалічна будова металів і сплавів.
4. Типи кристалічних ґраток, які характерні для металів.

1. Класифікація конструкційних матеріалів.

Матеріали, з яких виготовляють деталі, конструкції машин і механізмів, називають конструкційними. Розрізняють металеві, неметалеві та композиційні матеріали.

До металевих матеріалів належать метали та сплави.

У техніці терміном «метал» визначають прості речовини кристалічної будови зі специфічними властивостями: вони непрозорі, мають металічний блиск, високі тепло- і електропровідність, міцність, більшість з них пластична, їх можна обробляти у холодному й гарячому стані різанням, тиском і зварюванням.

«Сплав» - це складні за вмістом речовини, утворені з кількох металів і неметалів унаслідок дифузії, тобто взаємного проникнення частинок.

До неметалевих матеріалів належать деревина, пластмаси, гумові, ебонітові, графітові, абразивні лакофарбові та ключі матеріали, шкіра, азбест, скло, кераміка та інші матеріали.

Композиційні матеріали - це поєднання неметалевих матеріалів з металевим або будь яким іншим каркасом для надання їм необхідних фізико - механічних властивостей (над твердості, високотемпературності), тобто композиційними матеріалами називають композиції

Є складові яких мають різні властивості і нерозчинні або малорозчинні одні в одних.

2. Класифікація металів.

Залежно від будови і властивостей метали об'єднуються в різні групи. Найбільш загальна і поширена класифікація поділяє метали на дві групи - *чорні* і *кольорові*. За такою класифікацією до чорних металів відносять залізо і його сплави, а до кольорових - усі інші.

3. Атомно - кристалічна будова металів і сплавів.

Залежно від будови (розташування атомів), тверді тіла поділяють на *кристалічні* та *аморфні*. За

звичайних умов метали у твердому стані мають кристалічну будову. Кристалічні тіла характеризує чітко визначений (регулярний) порядок розташування атомів (точніше йонів) у просторі, який зумовлює утворення певного типу *кристалічної ґратки*, де сили взаємного тяжіння і відштовхування атомів урівноважені. Регулярність розташування атомів у кристалічному тілі зумовлює під час кристалізації утворення кристалів певної форми - симетричних, геометрично правильних багатогранників (поліедрів). Просторове розташування атомів у кристалічному тілі залежить від природи металу, характеру міжатомних зв'язків, температури та тиску. Крім упорядкованого розташування атомів (кристалічна ґратка), кристалічні тіла мають певну фіксовану температуру плавлення і кристалізації.

Аморфні тіла характеризуються хаотичним розміщенням атомів. Тому вони, зберігаючи постійну форму, не мають певних (критичних) температур плавлення і кристалізації. Зміна їх властивостей, залежно від зовнішніх умов, відбувається поступово. Аморфний стан металів може досягатися за умов інтенсивного їх охолодження під час кристалізації.

4. Типи кристалічних ґраток, які характерні для металів.

Кристалічну будову металів характеризує строго визначений порядок і періодичність розташування атомів у просторі та відносно один одного, які утворюють залежно від цього певну кристалічну систему (просторову кристалічну ґратку). Особливості розташування атомів у кристалах визначають сукупність і відмінності властивостей металів.

Найпоширенішим серед промислових металів є утворення трьох основних типів кристалічних ґраток: кубічної об'ємно-центрованої (ОЦК), кубічної гранецентрованої (ГЦК) і гексагональної щільного пакування (ГЦП) кристалічної ґратки. Наприклад, Мо, W, V, Cr кристалізуються у системі ОЦК; Ni, Cu, Al, Pb - у системі ГЦК; Zn, Mg, Be, Cd - у системі

Елементарна комірка ОЦК-ґратки складається з дев'яти атомів, вісім з яких розташовані у вершинах куба і один - у центрі. Координаційне число дорівнює восьми (K8); щільність пакування атомів - 0,68.

Елементарна комірка ГЦК-ґратки складається з чотирнадцяти атомів. Вісім з них знаходяться у вершинах куба і по одному в центрі кожної з граней. Координаційне число дорівнює дванадцяти (K12). Щільність пакування атомів - 0,74.

Гексагональна кристалічна ґратка щільного пакування (ГЦП) має елементарну комірку у формі шестигранної призми, що складається з 17 атомів, 12 з яких - у вершинах призми, 2 - у центрах основ і 3 - в середині призми. Координаційне число дорівнює дванадцяти (K12), щільність пакування атомів - 0,74.

Можливе також утворення й інших типів кристалічних ґраток.

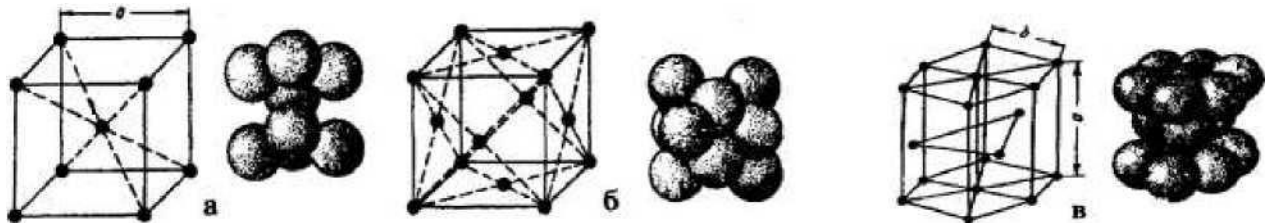


Рис. 1. Просторові кристалічні ґратки: а - об'ємноцентрована кубічна (ОЦК), б - гранецентрована кубічна (ГЦК), в - гексагональна щільного пакування (ГЦП)

Лекція: «Процес кристалізації. Алотропічні перетворення в металах»

ПЛАН

1. Процес кристалізації.
2. Алотропічні перетворення в металах.
 - 2.1. Поняття алотропії, або поліморфізму.
 - 2.2. Алотропні перетворення в залізі.

1. Процес кристалізації.

Кристалізацією називають процес переходу металу з рідкого стану в твердий, коли в охолоджуваній рідині з'являються центри кристалізації, утворюються і зростають кристали.

Д. К. Чернов показав, що кристалізація складається з двох процесів: утворення зародків (центрів кристалізації) та росту кристалів з цих центрів. Обидва процеси характеризуються власними швидкостями, які й становлять параметри кристалізації. *Першим параметром кристалізації* є швидкість утворення зародків (С). Позначається кількістю зародків, що утворюються в одиниці об'єму за одиницю часу і вимірюється у $\text{см}^{-3}/\text{с}^{-1}$. *Другий параметр (n)* - лінійна швидкість росту кристалів - характеризує зміну лінійних розмірів кристалів і

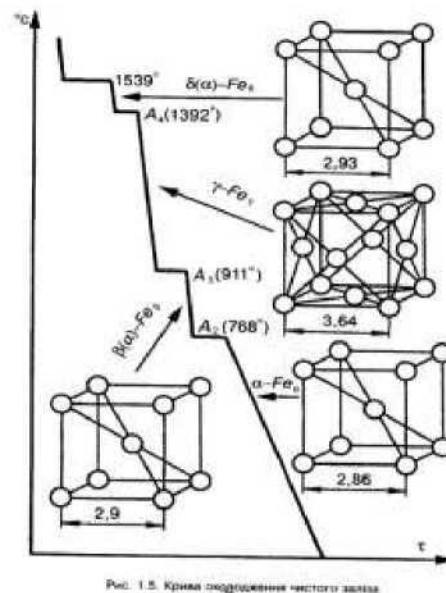
вимірюється в см/с. З підвищенням ступеня переохолодження величини цих параметрів кристалізації зростають. Темп зростання кількості зародків у більшості випадків переважає темп зростання лінійної швидкості їх росту. Від співвідношення параметрів C і n залежать розміри зерен в полікристалічних металевих матеріалах.

За теорією Таммана, кількість зерен N пропорційна швидкості утворення центрів кристалізації n і обернено пропорційна швидкості росту C , тобто $N = Kn / C$, де K - сталий коефіцієнт.

Розмір зерна значною мірою впливає на механічні та інші властивості металів. Дрібнозернистий метал має вищі характеристики в'язкості й пластичності.

2. Алотропічні перетворення в металах

Алотропія, або поліморфізм - це здатність деяких металів залежно від температури і тиску змінювати будову (тип) кристалічної ґратки, тобто існувати в різних кристалічних формах (модифікаціях). Перехід від однієї модифікації до іншої називають *алотропним*, або *поліморфним перетворенням*. Поліморфізм спостерігається у багатьох металах: Fe, Mn, Co, Ti, Sn та ін. Кожна з поліморфних модифікацій, за незмінної природи атомів, що її утворюють, відрізняється від іншої розміщенням атомів у кристалічній ґратці. Окремі модифікації позначають літерами грецького алфавіту; α , γ , δ , ϵ тощо. Кожна з модифікацій має свій температурний інтервал існування. Рівноважна температура (T_0) поліморфного (наприклад, α у) свідчить, що за умов повільного нагрівання чи охолодження вище чи нижче цієї температури, існують відповідні модифікації металу (α або γ). Поліморфне перетворення (як і кристалізація) відбувається шляхом утворення зародків нової фази і наступного їх зростання. При переході від однієї модифікації металу в іншу, змінюються будова кристалічної ґратки і властивості металу (твердість, пластичність, об'єм тощо). Так, при перетворенні білого олова (γ -модифікація) на сіре (α -модифікація) об'єм його збільшується на 25 %. При цьому відбувається також зміна характеру міжатомного зв'язку від металевого на ковалентний.



Найпоширеніший з металів - залізо - має за звичайних умов поліморфні модифікації з ОЦК і ГЦК-ґраткою. Модифікація α -заліза з ОЦК-ґраткою існує при температурах нижче 911 °C і вище 1392°C. В інтервалі температур 1392 -1539 модифікацію з ОЦК-ґраткою позначають як δ -залізо. Модифікацію заліза з ГЦК- ґраткою називають γ - залізом. Вона існує в інтервалі температур 911 - 1392°C.

Якщо до заліза прикласти всебічний тиск 135 кбар, то утворюється поліморфна модифікація заліза з гексагональною ґраткою щільного панування (ГЩП), яку називають ϵ -модифікацією. Такої модифікації чистого заліза за нормального тиску не існує. Проте, якщо легувати залізо марганцем, рутенієм, іридієм, то в таких сплавах ϵ -модифікація стабільна в межах температур від абсолютного нуля до 200°C.

Лекція: « Властивості металів. Визначення механічних властивостей металів шляхом статичних випробувань стандартних зразків на розтягування»

ПЛАН

1. Властивості металів.

- 1.1. Механічні властивості.
- 1.2. Технологічні властивості.
- 1.3. Фізичні властивості.
- 1.4. Хімічні властивості.

2. Визначення механічних властивостей металів шляхом статичних випробувань стандартних зразків на

розтягування.

2.1. Статичні випробування стандартних зразків на розтягування.

2.2. Поріг пружності матеріалу - $\sigma_{пл}$.

2.3. Поріг плинності (текучості) матеріалу -

2.4. Поріг міцності матеріалу - $\sigma_{в}$.

2.5. Характеристики пластичності матеріалу: відносне видовження δ і відносне звуження ψ .

1. Властивості металів.

Вироби машинобудування у процесі експлуатації піддаються впливу різного роду механічних, фізичних і хімічних факторів. Це зумовлює певні вимоги щодо комплексу основних характеристик властивостей металів і сплавів. Вони визначають відповідність обраного матеріалу розрахунковим навантаженням у проектуванні деталей і забезпечують надійність їхньої роботи. Розрізняють механічні властивості, технологічні, фізичні й хімічні.

Поширення набули методи визначення *механічних властивостей* металів і сплавів. Механічні властивості матеріалів визначають, випробовуючи їх на твердість, розтягування, стискування, кручення, згин, ударну в'язкість, зношування, втому тощо. Випробовують спеціально виготовлені зразки стандартної форми і розмірів на спеціальних приладах і машинах для одержання потрібних характеристик.

До *технологічних характеристик* відносять здатність металів сприймати технологічні операції обробки, які надають виробам потрібної форми, розмірів і властивостей. Основні технологічні властивості металів - це оброблюваність різанням, здатність до холодної та гарячої обробки тиском (прокатування, кування, штампування), ливарні властивості, зварюваність, прогартовуваність тощо. Технологічні властивості визначають, використовуючи відповідні технологічні проби.

До *фізичних властивостей* металів належать щільність, електропровідність, теплопровідність, намагнічуваність, холодноламкість тощо. Фізичні властивості, як і механічні, відіграють важливу роль у виборі металевих матеріалів.

Хімічні властивості металів і сплавів характеризують їхню здатність хімічно взаємодіяти з оточуючим робочим середовищем - утворювати сполуки, розчинюватися, піддаватися корозії або чинити опір діям агресивного середовища.

2.2. Визначення механічних властивостей металів шляхом статичних випробувань стандартних зразків на розтягування.

Більшість характеристик механічних властивостей металів визначають шляхом статичних випробувань стандартних зразків *на розтягування*. Їх здійснюють на розривних машинах, які визначають видовження зразків під час деформації. При випробуваннях зразок розтягується (деформується) вздовж його поздовжньої осі. Результати випробувань унаочнює діаграма навантаження - деформація, на якій по осі ординат відкладають навантаження, а по осі абсцис - абсолютне видовження. Пружну деформацію на діаграмі характеризує пряма лінія. На цій ділянці спостерігається пропорційність між навантаженням і видовженням. Умовне навантаження, за якого вперше залишкові деформації досягають певної малої величини, називають *порогом пружності* $\sigma_{пл}$. З підвищенням навантаження порушується пропорційність між напруженням і деформацією, поруч з пружними деформаціями виникають пластичні. Далі зразок деформується без збільшення розтягуючого навантаження. Горизонтальна ділянка плинності на діаграмі визначає *поріг плинності (текучості)* матеріалу - $\sigma_{т}$, МПа. Цю характеристику іноді позначають також $\sigma_{0,2}$, оскільки вона відповідає напруженню, що викликає залишкову деформацію 0,2%. Максимальне напруження, яке може витримати зразок до руйнування визначає *поріг міцності* - $\sigma_{в}$, МПа.

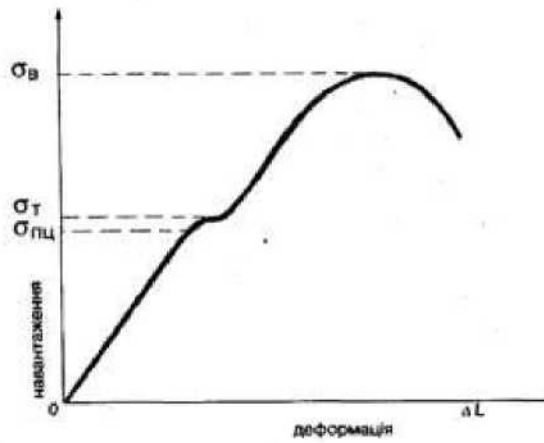


Рис. 1.16. Діаграма розтягування маловуглецевої сталі

Випробуванням при розтягуванні визначають також *пластичність металу*, тобто здатність одержувати залишкову пластичну деформацію без руйнування. Пластичність характеризують: відносне видовження δ і відносне звуження у зразка при розриві під час випробування розтягуванням. При цьому:

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100\%; \quad \gamma = \frac{F_0 - F_k}{L F_0} \cdot 100\%$$

де: L_0 - початкова довжина зразка до випробування, м;

L_k - кінцева довжина зразка після його розриву, м;

F_0 - початкова площа поперечного перерізу на ділянці звуження при розриві, м²;

F_k - кінцева площа поперечного перерізу на ділянці звуження при розриві, м².

Розглянуті характеристики міцності та пластичності є базовими і характеризують властивості конструкційних матеріалів у стані постачання, а також після термічної обробки.

Лекція:

« Визначення твердості металів за допомогою методів Брінелля, Роквелла, Віккерса.»

ПЛАН

1. Поняття твердості.
2. Визначення твердості металів за допомогою метода Брінелля.
3. Визначення твердості металів за допомогою метода Роквелла.
4. Визначення твердості металів за допомогою метода Віккерса.

1. Поняття твердості.

Найпоширенішим простим і швидким методом механічних випробувань є вимірювання твердості. Це дозволяє без руйнування зразка (виробу) досить точно контролювати якість матеріалу, знаходити відповідність цій характеристиці, інших механічних властивостей.

Твердість - це властивість матеріалу опиратися місцевому пластичному деформуванню при контактній дії на нього більш твердого тіла (індентора). Існує кілька методів визначення твердості: метод втискування, відскоку, дряпання, метод маятника тощо. Широкого поширення набув *метод* вимірювання твердості *втискуванням*. При цьому індентор певної форми (піраміда, конус, кулька), виготовлений з твердого матеріалу (алмаз, гартована сталь, твердий сплав) втискують при навантаженні у поверхню металу. Число твердості визначають, виходячи з показників залишкової деформації вимірюваного зразка в умовних одиницях.

2. Визначення твердості металів за допомогою метода Брінелля.

Метод Брінелля зводиться до статичного вдавлювання у поверхню вимірюваного матеріалу під навантаженням P в H (кГс) загартованої сталевий кульки певного діаметру D , мм. За величиною діаметра відбитка кульки d , mm (глибина h), визначають число твердості, користуючись виразом

$$HB = P/F,$$

де: F - площа поверхні відбитка кульки, мм^2 .

Позначивши площу сферичного відбитку через діаметр кульки:

$$F = (\pi / 2)(D - \sqrt{D^2 - d^2}),$$

одержимо формулу, за якою можна визначити твердість:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Твердість за Брінеллем (HB) визначають у кГс/мм^2 або в МПа.

Визначення твердості металів за допомогою метода Роквелла.

Вимірювання твердості за методом Роквелла виконують втискуванням у поверхню досліджуваного зразка алмазного конусу з кутом при вершині 120° або загартованої сталевий кульки діаметром 1,59 мм. Втискування алмазного конусу або кульки здійснюють, прикладаючи два послідовних навантаження - попереднє P_0 , яке дорівнює 0,1 кН (ЮкГс), і основне P_2 . Сумарне або загальне навантаження P при втискуванні алмаза становить 0,6 кН (60 кГс) або 1,5 кН (150 кГс). При втискуванні кульки P дорівнює 1 кН (100 кГс). Відповідно цим навантаженням, прилад оснащений трьома шкалами: чорні А і С та червона В. Шкалу А використовують у вимірах виробів з дуже високою поверхневою твердістю (цементовані, азотовані тощо) і твердих сплавів з твердістю до 85 HRA. При вимірюваннях твердості загартованих сталей користуються шкалою С (до 67 HRC). Шкалу В використовують при вимірюванні твердості незагартованих сталей кольорових металів і сплавів (до 100 HRB). Числа твердості за Роквеллом визначають в умовних одиницях.

3. Визначення твердості металів за допомогою метода Віккерса.

Вимірювання твердості за методом Віккерса здійснюють втискуванням у поверхню металу (шліфовану чи поліровану) чотиригранної алмазної піраміди з кутом між гранями 136° . Тривалість навантаження при випробуваннях чорних металів 10-15 с, кольорових - 30 с. Величина навантаження 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000, 1200 Н. Зі збільшенням навантаження зростає глибина проникнення алмазної піраміди в метал. Так при вимірюванні твердості тонких зміцнених шарів після азотування або борування використовують навантаження 50 або 100 Н. Товщина зразка для вимірів не повинна бути меншою за 1,5 діагоналі відбитка піраміди. Число твердості за Віккерсом визначається відношенням навантаження P , прикладеного на одиницю поверхні відбитку:

$$HV = \frac{2 P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 18,54 \frac{P}{d^2} = H / \text{мм}^2,$$

де: P - навантаження на піраміду H , яке добирають з таблиці;

α - кут між протилежними гранями піраміди (136°); d - середньоарифметичне довжини або діагоналей відбитку піраміди після зняття навантаження (мм).

Для позначення твердості за методом Віккерса необхідно вказувати і тривалість навантаження, якщо вона більша чи менша 10-15 с. Наприклад, 10/30-500 HV означає число твердості за Віккерсом 500, одержане вимірюваннями при навантаженні 10 кГс, тривалість навантаження - 30 с.

Між одиницями твердості, одержаними вимірюванням різними методами, існує відповідна кореляція. Існують таблиці переведення чисел твердості. Так, наприклад, твердість 60 HRC відповідає 720 HV. Числа твердості за Брінеллем і Віккерсом мають однакові одиниці вимірювання Н/мм^2 (кГс/мм^2) і для матеріалів з твердістю до 4000 HB практично збігаються.

Лекція:

«Поняття про металеві сплави. Види сплавів.»

ПЛАН

1. Поняття про металеві сплави.

2. *Сплав твердий розчин.*
3. *Сплав хімічні сполуки.*
4. *Сплав механічна суміш*
5. *Графіки охолодження при кристалізації аморфного тіла, кристалічного тіла (чистого металу) та сплаву.*

1. Поняття про металеві сплави.

Сплав - речовина, яку одержують поєднанням (сплавленням, спіканням, електролізом тощо) двох або більше елементів. Порівняно з чистими металами сплави мають більш цінний комплекс властивостей - механічних, фізичних, технологічних.

У рідкому стані компоненти сплаву розчиняються один в одному необмежено, утворюючи рідкий розчин (розплав). У твердому стані їхня взаємна розчинність змінюється. Виходячи з цього, сплави у твердому стані можуть складатися з таких фаз: тверді розчини, хімічні сполуки, механічна суміш компонентів.

2. Сплав твердий розчин.

Тверді розчини - це фази, в яких один компонент сплаву зберігає свою кристалічну ґратку (розчинник), а атоми іншого компоненту (розчинюваного) розташовуються в цій ґратці, змінюючи її параметри.

Якщо атоми розчинюваного компонента займають у кристалічній ґратці місця атомів розчинника, то утворюється *твердий розчин заміщення*. Тверді розчини заміщення утворюють метали, які мають однакову кристалічну ґратку, близькі за будовою валентні шари електронів і їхні атомні розміри відрізняються не більше, ніж на 8 - 15%.

Якщо ж атоми розчинюваного елемента розміщуються в порожнинах кристалічної ґратки між атомами розчинника, тоді утворюються *тверді розчини проникнення*.

Тверді розчини проникнення утворюються звичайно при змішуванні металів з неметалами, коли атоми розчинюваного компонента за своїми розмірами значно менші від атомів розчинника і проникають у проміжки між вузлами його кристалічної ґратки.

3. Сплав хімічні сполуки.

Хімічні сполуки утворюють компоненти з великою різницею в електронній будові їхніх атомів та кристалічних ґраток. Вони відрізняються від твердих розчинів конкретним співвідношенням числа атомів компонентів, яке відповідає стехіометричній пропорції (A_nB_m). Інші характерні ознаки хімічної сполуки: кристалічна ґратка сполуки має іншу будову, ніж кристалічні ґратки компонентів; постійну температуру плавлення (дисоціації); утворення сполуки супроводжується значним тепловим ефектом (крива охолодження подібна кривій чистого елемента).

4. Сплав механічна суміш

Якщо компоненти сплаву не розчиняються у твердому стані не вступають в хімічну реакцію з утворенням сполук, то при твердненні утворюється *механічна суміш* дрібних кристалів (зерен) складових компонентів. Наприклад, сплав свинцю з сурмою після тверднення - це суміш кристалів свинцю і сурми. Проте сплави - суміші можуть складатись і з більшої кількості складових - чистих елементів, твердих розчинів, хімічних сполук, кожна з яких зберігає свою кристалічну структуру і характерні властивості. Механічні суміші мають високі ливарні властивості, але погано піддаються обробці тиском.

5. Графіки охолодження при кристалізації аморфного тіла, кристалічного тіла (чистого металу) та сплаву.

При охолодженні аморфного тіла (смола, скло) його температура падає поступово і безперервно, тобто конкретна температура плавлення не фіксується (рис. 2.1,а). Кристалічні ж речовини (метали, сплави) мають певну фіксовану температуру плавлення (при нагріванні), або температуру кристалізації (при охолодженні). Під час кристалізації виділяється внутрішня теплота кристалізації, що призводить до зменшення швидкості охолодження сплаву (при утворенні твердого розчину), або тимчасової зупинки падіння температури (при утворенні механічної суміші або хімічної сполуки). Твердіння чистих металів відбувається за постійної температури (рис. 2.1,б), а сплавів - в інтервалі температур (рис. 2.1,в,г).

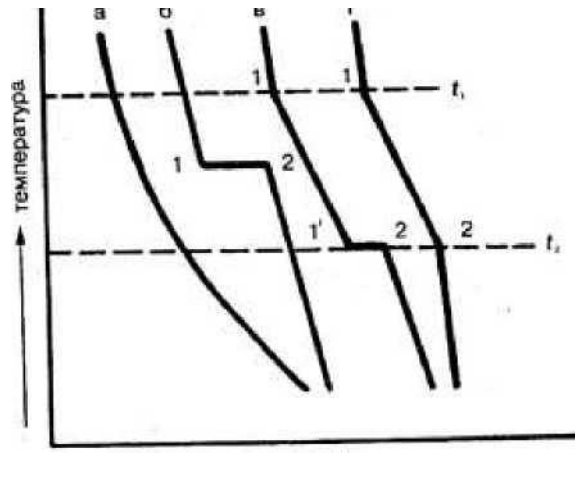


рис. 2, t Графіки охолодження при кристалізації а - аморфного тіла; б - кристалічного (чистого металу); в - сплаву з евтектикою; г - сплаву з утворенням твердого розчину

Початок і кінець інтервалу визначають точки перегину на графіку охолодження (див. рис. 2.1, точки 1, 2,), які характеризують зміну швидкості охолодження розплаву (початок і кінець перетворень) і називаються критичними точками або температурами.

Лекція: «Термічна обробка металів та сплавів»

ПЛАН

1. Що таке термічна обробка?
2. Які фактори впливають на метал під час термічної обробки?
3. Як класифікують основні види термічної обробки?
4. Характеристика основних видів термічної обробки:
 - відпал
 - нормалізація
 - гартування
 - відпуск

1. Що таке термічна обробка?

Термічна обробка - це технологічний процес теплової обробки сплавів з метою одержання їхніх нових фізико-механічних властивостей. Під час нагрівання і охолодження сплавів відбуваються відповідні зміни їхньої структури. На відміну від інших основних операцій технології обробки металів, до яких входить одержання металу певного хімічного складу (металургія) або потрібної форми (лиття, обробка різанням, прокатування, штампування тощо), термічна обробка забезпечує одержання заданої структури і властивостей металу. Застосовується як проміжна і як кінцева операція обробки металовиробів. Проміжна термічна обробка здійснюється для покращення технологічних властивостей металу при обробці його різанням, тиском тощо. Кінцева термічна обробка використовується для одержання оптимальної структури і фазового складу металу, що забезпечують потрібний комплекс властивостей. Різновидами термічної обробки є гартування, відпуск, відпал та інше.

2. Які фактори впливають на метал під час термічної обробки?

Будь-яка термічна операція зводиться до нагрівання до певної температури, витримування за цієї температури протягом деякого часу і охолодження із заданою швидкістю. Виходячи з цього, основними параметрами, що характеризують конкретний режим термічної обробки, є: температура нагрівання металу (t); тривалість витримування при певній температурі (τ); швидкість нагрівання (V_n); та охолодження ($V_{ох}$).

3. Як класифікують основні види термічної обробки?

Різні види термічної обробки можуть бути класифіковані за двома основними ознаками: за граничною температурою нагрівання і швидкістю охолодження.

Нагрівання до температур, вищих за температуру фазових перетворень (t_2) і подальше повільне
Залежно від температури нагрівання розрізняють обробку при нагріванні до температур, вищих і нижчих за температуру фазових перетворень.



Рис. 4.1. Схематичне зображення різних операцій термічної обробки

охолодження призводить до фізико-хімічної та структурної рівноваги сплаву. Такі технологічні операції називають *відпалом*. Швидке охолодження від цієї температури заважає отриманню рівноважних структур. Такий вид термічної обробки називають *гартуванням*.

Нагрівання до температур, нижчих за температуру фазових перетворень (t_1) сприяє наближенню до стану рівноваги. Проте вплив швидкості охолодження металу при цьому незначний. Такі операції називають *відпуском*.

4. Характеристика основних видів термічної обробки.

Відпал - це термічна операція, що складається з нагрівання до певної температури, витримування і наступного повільного охолодження з метою отримання рівноважнішої структури. Під час повільного охолодження деталі стають більш м'якими, пластичними, але міцність у них невелика. Розрізняють відпали I і II роду. *Відпал I роду* застосовують для здійснення процесів гомогенізації, рекристалізації та зняття залишкових напружень. *Відпал II роду* застосовують для одержання практично рівноважного стану.

Нормалізацію (нормалізаційний відпал) здійснюють при нагрівання до певної температури з наступним охолодженням на спокійному повітрі для отримання дрібного зерна та рівномірного розподілу структурних складових. Під час нормалізації відбувається повна фазова перекристалізація, а наступне охолодження на повітрі супроводжується перетворенням аустеніту на ферито-цементитну однорідну дрібнозернисту суміш.

Нормалізація є ефективним засобом усунення грубозернистої структури після лиття і кування. Нормалізацію низьковуглецевих сталей застосовують замість відпалу. Виливки середньовуглецевих сталей нормалізують замість гартування, щоб зменшити короблення і тріщиноутворення. Для виправлення структури легованих сталей використовують нормалізацію з високим відпуском замість повного відпалу. Порівняно з відпалом нормалізація - дешевша, оскільки печі використовують лише для нагрівання.

Гартування - це термічна операція, яка складається з нагрівання сталі до певної температури, витримування її при цій температурі з наступним швидким охолодженням з метою отримання нерівноважної структури та зміцнення сталі.

Загартовуваність - це здатність сталі набувати максимальної твердості внаслідок гартування. Визначається вона вмістом вуглецю в сталі. Низьковуглецеві сталі (до 0,20% вуглецю) практично не загартовуються, оскільки їхня твердість внаслідок гартування майже не підвищується.

Залежно від потрібного комплексу властивостей виробів зі сталі, форми виробів, призначення, марки сталі застосовують різні способи гартування: безперервне, переривчасте, сходишкове, неповне, ізотермічне.

Відпуск - нагрівання загартованої сталі до певної температури, витримування її за цієї температури та поступове охолодження до кімнатної температури. Це завершальна операція термічної обробки сталі. Мета відпуску - переведення нерівноважної структури загартованої сталі в рівноважніший стан і надання потрібних властивостей (підвищення в'язкості, пластичності, зменшення твердості). Відпуском знімають також внутрішні напруження, які виникають під час гартування. Загартовану сталь нагрівають до певної температури, витримують за цієї температури і поступово охолоджують (переважно на повітрі) до кімнатної температури. Залежно від температури нагрівання розрізняють низький, середній і високий відпуск.

Низький відпуск здійснюють за температур 150-250°C для зменшення внутрішніх напружень у сталі. Тривалість нагрівання деталей середніх розмірів - 1,5-3 години. Низькому відпуску піддають різальні та вимірювальні інструменти з вуглецевих і легованих сталей після гартування, а також вироби після цементації.

Середній відпуск відбувається при температурах 300-400°C. Середній відпуск забезпечує високу

в'язкість сталі, знижує твердість до 40-50 HRC та опір розриву. Застосовується для обробки деталей, що працюють за умов тертя, штампів, пружин, ресор тощо.

Високий відпуск (при 450-680°C) значно знижує твердість та опір сталі розриву, підвищує пластичність і ударну в'язкість. Високий відпуск застосовують для обробки деталей з вуглецевих і спеціальних сталей, що працюють при підвищених і динамічних навантаженнях (вали, осі, елементи кріплення).

Тема: «Хіміко - термічна обробка металів та сплавів»

ПЛАН

1. Що таке хіміко-термічна обробка?
2. Як класифікують основні види хіміко-термічної обробки?
3. Чим характеризується процес цементації?
4. Що таке азотування?
5. Що таке ціанування і нітроцементация?
6. Різновиди і особливості процесу дифузійної металізації?

1. Що таке хіміко-термічна обробка?

Хіміко-термічна обробка (ХТО) - технологічний процес, який об'єднує операції термічного і хімічного впливу з метою цілеспрямованої зміни складу, структури і властивостей поверхневого шару сталі. Зміна хімічного складу поверхневого шару сталевих виробів досягається у спосіб його дифузійного насичення відповідним елементом (C, N, Al, Cr, Si, B тощо) в атомарному стані з оточуючого середовища при високій температурі. Основні параметри ХТО - температура і тривалість насичення; основні процеси - дисоціація, адсорбція, дифузія.

Під час ХТО відбуваються такі явища: розпад молекул середовища, що насичується, і *виділення атомів ДифунДуючого елемента (Дисоціація)*, *поглинання атомів поверхнею виробу (адсорбція)*, *проникнення атомів у сталь на певну глибину (Дифузія)*. При цьому необхідно, щоб насичуючий елемент утворював з основним металом або тверді розчини, або хімічні сполуки.

2. Як класифікують основні види хіміко-термічної обробки?

Види хіміко-термічної обробки класифікують відповідно до певного насичуючого елемента. Серед основних видів ХТО відзначимо дифузійне насичення вуглецем - цементация, азотом - азотування, азотом і вуглецем одночасно - ціанування і нітроцементация, дифузійну металізацію алюмінієм - алітування, хромом - хромування, бором - борування. Залежно від стану насичуючого середовища (твердий, рідкий, газоподібний) розрізняють процеси газової цементації або газового азотування, нітроцементації, цементації у твердому карбюризаторі, рідкого ціанування, борування.

3. Чим характеризується процес цементації?

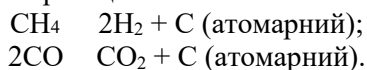
Цементация - це поверхневе насичення маловуглецевої (0,1-0,25 % C) сталі вуглецем з метою одержання високої твердості поверхні й в'язкої серцевини виробів. Насичуючі суміші, багаті на вуглець, можуть бути у твердому, рідкому і газоподібному стані.

Для цементації у твердому стані використовують суміші деревного вугілля у вигляді зерен 3-7 мм (75-90 %) із вуглекислими солями (10-25 %) барію або натрію. Процес цементації деталі відбувається в засипці карбюризатора в закритому (герметизованому) об'ємі при нагріванні вище 900°C протягом кількох годин.

Цей вид цементації застосовують не часто.

Для цементації в рідкому стані використовують розплави солей (наприклад: NaCN, Na₂CO₃, KCl, BaCl₂, SiC), у які при температурі 930-950°C занурюють деталь, що підлягає обробці. Насичення сталі вуглецем у розпавленій суміші солей відбувається за рахунок виділення атомарного вуглецю.

Найпоширеніший спосіб газової цементації - з використанням метану CH₄, пропану C₃H₈, окису вуглецю CO тощо - зводиться він переважно до двох реакцій:



Основними карбюризаторами газової цементації є природний газ, світильний і генераторний гази, отримані під час крекінгу нафти тощо. Процес здійснюють за температури 900-950°C, у 2-3 рази скорочується час на вуглецювання, збільшуються можливості контролю і регулювання процесу.

Тривалість насичення в основному визначає товщину дифузійного шару. За використання твердого карбюризатора кожна година насичення збільшує глибину цементації на 0,1 мм. При цементації в соляному розчині або газовому середовищі бажана глибина цементації досягається ще швидше, завдяки підвищеній температурі процесу.

Після цементації вироби піддають гартуванню і низькому відпуску для надання їм високої поверхневої твердості та стійкості проти спрацювання, а також для підвищення ударної в'язкості серцевини.

4. Що таке азотування?

Азотуванню піддають механічно і термічно оброблені деталі машин та інструмент, виготовлені з вуглецевих або легованих сталей. Цей процес протікає при 500°C - 570°C протягом кількох десятків годин у закритих муфельних печах у середовищі аміаку, який дисоціює з виділенням азоту. Останній у поверхневому шарі сталі взаємодіє з легуючими елементами, утворюючи нітриди хрому, вольфраму, молібдену та ін., що підвищує твердість до HV 600-1000. Режим азотування залежно від марки сталі і заданої товщини шару вибирають за довідником. Після азотування виконують механічну обробку (шліфування, доводку), внаслідок чого деталі набувають кінцевих розмірів.

5. Що таке ціанування і нітроцементация?

Ціануванням і нітроцементациєю називають одночасне насичення поверхневих шарів виробів вуглецем і азотом. Такі дифузійні шари мають високу твердість і опір спрацюванню, підвищену втомну міцність і корозійну стійкість. Спільна дифузія вуглецю і азоту відбувається швидше, ніж кожного з цих елементів окремо. Тривалість процесу 0,5-2 години.

Ціанування може здійснюватися в рідкому або твердому середовищі. Розрізняють низькотемпературне (540-560°C) ціанування і високотемпературне (800-960°C). За підвищених температур поверхня насичується вуглецем більше, ніж азотом, тобто процес наближається до цементации. Низькотемпературному ціануванню піддають деталі, що вже термічно оброблювалися. Після високотемпературного насичення вироби піддають гартуванню з низьким відпуском. Поверхневий шар після такого ціанування містить 0,8-1,2 % C і 0,2-0,3 % N.

Низькотемпературне (тверде) ціанування застосовують для середньовуглецевих сталей і для інструменту з швидкорізальної сталі. За продуктивністю тверде ціанування значно поступається рідкому або газовому і не набуло широкого поширення.

Високотемпературне (рідке) ціанування здійснюють для підвищення властивостей виробів з середньо- і низьковуглецевих, а також легованих сталей.

Негативним явищем ціанування є отруйність ціанових солей і висока вартість процесу. Тому найбільшого поширення набули процеси насичення вуглецем і азотом у газовому середовищі - нітроцементация. Розрізняють високотемпературну (800-950 °C) і низькотемпературну (560-580 °C) нітроцементацию. Глибина нітроцементации залежить від температури і тривалості процесу.

6. Різновиди і особливості процесу Дифузійної металізації?

Дифузійна металізація - це процес хіміко-термічної обробки, під час якої відбувається насичення поверхні сталевих виробів різними металами. Процес насичення алюмінієм називають алітуванням, хромом - хромуванням, бором - боруванням, кремнієм - силіціюванням тощо.

Оскільки метали на відміну від вуглецю і азоту утворюють із залізом розчини заміщення, дифузія йде значно повільніше - дифузійні шари утворюються у десятки і сотні разів тоншими за однакових температурно-часових умов процесу.

Мала швидкість дифузії не сприяє широкому поширенню дифузійної металізації у зв'язку з тривалістю процесу і необхідністю використання високих температур (1000-1200°C). Проте дифузійна металізація дає змогу одержати вироби зі звичайних вуглецевих сталей з високою жаростійкістю (хромування, алітування, силіціювання) до температур 1000-1100°C або високою твердістю до 2000 HV (борування) і стійкістю проти спрацювання.

Алюмініюванням (алітуванням) підвищують жаростійкість і опір корозії в морській воді. Насичення алюмінієм відбувається при температурі 700-1100°C у порошковому середовищі, що містить Al, або у розплаві Al.

Хромування здійснюють при 900-1400°C у порошковому, рідкому або газовому середовищі, що містить хром. Застосовують для підвищення жаростійкості (до 800°C), опору спрацюванню й підвищення корозійної стійкості.

Борування використовують для підвищення стійкості проти спрацювання виробів, що працюють при підвищених температурах і в агресивних середовищах. Насичення поверхні бором і утворення боридів відбувається при нагріванні виробів до 900-1000°C у середовищах, що містять бор (2-5 годин), або при електролізному боруванні в розплаві.

Лекція
«Характеристика та хімічний склад чавунів. Класифікація чавунів. Маркування чавунів.»

ПЛАН

1. Характеристика та хімічний склад чавунів.
2. Класифікація чавунів в залежності від того, в якому стані у них перебуває вуглець.
3. Класифікація чавунів в залежності від форми графіту.
4. Система маркування чавунів.

1. Характеристика та хімічний склад чавунів.

Завдяки поєднанню хороших ливарних і механічних властивостей, а також відносної дешевизні чавуни набули широкого застосування у виробництві зливок складної форми.

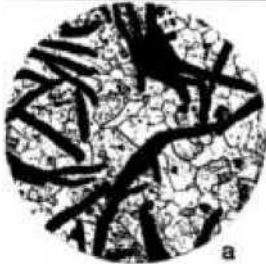
Чавун виробляють у доменних печах розплавленням шихти, яка складається із залізної руди, палива та флюсів.

Чавун - залізовуглецевий сплав, який складається із заліза (до 92%) і вуглецю (2,14... 5 %), домішок силіцію до 4,3%, марганцу до 2%, сірки до 0,07% і фосфору до 1,2 %.

2. Класифікація чавунів в залежності від того, в якому стані у них перебуває вуглець.

Залежно від хімічного складу, умов кристалізації та швидкості охолодження вуглець у чавуні може бути в хімічно зв'язаному (цементит Fe_3C) або у вільному стані (графіт). За умов швидкого охолодження вуглець виділяється переважно у вигляді цементиту, а за повільного охолодження - у вигляді графіту. Графіт зумовлює сіре забарвлення на зламі - такий чавун називають сірим. Чавун, у якому вуглець знаходиться у вигляді цементиту (злам має специфічний білий колір), називають білим.

Білий чавун має високу твердість, крихкий, практично не обробляється різальними інструментами.



Через високу твердість ($\text{HB} > 450$) і крихкість білі чавуни у машинобудуванні майже не використовуються. Білі чавуни переплавляють в сталь, а також за допомогою спеціальної термічної обробки переробляють на ковкий чавун.

Сірий чавун - чавун, у якому структурно вільний вуглець знаходиться у вигляді графіту. Графітизацію при кристалізації забезпечують повільне охолодження та хімічний склад чавуну. Присутність вуглецю і кремнію посилює графітизацію. Марганець і сірка сприяють відбілюванню.



Використовують так званий **відбілений чавун** - сірий з тонким шаром білого на поверхні (10-30 мм). Відбілювання є наслідком швидкого охолодження поверхні під час кристалізації чавуну у металевій формі (кокіль). Відбілений чавун має високі поверхневу твердість і стійкість проти спрацювання. Використовується для виготовлення прокатних валків, коліс, виробів для залізничного транспорту тощо.



3. Класифікація чавунів в залежності від форми графіту.

Графіт у чавунах має три основні морфологічні форми: пластинчастий у вигляді прожилок, пластин, пелюсток; кулястий і пластівчастий з компактною, рівновісною, але не сферичною формою (см. рис. 3.10).

Залежно від форми графіту чавун з пластинчастим графітом називають звичайним **сірим чавуном**, з кулястим - високоміцним, з пластівчастим - ковким чавуном.

Високоміцний чавун за механічними властивостями переважає сірий і ковкий, застосовується для виготовлення відповідальних деталей (колінчастих валів, зубчастих коліс).

Ковкий чавун отримують з білого чавуну тривалим спеціальним відпалом - «томлінням». Виливки з нього використовують для роботи при ударних

навантаженнях, а також для виготовлення тонкостінних деталей.

4. Система маркування чавунів

Маркування чавунів здійснюють поєднанням відповідних літер і цифрових позначень. Літери означають: Ч - чавун; С - сірий; К - ковкий; В - високоміцний. Цифрами позначають механічні властивості.

У марках сірого чавуну дві цифри після літер вказують на поріг міцності при розтягуванні.

Наприклад:

СЧ 18 - сірий чавун з порогом міцності при розтягуванні 180 МПа.

Високоміцні та ковкі чавуни маркують літерами відповідно ВЧ і КЧ. Перші дві цифри означають поріг міцності при розтягуванні, а другі дві - відносне видовження в ковкому чавуні.

Наприклад:

ВЧ 60-2 - високоміцний чавун, $\sigma_b = 600$ МПа, $\delta = 2$ %

КЧ 35-10 - ковкий чавун, $\sigma_b = 350$ МПа, $\delta = 10$ %.

Тема: « Характеристика та класифікація сталі. Конструкційні вуглецеві сталі»

ПЛАН

1. Характеристика та класифікація сталі.
 - 1.1. Характеристика сталі.
 - 1.2. Класифікація сталі за хімічним складом.
 - 1.3. Класифікація сталі за ступенем розкислення.
 - 1.4. Класифікація сталі за якістю.
 - 1.5. Класифікація сталі за призначенням.
2. Конструкційні вуглецеві сталі
 - 2.1. Конструкційні вуглецеві сталі звичайної якості
 - 2.2. Конструкційні вуглецеві сталі якісні

1. Характеристика та класифікація сталі.

1.1. Характеристика сталі.

Сталь - сплав заліза з вуглецем, із вмістом вуглецю до 2,14%. До складу вуглецевих сталей у невеликих кількостях входять також марганець (до 0,8 %), кремній (до 0,4 %). Леговані сталі для поліпшення властивостей вміщують додатково введені елементи (Ni, Cr, Ti, V та ін.). Вихідними матеріалами для виготовлення сталі є переробний чавун і сталевий брухт (скрап). Для одержання сталі з чавуну потрібно видалити частину вуглецю і шкідливих домішок, перевести їх у шлак або газу.

1.2. Класифікація сталі за хімічним складом.

За *хімічним складом* (за наявністю в сталі тих чи інших легуючих елементів) розрізняють вуглецеві та леговані сталі.

Сталь, що не містить легуючих елементів (крім вуглецю) називають *вуглецевою*. Вуглецева сталь з вмістом вуглецю до 0,25 % називається низьковуглецевою, 0,25-0,6 % - середньо-вуглецевою, 0,6-2 % - високовуглецевою.

Серед *легованих* сталей залежно від вмісту основного легуючого елемента розрізняють хромисті, нікелеві, хромонікелеві, марганцеві, хромокремнієвомарганцеві тощо.

1.3. Класифікація сталі за ступенем розкислення.

Залежно від умов і ступеня розкислення розрізняють киплячу, спокійну і напівспокійну сталі.

При виплавленні сталі у різних агрегатах (мартенівських печах, конверторах та електропечах) рідка сталь насичується різноманітними газами. При кристалізації сталі у виливниці зі зниженням температури знижується її розчинність газів. Це призводить до їх виділення з рідкої сталі у вигляді бульбашок, які створюють ефект кипіння рідини. Така сталь має назву *киплячої*. До складу газів, що виділяються, входять водень, окис та двоокис вуглецю, азот і метан.

При зростанні стовпчастих кристалів виділення газових бульбашок утруднюється, вони запишаються в затверділому зливку у вигляді підкоркових пухирів витягнутої форми у напрямі росту стовпчастих кристалів. Окрім підкоркових, утворюються й внутрішні пухирі округлої форми (рис. 5.1 ,а).

Киплячі сталі містять невелику кількість вуглецю (0,2-0,3 %) і застосовуються здебільшого для виготовлення деталей за методами холодної деформації. Через нерівномірність розподілення домішок якості киплячої сталі невисока.

Для підвищення якості зливка сталі її перед розливанням розкислюють, тобто в рідку сталь вводять кремній та алюміній (окрім марганцю, яким розкислюється й кипляча сталь). Кремній та алюміній мають більше споріднення з киснем ніж вуглець та залізо, тому, з'єднуючись з ним, відновлюють залізо з закису заліза з утворенням окислів кремнію та алюмінію, які піднімаються на поверхню.

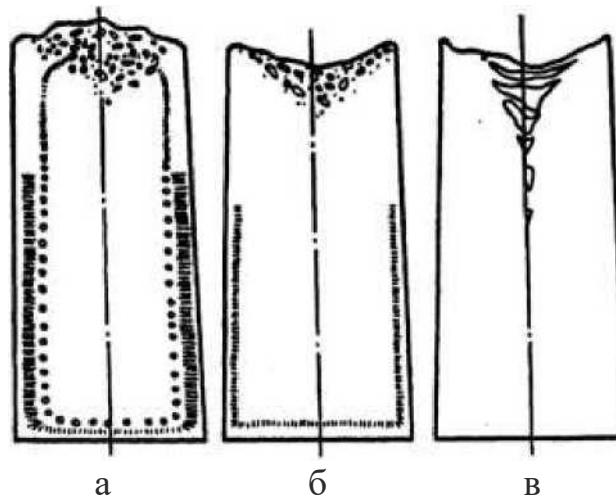


Рис. 5.1. Подзвпжмі пврврйи до «ДО сиппечгн (я), иагівспйгйкй (б) І сіюоймсїї (в) сталі

Кристалізація зливка сталі відбувається без виділення газових бульбашок. Тому така сталь дістала назву *спокійної*. Макроструктура зливка спокійної сталі характеризується рівномірним розподіленням домішок, щільністю та зосередженою усадковою раковиною (рис. 5.1,в).

При частковому розкисленні сталі перед розливанням виходять зливки, які мають середню макроструктуру між киплячою та спокійною сталлю. Ці зливки містять невелику зосереджену усадкову раковину і підіркові газові порожнини. Такі сталі називаються *напівспокійними* (рис. 5.1,б).

Усі типи сталей мають свої переваги та недоліки. Наприклад, спокійна сталь якісніша, ніж кипляча та напівспокійна, але у неї низький вихід придатного металу, бо перед прокаткою обрізають частину зливка разом з усадковою раковиною, що становить 20-25 % від ваги зливка. Крім того, спокійна сталь менш пластична, оскільки частина розкислювачів (Al, Mn, Si) розчиняються в сталі й зміцнюють її. Застосування розкислювачів, низький процент виходу придатного металу збільшують вартість спокійної сталі.

Злинок киплячої сталі практично не обрізають перед прокаткою і вихід придатного металу становить 95 %. При прокатці зливка киплячої сталі підіркові пухирі заварюються завдяки високій температурі й тиску. Застосовується так зване ковальське (горнове) зварювання. Кипляча сталь дешевша за спокійну через високий вихід придатної сталі й менші витрати на розкислювачі, але має низьку якість. Тому спокійні сталі застосовують для виготовлення відповідальних деталей (тобто виробів з підвищеними вимогами щодо їх механічних властивостей) - шестерень, валів тощо. Кипляча сталь, маючи вищу пластичність, застосовується для сортаменту більш масового - листової сталі. Напівспокійна сталь займає проміжне становище і за вартістю, і за якістю між киплячою та спокійною сталями. Кипляча, спокійна та напівспокійна сталі маркуються відповідно кп, сп та не.

1.4. Класифікація сталі за якістю.

За якістю сталі поділяють на сталі звичайної якості, якісні, високоякісні та сталі особливо високої якості. Основними показниками класифікації сталей за якістю є норми вмісту шкідливих домішок - сірки і фосфору. Сталі звичайної якості (Ст5) містять не більше 0,06 % S і 0,08%P; сталі якісні (Сталь 45) - не більше 0,04 % S і 0,035 % P; високоякісні (У7А) - не більше 0,025 % S і 0,025%P; особливо високоякісні (20Х13 - Ш) - не більше 0,15 % S і 0,025 %P;

1.5. Класифікація сталі за призначенням.

За призначенням сталі можуть об'єднуватися у кілька груп.

Конструкційні - використовують для виготовлення деталей машин і зазвичай піддають термічній обробці. Конструкційні сталі поділяють на сталі для цементації; сталі поліпшувані (гартування і високий відпуск); сталі будівельні (низь-колеговані) - призначені для термічної обробки у споживача.

Інструментальні - сталі, що використовують для виготовлення різального, штампувального і вимірювального інструменту. Інструментальні сталі умовно поділяють на вуглецеві, леговані, штампові, швидкорізальні. Сталі з особливими властивостями мають певні різко визначені властивості: жароміцні, теплостійкі, неіржавіючі, стійкі до спрацювання, з особливими магнітними або електричними властивостями тощо.

2. Конструкційні вуглецеві сталі

2.1. Конструкційні вуглецеві сталі звичайної якості

Залежно від способу виготовлення виробу та висунутих до нього вимог вуглецеві конструкційні сталі поділяються на сталі звичайної якості та якісні. У сталях звичайної якості кількість шкідливих домішок збільшена (сірки - до 0,06 %, фосфору - до 0,08 %). В якісних сталях вміст сірки не повинен перевищувати 0,04 %; фосфору

- 0,035-0,040 %.

Сталі вуглецеві конструкційні звичайної якості

До сталей звичайної якості входять сталі марок Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Стб. Букви Ст означають сталь, а цифри від 0 до 6 - умовний номер марки сталі залежно від хімічного складу і механічних властивостей. З підвищенням номеру марки сталі зростає поріг міцності (σ_0) і текучості ($\sigma_{0,2}$) та знижується пластичність (δ , у/Н). Найпоширеніша сталь СтЗсп має σ_b - 380-490 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 210-250 МПа, δ = 25-22 %, а Ст5сп - σ_b - 500-640 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 240-280 МПа, δ = 20-17 %.

Для позначення ступеня розкислення сталі після номера ставлять індекси: кп - кипляча; сп - спокійна; нс - напівспокійна, наприклад: СтЗкп, СтЗнс, В СтЗсп тощо.

Із сталей звичайної якості виготовляють гарячекатаний прокат: балки, швелери, кутики, прутки, а також листи, труби, поковки. Сталі в стані поставки широко використовують у будівництві для зварних, клепаних і болтових конструкцій, рідше - для виготовлення малонавантажених деталей машин (вали, вісі, зубчасті колеса тощо).

Зварні конструкції виготовляють здебільшого зі спокійних і напівспокійних сталей.

Сталі звичайної якості мають зазвичай спеціалізоване призначення, використовуються у мосто- і кораблебудуванні, сільськогосподарському машинобудуванні тощо, нерідко вони надходять до споживача з урахуванням особливих технічних умов.

2.2. Конструкційні вуглецеві сталі якісні

Сталі вуглецеві конструкційні якісні маркують цифрами 08, 10, 15, 20,...,85. Цифри вказують середній вміст вуглецю в сотих долях процента.

Низьковуглецеві сталі 08, 08кп характеризуються низькою міцністю і високою пластичністю. Ці сталі без термічної обробки використовують для малонавантажуваних деталей (прокладки, шайби, капоти тракторів тощо), елементів зварних конструкцій, штампованих виробів тощо.

Сталі 15, 20, 20кп, 25 використовують без термічної обробки або у нормалізованому вигляді. Вони надходять у вигляді прокату, поковок, труб, листів, стрічки та дроту і призначаються для менш відповідальних деталей. Така сталь добре зварюється і використовують для цементованих деталей, що працюють на зношування і не зазнають великих навантажень. З такої сталі виготовляють, наприклад, кулачкові валики, втулки, малонавантажені шестерні, шпинделі, вилки і валики переключення передач та багато інших деталей автотракторного, сільськогосподарського і загального машинобудування.

Середньовуглецеві сталі 30, 35, 40, 45, 50 використовують після нормалізації, поліпшення і поверхневого гартування для самих різноманітних деталей в усіх галузях машинобудування (колінчасті й розподільні вали, шатуни, шестерні, шпинделі, фрикційні диски, штоки, плунжери тощо). Ці сталі в нормалізованому стані, порівняно з низьковуглецевими, мають вищу міцність за нижчої пластичності. Сталі у відпаленому стані досить добре обробляються різанням.

Сталі марок 60, 65, 70, 75, 80 і 85 характеризуються вищою міцністю, стійкістю проти спрацювання і пружними властивостями. Використовуються вони після гартування і відпуску, нормалізації і відпуску та поверхневого гартування для деталей, що працюють в умовах тертя та піддаються високим статичним і вібраційним навантаженням. З таких сталей виготовляють пружини і ресори, шпинделі, замкові шайби, прокатні валки тощо.

Лекція: «Інструментальні вуглецеві сталі».

ПЛАН

1. Властивості інструментальних сталей.
2. Вміст вуглецю в інструментальних вуглецевих сталях.
3. Класифікація інструментальних вуглецевих сталей за якістю.
4. Маркування інструментальних вуглецевих сталей.
5. Область застосування різних груп сталей.
6. Постачання споживачам інструментальних вуглецевих сталей.

Інструментальними сталями називають сталі, що містять понад 0,6-0,7 % С. Такі сталі характеризуються високою твердістю (60-65 HRC), міцністю та стійкістю проти спрацювання і використовуються для виготовлення різного інструменту. Як правило, це заєвтектоїдні або ледебуритні сталі, структура яких після гартування і низького відпуску - мартенсит і надлишкові карбіди.

Інструментальні вуглецеві сталі належать до високовуглецевих сталей. Вміст вуглецю у них змінюється від 0,65 до 1,35%. За якістю вони поділяються на якісні і високоякісні. Високоякісні сталі порівняно з якісними містять менше шкідливих домішок.

Вуглецеві інструментальні сталі маркують буквою У; наступна за нею цифра (У7, У8, У10) означає середній вміст вуглецю в десятих долях процента. Буква А (У10А) в кінці марки вказує, що сталь високоякісна.

За своєю структурою сталі У7 і У7А є доевтектоїдними. При достатній твердості вони мають найбільшу в'язкість і тому з них виготовляють ударний інструмент: бородки, долота, зубила, клейма, кувалди та ін.

Сталі У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А близькі за своєю структурою і належать до евтектоїдних. Із них виготовляють слюсарно-монтажний, пневматичний, столярний інструмент: кусачки, ножиці для різання металу, комбіновані плоскогубці, стамески, клібри простої форми і поніжених квалітетів точності.

Сталі марок від У10 до У13А за своєю структурою належать до заєвтектоїдних і мають найбільшу твердість. Із них виготовляють різальний, штамповий, гравірувальний, столярний інструмент: ножовочні полотна, і пили, мітчики ручні і плашки, спіральні свердла, розвертки, рашпілі, надфілі та ін.

Інструментальні вуглецеві сталі недефіцитні і недорогі. Їх поставляють споживачам у відпаленому стані за хімічним складом у вигляді різноманітних поковок, прутків квадратного і шестигранного перерізу, кованої і гарячекатаної штаби, калібрівки і сріблянки. Попередня термічна обробка забезпечує невисоку твердість, тому при виготовленні інструменту вони добре обробляються різанням. Кінцева термообробка (гартування і відпускання) забезпечує достатню твердість його робочих частин. Однак невисока теплостійкість (180°C - 200°C) обмежує область застосування інструменту з вуглецевих сталей обробкою порівняно м'яких матеріалів при невисоких швидкостях різання і деформування.

Лекція: «Леговані сталі. Принцип маркування легованих сталей».

ПЛАН

1. Особливості легованих сталей.
2. Класифікація легованих сталей за вмістом легуючих елементів.
3. Принцип маркування легованих сталей.

Леговані сталі мають особливі властивості. Так, якщо до сталі додати легуючі домішки, такі як хром, нікель, вольфрам, титан та інші, то її називають легованою і вона набуває цінних якостей - підвищується її міцність, твердість, в'язкість тощо. До легованих сталей зі спеціальними властивостями належать магнітна, корозійностійка, кислотостійка, жароміцна, окалиностійка, стійка до спрацювання, з особливим тепловим розширенням і електроопором тощо.

Леговані сталі бувають низько - (до 3% легуючих елементів), середньо - (від 3 до 10% легуючих елементів) і високолеговані (понад 10% легуючих елементів).

Хімічний склад легованих сталей є основою для їх маркування літерно - цифровою системою. Літерами позначають легуючі елементи.

Згідно ГОСТу прийнято такі позначення:

Х - хром	М - молібден	А - азот
Н - нікель	Ф - ванадій	Ю
Г - марганець	- алюміній	Д -
С - силіцій	мідь	
Т - титан	К - кобальт	
В - вольфрам		
	Р - бор	

Цифри, що стоять на початку марки, означають середній вміст вуглецю. В сотих частках процента, якщо попереду стоять дві цифри, в десятих частках проценту, якщо попереду стоїть одна цифра. Якщо попереду марки немає цифри, то кількість вуглецю у ній 1 % і більше. Цифри, що стоять після літер - середній вміст відповідних легуючих елементів у процентах. Якщо цифра за буквою відсутня, вміст цього елементу менш 1%.

Залежно від концентрації шкідливих домішок розрізняють якісні леговані сталі, високоякісні - А, особлиовисокоякісні - Ш.

Наприклад:

12ХН3А - середньолегована конструкційна сталь, високоякісна, містить 0,12% С, Сг менш 1%, Ні приблизно 3%.

30ХГС-Ш -низколегована конструкційна сталь, особливовисокоякісна, містить 0,30% С, хрому менш 1%, марганцю менш 1%, силіцію менш 1%.

ХГС - низколегована інструментальна сталь, якісна, містить більш 1 % С, хрому менш 1%, марганцю менш 1%, силіцію менш 1%.

Високолеговані сталі позначають літерами, які ставлять спочатку марки.

Наприклад:

Ш - шарикопідшипникова, вміст вуглецю приблизно 1 %, хром вказано у десятих частках проценту.

ШХ15 - шарикопідшипникова інструментальна сталь з вмістом вуглецю приблизно 1 %, хрому 1,5 %.

Деталі підшипників (кульки, ролики і кільця) витримують значні локальні навантаження. Тому сталь для шарикопідшипників повинна бути дуже твердою й міцною, чинити опір контактній втомі.

Як шарикопідшипникові використовують високовуглецеві хромисті сталі, що містять близько 1 % вуглецю і від 0,6 до 1,5 % Сг : ШХ6 (-0,6 % Сг), ШХ9 (-0,9 % Сг), ШХ15 (-1,5 % Сг), а для чималих перерізів - хромомарганцевокремністу сталь, що прогартовується на значну глибину ШХ15СГ (-1,5 % Сг, 1,0 % Мп, 0,5 % Si).

Р - швидкорізальна; перша цифра, що стоїть після літери Р, вказує на середній процентний вміст вольфраму (літера В пропускається), наступні цифри - на вміст основних легуючих елементів.

Р6М5 - швидкорізальна інструментальна сталь, містить приблизно 1 % вуглецю, 6% вольфраму, 5 % молибдену.

Швидкорізальні сталі Р18, Р12, Р9, Р6М5, Р6М3, Р18Ф2, Р18Ф2К5 відрізняються тим, що їхня твердість зберігається до температури 500-600°C. Швидкорізальні сталі мають порівняно незначний вміст вуглецю (0,7-0,95 %) і досить високий вміст легуючих елементів (до 25 %). Основними легуючими елементами є вольфрам (6-18 %), хром (близько 4%), ванадій (1-5 %). Для підвищення теплостійкості в сталь додатково вводять кобальт (5-10 %).

Лекція: «Мідь та її сплави»

ПЛАН

1. Властивості та марки чистої міді.
2. Латуні.
3. Бронзи.

1. Властивості та марки чистої міді.

Густина чистої міді становить 8,9 г/см³; температура плавлення - 1083°C; електропровідність - (0,65 мком·м)⁻¹. Механічні властивості міді відносно низькі. Так, у литому стані $\sigma_B = 150-200$ МПа, $\delta = 15-25$ %. Тому як конструкційний матеріал мідь знаходить обмежене застосування. Маркують мідь залежно від наявності в ній домішок: М00 (99,97 % Си); М0 (99,95 % Си), М2, М3 і М4 (99 % Си). Мідь широко застосовують в електротехніці та в інших галузях народного господарства. На її основі виготовляють найважливіші технічні сплави: латунь (сплав міді з цинком), бронзу (сплав міді з іншими, крім цинку, елементами).

2. Латуні.

Латуні - це подвійні або багатокомпонентні сплави, у яких основним легуючим елементом є цинк. Латунь може мати у своєму складі до 45 % Zn. Підвищення кількості цинку в латуні підвищує міцність (σ_B до 450 МПа). Максимальна пластичність латуні спостерігається при вмісті цинку близько 37 %.

На рисунку показано залежність σ_B і δ від кількості цинку в латуні.

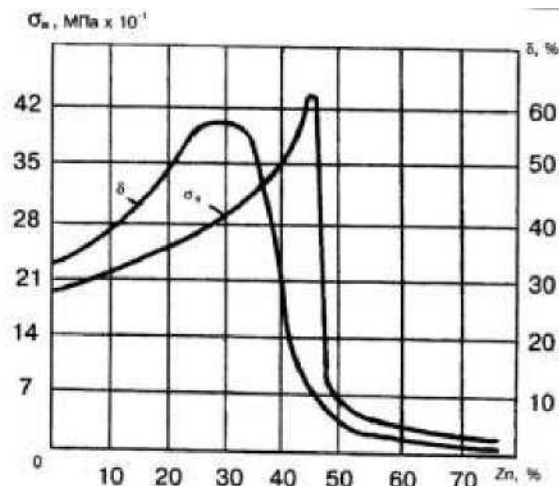


Рис. 5.17. Зміна механічних властивостей мідноцинкових сплавів залежно від вмісту цинку

Маркують латуні буквою Л, за якою стоїть цифра* що середній вміст міді у процентах (наприклад, у сплаві Л62 міститься 62 % Си і 38 % Zn). Якщо окрім міді та цинку в сплаві є ще інші елементи, то для їхнього позначення після букви Л ставляться початкові букви назв цих елементів (О - олово, С - свинець, Ж - залізо, Ф - фосфор, Ц - цинк, Мц - марганець). Процент кожного з цих елементів, що знаходиться у сплаві, позначають відповідні цифри, що стоять після кількісного показника міді в латуні. Наприклад, сплав ЛАЖ60-1-1 містить (%): Си - 60; АІ - 1; Fe - 1; Zn - 38.

З латуней марок Л62, Л68 виготовляють стрічки, гільзи патронів, радіаторні трубки, дрiт. Латунь марки Л80 (томпак) має колір золота. Застосовують її при виготовленні різних відповідальних деталей, а також ювелірних виробів, декоративних прикрас. З латуні марки Л59 виготовляють прутки, а з них за допомогою обробки різанням - різні деталі.

Крім звичайних (простих) латуней у промисловості застосовують спеціальні складні латуні, до яких додатково вводять різні елементи: свинець для поліпшення оброблюваності сплаву (латунь марки ЛС59 містить близько 40 % Zn і 1-2 % РЬ, так звана автоматна латунь); олово для підвищення стійкості проти корозії у морській воді (морська латунь); алюміній і нікель для підвищення механічних властивостей (ЛАН59-3-2).

3. Бронзи

Бронзами називають сплави міді з іншими хімічними елементами, серед яких цинк є неосновним легуючим елементом.

Сплав міді з алюмінієм (БрАЖ9-4, БрАЖНІ0-4-4) називають алюмінієвою бронзою, а сплави міді з кремнієм, оловом та іншими елементами (БрКМц3-І, БрОЦС-5-5-5, БрС30 тощо) - відповідно кремнистою, олов'янистою, берилієвою та іншими бронзами.

Алюмінієву бронзу піддають гартуванню у воді за мінімальної температури 900°C і відпуску при нагріванні до різних температур. З алюмінієвої бронзи виготовляють втулки, напрямні сідла, фланці, шестірні та інші дрібні відповідальні деталі. Кремниста бронза є заміником олов'янистої. Наприклад, бронза БрКМц3-1 (3 % Si і 1 % Мп) є заміником олов'янистої бронзи БрОЦС6-6-3 (6 % Sn; 6 % Zn і 3 % РЬ). Кремниста бронза краща за олов'янисту за протикорозійною стійкістю, механічними властивостями і щільністю виливок та зливків, але поступається їй величиною усадки.

Берилієва бронза БрБ2 (з 2 % Ве) має високу хімічну стійкість, добре зварюється, легко ріжеться. З цієї бронзи виготовляють пружини, мембрани, пружні контакти, безіскрові інструменти для ведення вибухонебезпечних гірничих робіт тощо. Берилієву бронзу гартують у воді після нагрівання до 800°C і піддають штучному старінню при 325° С. Механічні властивості берилієвої бронзи після старіння: (σ_в = 1100-1200 МПа; твердість 370 НВ; δ = 1 %).

Свинцевиста бронза БрС30 є високоякісним антифрикційним матеріалом, який широко застосовують у машинобудуванні.

Тема: «Алюміній та його сплави»

ПЛАН

1. Властивості та застосування алюмінію.
2. Маркування чистого алюмінію.
3. Алюмінієві сплави.
 - 3.1. Сплави, що деформуються без зміцнення термообробкою.
 - 3.2. Дюралюміній та інші сплави, що деформуються, зміцнюювані термообробкою.
 - 3.3. Ливарні сплави.

1. Властивості та застосування алюмінію.

Алюміній - легкий і пластичний метал сріблясто - білого кольору з високою тепло - і електропровідністю, який на повітрі швидко покривається тонкою оксидною плівкою Al_2O_3 , що надійно захищає його від корозії в атмосферних умовах, воді, органічних кислотах. Він добре оброблюється тиском, газовим і контактним зварюванням, але погано обробляється різанням. Ливарні і механічні характеристики алюмінію невисокі.

Густина чистого алюмінію - $2,7 \text{ г/см}^3$, температура плавлення - 657°C . Прокатаний і відпалений алюміній високої чистоти має $\sigma_{\text{в}} = 60 \text{ МПа}$, $\delta = 50 \%$, $\gamma = 85 \%$, твердість 25 НВ.

Чистий алюміній широко застосовується в електротехнічній промисловості для виготовлення провідників, шин, кабелів. У харчовій промисловості з алюмінію виготовляють різні ємкості та фольгу для упаковки продуктів. В металургії алюміній використовують для одержання чистих рідкісних металів, а також для розкислення сталі.

2. Маркування чистого алюмінію.

Первинний алюміній випускають таких марок: особливої чистоти - А999, високої чистоти - А995, А99, А97, А95, технічної чистоти - А85, А8, А7, А6, А5, А0. Цифри в позначеннях марок означають масову частку вмісту алюмінію, а основу (99%) не вказують. Наприклад. Алюміній А97 містить 99, 97% Al, решта - домішки, їх загальний вміст не перевищує 0,03%.

3. Алюмінієві сплави.

Сплави на основі алюмінію поділяють на *сплави, що Деформуються, та ливарні*. Сплави, що деформуються, у свою чергу, - на незміцнювані та зміцнювані термообробкою.

3.1. Сплави, що Деформуються без зміцнення термообробкою.

Сплави, що Деформуються без зміцнення термообробкою мають невисоку міцність, але високу пластичність і протикорозійну стійкість АМц(1-1,6 % Мп), АМгЗ(3,2-3,8 % Мд), АМг5(4,8-5,8 % Мд). З цих сплавів виготовляють деталі методом штампування.

3.2. Дюралюміній та інші сплави, що Деформуються, зміцнювані термообробкою.

Дюралюміній - найпоширеніший у техніці сплав алюмінію з міддю, магнієм, марганцем, кремнієм і залізом. Слово дюралюміній у перекладі з французької означає твердий (франц. *durte* - твердість). Він містить близько 4 % Си, 1 % Мд, 1 % Мп, незначну кількість Fe і St. Найпоширеніші у техніці марки дюралюмінію - Д1, Д16.

Щоб підвищити механічні властивості дюралюмінію, його піддають гартуванню (температура гартування дорівнює $485-505^\circ\text{C}$) і природному старінню.

Алюмінієві сплави з додаванням цинку (крім міді та магнію) мають вищу міцність і називаються *високоміцними* (сплави В95, В96 мають $\sigma_{\text{в}}$ до 650 МПа).

Сплави алюмінію Для поковок і штампування. При виготовленні деталей з алюмінієвих сплавів методом кування і штампування (наприклад, лопастей гвинта, картерів двигунів тощо) застосовують алюмінієві сплави марок АК6, АК8, які містять (в %): Си - 1,8-4,8; Мд - 0,3-0,8; Мп - 0,4-0,8; Si - 0,5-1,2; Fe - 0,8. Поковки і штамповки одержують при температурі $380-450^\circ\text{C}$. Поковки піддають гартуванню від 500 до 575°C і старінню при $150-165^\circ\text{C}$ протягом 6-15 годин.

3.3. Ливарні сплави.

ГОСТ передбачає п'ять груп ливарних сплавів на основі систем: Al-Si, Al-Si-Cu, Al-Cu, Al-Mg, Al - інші елементи. Крім підвищених порівняно з алюмінієм механічних характеристик, вони мають високу рідкотекучість і невелику усадку, задовільну пластичність, добре обробляються різанням. Їх широко застосовують для виготовлення корпусних деталей двигунів, насосів і приладів, електроарматури, тонкостінних виливків складної форми. Маркуються від АЛ1 до АЛ33. У позначенні марок буква А означає, що це сплав алюмінієвий, Л - що він ливарний, цифри - порядковий номер сплаву.

Типовими ливарними алюмінієвими є сплави системи Al-Si - *силуміни* (10-13 % Si), з яких в авто- і авіабудівництві виготовляють литі деталі.

Лекція: «Класифікація неметалевих матеріалів. Пластичні маси.»

ПЛАН

1. Класифікація неметалевих матеріалів.
2. Загальні відомості, види та склад пластмас.
3. Термопластичні пластмаси.
4. Термореактивні пластмаси
5. Виготовлення виробів з пластмас.

1. Класифікація неметалевих матеріалів.

До неметалевих матеріалів належать пластмаси, гума та ебоніт, графіт та абразив, лакофарбові та ключі

матеріали, шкіра, азбест, скло, кераміка, фарфор, мармур, повстьб, текстильні та паперові матеріали. Широкого застосування набули композиційні матеріали, особливо волокнисті, що складаються з коротких або безперервних волокон як наповнювачів, і середовища, що заповнює простір між ними, чим забезпечує монолітність композиції.

2. Загальні відомості, види та склад пластмас.

Пластмаси — це матеріали на основі природних або синтетичних полімерів (смоли), які можуть набувати заданої форми при нагріванні під тиском і стойко зберогати її після охолодження.

До смол природного походження належать бурштин, канифоль, шелак, асфальти. Для добування синтетичних смол використовують кам'яне вугілля, нафту, газ. Наприклад, фенольні смоли — це продукти поліконденсації фенолу, який одержують з кам'яного вугілля, і формальдегіду, для одержання якого використовують природний газ — метан або метиловий спирт. Поліетилен — продукт полімеризації етилену, що переважно міститься у продуктах нафтопереробки і входить до складу коксового газу.

Смоли у пластмасах виконують роль зв'язки для всіх інших компонентів. Пластмаси поділяються на прості і складні (композиційні). Просто пластмаси складаються переважно з одного полімера - синтетичної смоли, наприклад поліетилен, полістирол, плексиглас, а композиційні — з кількох компонентів, кожен з яких виконує певну роль.

Наповнювачі вводять до складу пластмас для підвищення механічної міцності і твердості, зменшення усадки, покращення звуко-, тепло-, електроізоляційних та інших властивостей. В ролі наповнювачів використовуються азбест, деревна мука, папір, тканина, скловолокно та інші речовини органічного і неорганічного походження. У складі пластмас їх вміст може досягати 70%. Залежно від виду наповнювача розрізняють пористі, порошкові, волокнисті, шаруваті і складні пластмаси. Велика група пластмас (наприклад, прозорі) наповнювача не має.

Затвердники (наприклад, окисли деяких металів,) вводять до складу пластмас для швидкого затверднення поліконденсаційних смол і прискорення технологічного процесу виготовлення виробів.

Барвники — стійкі органічні та мінеральні пігменти: хризолін, нігрозин, вохра, сурик, мумія, умбра та ін. надають пластмасам певного кольору.

Стабілізатори (сполуки олова і свинцю, сажі) гальмують руйнування (старіння) пластмасових виробів під дією світла, тепла та інших факторів, що зменшують їхню еластичність і підвищують крихкість.

Крім того до складу пластмас входять пластифікатори (дибу- тилфталат, камфора, рицинова олія), які підвищують їх пластичність та еластичність, антистатики, що запобігають виникненню і накопиченню електричного заряду на виробі, антипірени, котрі знижують горючість матеріалів, та інші компоненти.

Змінюючи склад і структуру пластмас, можна в широких межах змінювати їхні властивості. Такими перш за все є невелика густина в поєднанні з відносно високою механічною міцністю, хімічна і корозійна стійкість, добрі діелектричні, антифрикційні або фрикційні властивості. Останнім часом створені різноманітні за своїми характеристиками струмопровідні, напівпровідникові, магнітні, декоративні та інші пластмаси. Проте основну групу серед них становлять конструкційні пластмаси, призначені для виготовлення різноманітних деталей — зубчастих коліс, фланців, ручок, корпусних деталей тощо.

3. Термопластичні пластмаси.

За своєю поведінкою при підвищених температурах всі пластмаси поділяються на дві групи: термопластичні або термооборотні і термореактивні, або термонеоборотні. Термопластичні пластмаси виготовляють на основі полімеризаційних смол. До них належать поліетилен, полістерол, вініпласт, поліпропілен, поліаміди, поліакрилати. Внаслідок багаторазового нагрівання та охолодження вони зберігають здатність розм'якати, плавитись і знову тверднути. Жодних необоротних хімічних перетворень в них не відбувається. Термопласти зручні для переробки у вироби, дають незначну усадку при формуванні (1-3%). Вони характеризуються великою пружністю, малою крихкістю і здатністю до орієнтації. Термопласти переважно виготовляють без наповнювачів. Останнім часом почали застосовуватись термопласти з наповнювачами у вигляді мінеральних і синтетичних волокон — органоласти.

4. Термореактивні пластмаси

Термореактивні пластмаси після затверднення і переходу зв'язуючого полімера в термостабільний стан стають крихкими, часто дають велику усадку (до 10 - 15%) при їх переробці, тому до їхнього складу вводять підсилюючі наповнювачі. До термореактивних пластмас належать такі широко відомі пластмаси, як гетинакс, текстоліт, склотекстоліт, азботекстоліт.

5. Виготовлення виробів з пластмас.

Специфічні фізичні і технологічні властивості полімерів, вид наповнювача, форма виробів визначають своєрідні

методи переробки їх у напівфабрикати і деталі. Пластмаси випускають у вигляді порошків, гранул, плівок, листів, плит, труб та інших напівфабрикатів.

Для виготовлення виробів із термопластів найчастіше застосовують лиття під тиском, відцентрове лиття, екструзію (видавлювання), штампування, вакуумне і пневматичне формування.

Основними методами виготовлення з реактопластів є пресування на гідравлічних і гідравлічних пресах, профільне пресування. Крім того, всі пластмаси можна склеювати, а термопласти - зварювати. Обробка пластмас різанням у серійному і масовому виробництві застосовується рідко через її низьку продуктивність і велику кількість відходів.

Пластмаси - один з найбільш прогресивних і часто незамінних матеріалів у машинобудуванні.

Лекція: «Основи раціонального вибору заготовок»

ПЛАН

1. Характеристика заготовок.
2. Типові дефекти заготовок.
3. Вибір заготовки.

1. Характеристика заготовок.

Із заготовок подальшою обробкою виготовляють деталі. Правильний вибір заготовок є важливим завданням у боротьбі за зниження металоемкості машин.

Спосіб виробництва та матеріал, який використовують для виготовлення заготовок, визначають їхній вид. Заготовки класифікують на ливарні, виготовлені обробкою тиском (прокат, штамповка та ін.), і комбіновані. Залежно від виду виробництва, форми та розмірів матеріалу використовують різні способи виготовлення заготовок і відповідно їх називають *виливками, поковками, штамповками, прокатом*. Застосовують також заготовки, одержані *способами порошкової металургії*.

Способи виготовлення заготовок.

Тип заготовки	Спосіб утворення форми заготовки	Виробництво
Виливок	Ручне формування в опоках, ґрунті	Одиничне, малосерійне
	Машинне формування, лиття в оболонкові форми, точне лиття, відцентрове лиття, лиття в металеві форми	Масове, серійне
	Лиття під тиском	Масове, багатосерійне
Прокат	Гаряче- і холоднокатаний та профільний прокат	Одиничне, малосерійне
	Прокат періодичного профілю	Масове, багатосерійне
Поковка	Вільне кування	Одиничне, малосерійне
Штамповка	У підкладних штампах	Одиничне, малосерійне
	На горизонтально-кувальних машинах	Масове, серійне

При застосуванні *метода порошкової металургії* для виготовлення заготовок відходи металу становлять 2...5%, у випадку лиття з наступною механічною обробкою вони можуть становити 60...80 %. Заготовки, одержані методами порошкової металургії, мають низьку пластичність та ударну в'язкість. Найбільш поширеними способами формоутворення заготовок з порошків є холодне, одно- та двобічне, гідростатичне, мундштукове, гаряче пресування та прокатування металевих порошків. Для надання формовкам міцності після пресування і прокатування виконують спікання за температури, рівної 2/3 температури плавлення основного компонента заготовки. Гаряче пресування об'єднує операції пресування та спікання.

2. Типові Дефекти заготовок.

Під час виготовлення заготовок можуть виникати дефекти, які погіршують їх якість. Бракованими

заготовками є ті, які не задовольняють вимогам стандартів чи технічним вимогам. Залежно від виду заготовки в них можуть виникати типові дефекти, наприклад, у ливарному виробництві - газові, земляні та усадкові раковини, шлакові включення, тріщини, нещільність, пористість, спай, недолив, перекіс, різностінність, короблення.

В процесі обробки металів тиском у поковках і штамповках можуть з'являтися внутрішні та зовнішні тріщини, зміщення верхньої частини відносно нижньої, раковини, недостатнє заповнення порожнин; у прокаті - тріщини, пухкість, раковини, неправильна геометрія профілю, риси, волосовими тощо.

З метою уникнення браку необхідно дотримуватися технології виготовлення заготовок, витримувати потрібну температуру нагрівання та контролювати якість вихідних матеріалів, сировини, інструментів і пристосувань.

3. Вибір заготовки.

При проектуванні машин конструктор назначає марку матеріалу, з якого буде виготовлена деталь, керуючись характером роботи деталі машини, потребуємою міцністю і геометричною формою. Однією з перших завдань, які вирішуються при розробці технічного процесу, є вибір заготовки. Технолог, керуючись кресленням, визначає спосіб отримання заготовки в залежності від марки матеріалу, форми і розмірів деталі, виробничої програми, передбачаючи можливо більшу економію засобів і часу на виготовлення заготовки. Наприклад, якщо на кресленні деталі вказаний матеріал деталі сталь Ст5, 12ХНЗА, 40Х і т.п., то заготовки з цих матеріалів отримують ковальним способом або з прокату; якщо вказаний матеріал - лита сталь, чавун, кольорові сплави (бронза, силумін і т.п.), то заготовки отримують литтям.

Заготовка по формі і розмірам повинна бути наближена до форми і розмірів готової деталі. *Вибрати заготовку - це означає встановити спосіб її отримання, розрахувати її розміри і вказати Допуски на неточність виготовлення.*

Лекція: «Поняття обробки металів тиском. Прокатування, волочіння, пресування та кування металу»

ПЛАН

1. Поняття обробки металів тиском.
2. Прокатування металу.
3. Волочіння металу
4. Пресування металу.
5. Кування металу.

1. Поняття обробки металів тиском.

Технологічний процес отримання фасонних деталей і заготовок у спосіб пластичного деформування металу в холодному або гарячому стані називають *обробкою металів тиском*. При цьому використовують одну з основних властивостей металів - здатність до пластичного деформування (пластичність). *Пластичністю* називають також здатність металів остаточно змінювати форму, деформуватись без

руйнування під дією зовнішніх зусиль. Обробка тиском дозволяє отримувати вироби різного призначення і форми у вигляді заготовок для подальшої обробки різанням, а також готових деталей високої точності виготовлення і якості поверхні.

Процеси обробки тиском поділяють на шість основних видів: 1) прокатування; 2) волочіння; 3) пресування; 4) кування; 5) об'ємне штампування; 6) листове штампування. Застосування того чи іншого виду обробки тиском зумовлено можливостями формоутворення виробів і підвищення механічних властивостей металу внаслідок пластичного деформування, технологічною та економічною доцільністю.

2. Прокатування металу.

Прокатування - це обробка металу тиском, за якої заготовка обтискується валками прокатного стану, що обертаються. Метал деформують у гарячому або холодному стані, конфігурація і взаємне розташування валків (частіше двох) різні. Основні види прокатування; поздовжнє, поперечне і гвинтове (рис. 7.2). За поздовжнього прокатування (рис. 7.2,а) заготовка переміщується перпендикулярно до вісі валків, що обертаються у протилежних напрямках. За цією схемою виготовляють до 90 % прокату. Під час поперечного прокатування (рис. 7.2,б) валки з паралельними вісями обертаються в одному напрямку і обертають заготовку, яка, деформуючись, переміщується вздовж вісі валків. За такої схеми частіше використовують не два, а три валки. Поперечно-гвинтове прокатування (рис. 7.2,в) здійснюється за допомогою валків, що обертаються в одному напрямку й розташовані під кутом один до одного. Таке розташування валків забезпечує виникнення вісьового зусилля, яке переміщує заготовку.

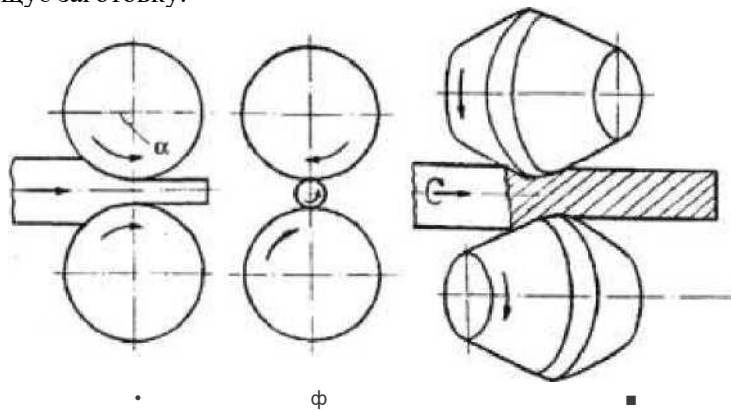


Рис. 7.2. Основні способи прокатування: а - поздовжнє, б - поперечне, в - гвинтове

Основний інструмент прокатування - валки. Вони бувають гладкі, калібровані (рівнякові) та спеціальні. Гладкі валки діжкоподібної форми використовують для прокатування листа, смуг тощо. На каліброваних валках одержують прокат складного профілю. Робоча поверхня каліброваних валків має спеціальні канавки - *рівняки*. Сукупність рівняків пари валків називають *калібром*. На кожній парі валків розміщується кілька калібрів. За призначенням калібри прокатних валків поділяють на обтискні (витяжні), чорнові (або підготовчі) й чистові. Обтискні калібри призначені лише для зменшення перерізу прокатуваного металу. У чорнових калібрах змінюють форму поперечного перерізу металу, поступово наближуючи її до форми готового виробу. Чистові калібри формують кінцевий профіль прокату з урахуванням коефіцієнта лінійного розширення і допусків щодо розмірів профілю. Сортамент одержаного прокату визначається сукупністю профілей і розмірів прокатуваного металу.

Профіль - це форма поперечного перерізу прокату. За сортаментом продукцію прокатного виробництва поділяють на чотири групи: сортовий прокат, листовий прокат, спеціальний і періодичний прокат.

Сортівний прокат поділяють на профілі загального призначення і профілі спеціального призначення.

Профілі загального призначення - круг, полоса, квадрат, швелер, двутаврові балки, кутик тощо (рис. 7.3). Профілі спеціального призначення - фігурні (для автотракторного виробництва, суднобудування, транспортного машинобудування), рейки тощо.

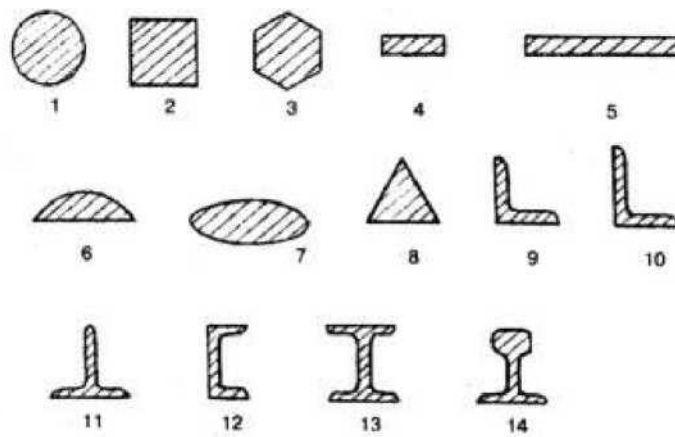


Рис. 7.3. Сортамент прокату: 1 - круг, 2 - квадрат, 3 - шестигранник, 4 - полоса, 5 - лист, 6 - сегментна сталь, 7 - овальна сталь, 8 - тригранна сталь, 9 - рівнобокий кутик, 10 - нерівнобокий кутик, 11 - таврова балка, 12 - швелер, 13 - дво-таврова балка, 14 - рейка

3. Волочіння металу

Волочіння - це процес протягування (часто в холодному стані) прокатаних або пресованих заготовок через отвір у матриці), що поступово звужується. Волока (ціла або складна) має отвір (рис. 7.6, а), який складається з чотирьох зон: змащуючої або вхідної (1), робочого конуса або деформуючої зони (2), калібруючого поясу (3) і вихідного конуса (4). Кут робочого конуса залежить від здатності металу деформуватися і дорівнює 6-12°, ширина калібруючого поясу 2-10 мм.

Робочу частину матриці виготовляють з інструментальних сталей, твердих сплавів і технічних алмазів. Волочінням одержують вироби точних розмірів із заданою якістю поверхні.

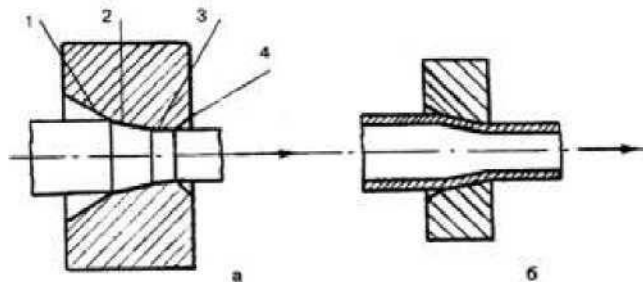


Рис. 7.6. С*.в**а ВОЛОЧІН**: в - прутка, б - труби

Волочінням обробляють вуглецеві й леговані сталі, кольорові метали та їхні сплави. За технологією волочіння одержують прутки діаметром 3-150 мм, дріт діаметром 0,006-16,0 мм, труби діаметром від капілярних до 200 мм з товщиною стінки 1,5-12 мм.

Виготовлення труб здійснюють за двома технологічними схемами: для зменшення лише діаметра труби - без оправки (рис. 7.6,б); для одночасного зменшення діаметра і товщини стінки - із застосуванням оправки.

Для волочіння використовують волочильні стани з прямолінійним рухом заготовки і з намотуванням металу на барабан. Швидкість волочіння тонкого дроту на барабанних станах досягає 40 м/с.

4. Пресування металу.

Обробка металу пресуванням зводиться до видавлювання металу із замкнутого об'єму (контейнера) через отвір у матриці. Профіль пресованого виробу відповідає перерізу отвору і конфігурації матриці. При пресуванні використовують багатостороннє обтискування, що забезпечує високу пластичність металу порівняно з іншими процесами обробки тиском.

Процеси пресування характеризуються значною НЕРІВНОМІРністю деформації, особливо у разі застосування багатоканальних матриць. Основною умовою УСПІШНОГО здійснення процесу є правильний вибір температури і швидкості пресування з урахуванням властивостей матеріалу. При пресуванні широко застосовують змащування (графітову пасту) або оміднення заготовки. Пресуванням обробляють пластичні й малопластичні матеріали. До недоліків цього процесу слід віднести значкі відходу металу та інтенсивне спрацювання інструменту. Пресуванням одержують прутки діаметром 5-250 мм, дріт діаметром 5-10 мм, труби із зовнішнім діаметром 20-400 мм і товщиною стінки 1,5-22 мм та інші вироби.

Основні методи і обладнання, які застосовують при пресуванні.

Серед методів пресування розрізняють: пряме, зворотне, суміщене з прошивкою, з протитиском, вакуумне тощо. Основними є методи прямого і зворотного пресування. За прямого пресування (рис. 7.7,а) напрямком виходу металу через отвір матриці (5) збігається з напрямком руху пуансона (1), тиск якого на заготовку передається через прес-шайбу (2). Ту частину називають прес-залишком (8-12 % від маси заготовки).

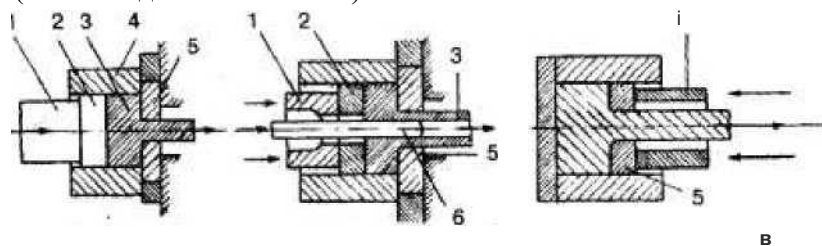


Рис. 7.7. Основні схеми пресування; а - пряме, б - з проишкою, в - зворотне

заготовки, яка залишається в контейнері (4),

При пресуванні труб заготовки спочатку прошивають голкою (6) (рис. 7.7,б), що проходить через пуансон (1). Під час подальшого переміщення пуансона і прес-шайби (2) метал видавлюється у вигляді труби (3) через кільцевий зазор між стінками отвору в матриці (5) і голкою.

За зворотного пресування (рис. 7.7,в) матрицю (5) встановлюють у кінці порожнистого пуансона (1) і метал пересувається у напрямку, протилежному руху пуансона. Прес-залишок при цьому методі дорівнює 610 % від маси заготовки. Швидкості пресування основними методами досить високі. Так, при виготовленні сталевих труб швидкість пресування досягає 5 м/с і більше.

Основне обладнання, яке використовують при пресуванні, - це горизонтальні й вертикальні гідравлічні преси з зусиллям 3-250 МН і робочим тиском рідини до 40 МПа. Як допоміжне обладнання застосовують нагрівальне устаткування, механізми подачі й очищення заготовок, нанесення мастила, відокремлення виробів від прес-залишку тощо.

5. Кування металу.

Кування - це процес деформування нагрітої металевої заготовки між бойками молота або преса. Пластичне деформування при цьому здійснюється на окремих ділянках нагрітої заготовки. Метал вільно тече в напрямках, не обмежених поверхнями інструмента. Куванням одержують вироби відносно простої форми, що не потребують значної обробки різанням. Для виготовлення куванням дрібних і середніх виробів використовують заготовки сортового прокату і блюми, для великих - зливки. Масу заготовки розраховують як суму об'ємів поковки і відходів. Поперечний переріз заготовки вибирають з врахуванням забезпечення необхідного укову, який показує в скільки разів змінюється поперечний переріз заготовки у процесі кування. Чим більший уков, тим краще прокований метал, тим вищі його механічні властивості.

Деформацію металу при вільному куванні характеризує коефіцієнт укову, який визначає співвідношення більшої площі поперечного перерізу до меншої. При обробці сталевих виливків уков повинен бути не менше 3-5, а прокатаних заготовок 1,1-1,5.

Кування поділяють на *ручне* (для дрібних виробів) і *машинне* (для поковок більших типорозмірів). Залежно від цього виконуються різні технологічні операції з використанням відповідного інструменту.

Основні технологічні операції, які виконують при куванні.

Виконуючи в певній послідовності прості операції кування, одержують вироби складної конфігурації. Основними операціями процесу кування є осадка, висадка, прошивка, протяжка, розгонка, рубка, скручування, передача (рис. 7.8).

Осадка - це збільшення поперечного перерізу вихідної заготовки за рахунок зменшення її висоти. Для правильного осаджування металу висота вихідної циліндричної заготовки повинна не перевищувати трьох діаметрів, торці повинні бути рівними і паралельними (рис. 7.8,а).

Висадка використовується для одержання поковки з потовщенням на кінці або на середині заготовки. При цьому деформацію заготовки обмежують у деякій її частині, використовуючи кільцеві плити (рис. 7.8,б). Так виготовляють поковки болтів, деталей з буртами, фланцями тощо.

Прошивка - одержання в заготовці наскрізного отвору або заглиблення (рис. 7.8,в). Її також використовують для видалення неякісної серцевини зливка.

Протягуванням досягають збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу (рис. 7.8,г). Це найпоширеніша операція вільного кування, що здійснюється послідовними ударами або натискуванням на окремі суміжні частини заготовки. Протягуванням у вирізних бойках одержують поковки з подовженою віссю, з яких виготовляють вали, шатуни, важелі та ін.

Розгонка - це збільшення ширини частини заготовки за рахунок зменшення її товщини (рис. 7.8, д).

Рубка - відділення однієї частини заготовки від іншої (рис. 7.8,е). Інструментом для цього служать прямі й фігурні сокири та зубила. Рубку часто використовують для видалення надлишків металу, а також з метою створення уступів, запличиків тощо.

Згинання і скручування металу здійснюють з використанням різних пристроїв: підкладок, ключів, воротків, лебідок.

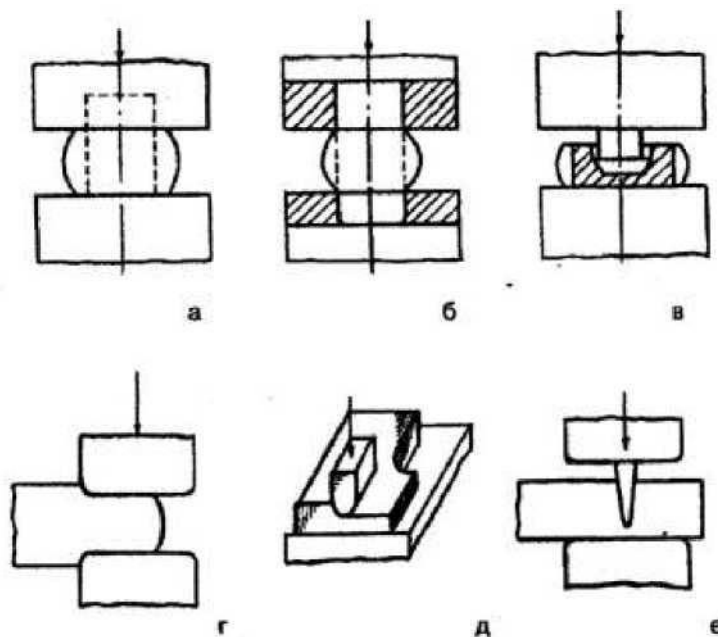


Рис. 7.8. Схеми деяких операцій кування

Передача металу зводиться до переміщення однієї частини заготовки відносно іншої, застосовується при виготовленні колінчастих валів і подібних до них деталей.

Основним технологічним обладнанням для кування є молоти і гідравлічні преси. Молоти відносять до машин динамічної дії, за допомогою яких пластична деформація металу заготовки здійснюється за тисячні долі секунди зі швидкістю деформування до 6,5 м/с. Деформування металу забезпечує енергія, накопичена падаючими частинами молота. Пневматичні молоти мають масу падаючих частин 50-1000 кг, пароповітряні - 1000-8000 кг.

Гідравлічні преси відрізняються від молотів тим, що здійснюють статичний вплив на метал заготовки. Тривалість деформації при цьому досягає десятків секунд, а швидкість деформації - 2-3 м/хв. Максимальні зусилля гідравлічних пресів у інтервалі 5-150 МН. Преси використовують для виготовлення поковок значних розмірів, а також для кування малопластичних високолегованих сталей і сплавів кольорових металів.

Лекція «Сутність ливарного виробництва. Основні способи виготовлення виливків»

ПЛАН

1. Сутність ливарного виробництва.
2. Основні способи виготовлення виливків.
3. Ливарні властивості сплавів.
4. Різновиди ливарних форм.

1. Сутність ливарного виробництва.

Сутність ливарного виробництва зводиться до одержання фасонних заготовок (виливків) або деталей у спосіб заливання і тверднення розплавленого металу в спеціальній формі, порожнина якої відповідає конфігурації майбутнього виробу. Після тверднення, охолодження, вилучення з форми і механічної обробки виливка одержують потрібну деталь. Завдяки методам точного лиття одержують вже готову деталь, що не потребує подальшої механічної обробки. Більша частина виливків виробляється зі сплавів на основі заліза (чавуну і сталі). Проте роль виливків з сплавів інших металів також дуже велика, особливо в галузях точного машинобудування, атомної енергетики, авіаційної техніки, приладобудування.

Розвиток сучасного ливарного виробництва характеризують два основні напрями: розробка і впровадження точних, маловідходних методів лиття та комплексна механізація і автоматизація процесів виробництва виливків.

2. Основні способи виготовлення виливків.

Ливарного виробництва вважають лиття в піщано-глинистих і металевих оболонкових формах; по моделях, що основними способами формах; виплавляються; відцентрове лиття; лиття під тиском; в електрошлакове; під низьким тиском; з вакуумним всмоктуванням;

витискуванням і рідкою штамповкою; з інтенсивним тепловідбором тощо. Вибір способу виготовлення виливків визначається його технологічними можливостями і економічною доцільністю.

Численні й різноманітні операції виготовлення виливків поділяють на п'ять основних груп: виплавлення металу, виготовлення форм; розливання металу і охолодження виливків; первинна обробка виливків, вибивка, обрубка; термічна обробка і контроль якості. Специфічними для ливарного виробництва є операції виготовлення форм, розливка (залівка), тверднення і охолодження виливків. Явища, які відбуваються під час здійснення цих операцій, називаються ливарними процесами.

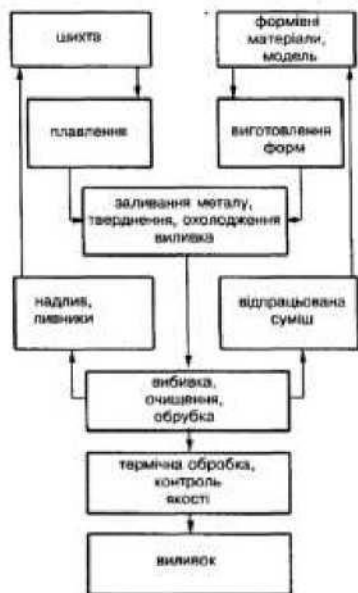


Рис. 6.11. Схема технологічного процесу виготовлення виливків

3. Ливарні властивості сплавів.

Для одержання якісних виливків ливарні сплави повинні забезпечувати певний рівень специфічних для литва технологічних (ливарних) властивостей. Характеристики ливарних сплавів, які визначають їх поведінку під час формоутворення і виготовлення виливків, а також їх якість, називають ливарними. Основними з них є рідкотекучість, усадка, схильність до ліквациї і поглинання газів.

Рідкотекучість - це здатність металу вільно переміщуватися і заповнювати форму, відтворюючи всі її контури. Недостатня рідкотекучість спричинює утворення недоливів у вузьких перерізах виливків. Метал з високою рідкотекучістю заповнює всі порожнини найскладнішої ливарної форми. Рідкотекучість залежить, передусім, від температури і хімічного складу сплаву.

Усадка - це властивість металів і сплавів зменшувати свій об'єм і лінійні властивості виливків під час охолодження і тверднення.

Ліквация - це хімічна неоднорідність сплаву по перерізу виливка, що виникає під час кристалізації. Неоднорідність хімічного складу і структури призводить до неоднорідності фізико-механічних властивостей у різних об'ємах виливка.

Газопоглинання - це здатність розплавлених сплавів розчиняти гази - кисень, азот, водень тощо. Під час охолодження металу в ливарній формі розчинність газів зменшується і внаслідок їх виділення у виливках можуть утворюватися газові раковини і пори.

4. Різновиди ливарних форм.

При виготовленні виливків застосовують спеціальні ливарні форми, які відрізняються терміном використання (одно- багаторазові), технологією виготовлення (ручна, машинна, з виплавленням або випалюванням моделей тощо), станом перед заливанням металу (сухі, підсушені, сирі, само- або хімічно тверднучі). На сьогодні існує близько ста різних видів і способів виготовлення ливарних форм.

Одноразові форми виготовляють з піщано-глинистих і піщано-смоляних сумішей і використовують для виготовлення лише одного виливка. Одноразову форму роблять роз'ємною (верхня і нижня частини півформи). Нероз'ємні одноразові форми виготовляють з використанням плавких моделей. Після тверднення металу при видаленні виливка одноразову форму руйнують. Близько 60 % всіх виливків з чавуну і сталі одержують литтям у піщано-глинисті форми. Цим способом виготовляють дрібні та великі виливки простої і складної форми не тільки із залізовуглецевих, але й кольорових сплавів.

Багаторазові роз'ємні форми витримують від кількох десятків до сотень заливок. Після тверднення металу таку форму не руйнують, а розкривають для видалення виливка, після чого знову збирають, готуючи до наступної заливки. Багаторазові форми виготовляють із шамоту, алебастру, азбесту, цементу, інших вогнетривів з використанням рідких самотверднучих сумішей.

Металеві багаторазові форми (кокілі) виготовляють з чавуну, сталі, міді, мідних і алюмінієвих сплавів. Термін використання кокілів залежить від температури плавлення сплаву, з якого виготовляють виливок, покриття внутрішньої частини кокілю, умов охолодження. У зв'язку з високою вартістю кокілів використовують у серійному виробництві. Існуючі конструкції кокілів дозволяють швидко вилучати виливок з форми і готувати

її до наступної операції. В одному кокілі можна виготовити кілька сотень виливків зі сталі, кілька тисяч виливків із чавуну, десятки тисяч виливків з кольорових металів.

Лекція «Сутність зварювання. Основні способи зварювання. Дугове зварювання.»

ПЛАН

1. Сутність зварювання.
2. Основні способи зварювання.
3. Ручне дугове зварювання.
4. Автоматичне і напівавтоматичне зварювання.

1. Сутність зварювання.

Зварюванням називають технологічний процес утворення нероз'ємних з'єднань металевих виробів, що здійснюється у спосіб використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення. Для виникнення цих зв'язків необхідно поверхні, що зварюють, наблизити до відстані, відповідної атомному радіусу. Це стає можливим за умови усунення причин, що заважають такому зближенню (мікронерівності, окисні та органічні плівки, адсорбовані гази), і надання атомам певної енергії (енергії активації). Ця енергія може передаватися у вигляді теплоти (термічна активація) та у вигляді пружно-пластичної деформації (механічна активація).

2. Основні способи зварювання.

Всі способи зварювання поділяють на дві основні групи: зварювання плавленням і зварювання тиском (пластичним деформуванням).

При зварюванні плавленням розплавляють або тільки основний метал по кромках, які з'єднуються, або основний і додатковий метал (електродний або присадочний). Для розплавлення основного і присадочного металів необхідна температура понад 2500°C.

Розрізняють *електричне і хімічне зварювання* плавленням. При електричному зварюванні плавленням джерелом енергії є електричний струм. Таке зварювання поділяють на дугове, електрошлакове, електронно-променеве, плазмове, лазерне тощо. Залежно від рівня механізації зварювання може бути ручним, автоматичним, напівавтоматичним.

При зварюванні тиском у процесі пластичної деформації в поверхневих контактуючих шарах вирівнюються мікронерівності, руйнується адсорбований шар і збільшується кількість активних центрів взаємодії. Внаслідок цього між атомами поверхонь утворюється металевий зв'язок. Зварювання тиском здійснюють з попереднім нагріванням (контактне, індукційне, дифузійне або без нього (холодне, ультразвукове, вибухом, тертям).

Найбільш поширеним видом є дугове зварювання, яке може бути ручним, автоматичним і напівавтоматичним.

3. Ручне дугове зварювання.

Зварювальне обладнання *ручного Дугового* зварювання складається з джерела живлення дуги, зварювальних провідників, електродотримача і електродів. При зварюванні неплавкими електродами застосовують вуглецеві (графітові) електроди діаметром 6-30 мм і довжиною 200-300 мм або вольфрамові електроди (при зварюванні в інертних газах) діаметром 1-6 мм. Для зварювання плавкими електродами з покриттям використовують металеві електроди діаметром 1,6-12 мм і довжиною 150-450 мм.

Під час ручного зварювання зварник маніпулює електродом, підтримуючи задану довжину дуги, здійснює подачу електрода в дугу в міру його плавлення, а також переміщує його вздовж заготовки.

Ручне електродугове зварювання ефективне при одержанні всіх типів зварних з'єднань і особливо при зварюванні коротких, переривчастих швів складної конфігурації і різного (нижнього, вертикального, горизонтального, стельового) розташування шва у просторі. До недоліків цього способу зварювання відносять важкі умови праці (працювати доводиться із захисною маскою) і низьку продуктивність.

4. Автоматичне і напівавтоматичне зварювання.

Під час автоматичного зварювання під флюсом забезпечується автоматичне запалювання і підтримування стабільного режиму горіння дуги, подача електродного дроту і переміщення електрода механізовані. При зварюванні під флюсом дуга збуджується між електродом і виробом, що зварюють, і горить під шаром флюсу, який надходить в зону зварювання з бункера.

Частина флюсу, що оточує дугу, розплавлюється, утворюючи на поверхні розплавленого металу ванну рідкого шлаку. У міру переміщення дуги метал зварювальної ванни кристалізується з утворенням шва,

покритего кіркою, яка легко відділяється. Флюс захищає дугу і зварювальну ванну від окислення з атмосфери, забезпечує нормальне формування шва, запобігає розбризкуванню металу. Складовими флюсу, залежно від способу зварювання, є оксиди кремнію, титану, кальцію, магнію, марганцю, заліза, а також фтористі й хлористі сполуки (плавиковий шпат, силікат марганцю тощо).

Автоматичне зварювання, порівняно з ручним, уможливорює зменшення витрат електродного металу в 2 рази, підвищення продуктивності від 3 до 20 разів, поліпшує умови праці. Його застосовують для зварювання однотипних вузлів з довгими прямолінійними і кільцевими швами, листових конструкцій з різних сталей і сплавів кольорових металів.

Напівавтоматичне зварювання відрізняється від автоматичного тим, що подача електродного дроту механізована, але переміщення його вздовж шва здійснюється вручну. Зварювальну ванну за такого способу захищають флюсом або захисним газом (аргоном, гелієм, двоокисом вуглецю). Напівавтоматичним зварюванням роблять короткі та криволінійні шви, які недоцільно зварювати автоматичним зварюванням.

Лекція «Порошкова металургія. Класифікація твердих сплавів та мінералокерамічних матеріалів. Литі тверді сплави.»

ПЛАН

1. Порошкова металургія.
2. Класифікація твердих сплавів та мінералокерамічних матеріалів.
3. Литі тверді сплави.

1. Порошкова металургія.

З порошків металів і неметалів під тиском 200... 800 МПа одержують у прес-формах суміші (пресовки), які спікають за температури, на 1/3 нижчої за температуру плавлення металу основного компонента суміші. Такий метод одержання деталей називають *методом порошкової металургії*.

Методами порошкової металургії можна виготовити деталі з тугоплавких матеріалів, які не сплавляються (наприклад, мідь і графіт, мідь і вольфрам, вольфрам і срібло).

Виробництво деталей з порошкового матеріалу включає готування порошків, складання шихти, пресування та спікання.

2. Класифікація твердих сплавів та мінералокерамічних матеріалів.

Тверді сплави і мінералокераміка - це велика група конструкційних та інструментальних матеріалів. Основний метод виготовлення виробів з цих матеріалів - порошкова металургія. Сплави, які отримані методом порошкової металургії, називають *спеченими*.

За хімічним складом тверді сплави класифікують: металічні - леговані, швидкорізальні вольфрамові, швидкорізальні безвольфрамові, залізні, нікелеві, хромо-нікелеві та інші;

металокерамічні - карбідохромові, карбідтитанові, вольфрамові, титановольфрамові, титанотанталовольфрамові та інші;

мінералокерамічні - мікроліт, кераміти, оксидно-карбідна кераміка.

Також тверді сплави і мінералокерамічні матеріали класифікують в залежності від твердості:

тверді, або підвищеної твердості (1500...2000HV), які виготовляють з порошків карбідів вольфраму, титана, танталу, легованих сталей, нікелю, заліза та інших металів і їх карбідів;

дуже великої твердості (2000...2500HV), це, як правило, абразивні матеріали (карбід кремнію, електрокорунд); надто тверді (більш ніж 2500HV), які призначені для абразивів, ріжучого інструменту (алмази природні та синтетичні, кубічний нітрид бору).

3. Литі тверді сплави.

Литі тверді сплави виготовляють у вигляді спеціальних електродів і застосовують для наплавлення (наварювання) стійкого проти спрацювання шару на поверхні нових або спрацьованих деталей та інструментів, штампів, ножів для різання металу, деталей сільськогосподарських машин та ін. До литих сплавів належать сталі В2К і В3К - сплави на основі вольфраму, хрому і кобальту, сормайти №1 і №2 - високо вуглецеві сплави на залізо-хромовій основі, литий карбід вольфраму - реліт. Наплавлення здійснюють за допомогою ацетиленокисневого полум'я або електричної дуги. Крім того, на заводах сільськогосподарського машинобудування широко застосовують порошкові тверді сплави, що наносяться на поверхню виробів способом індукційної наплавки. Деталі чи інструмент, призначені для наплавлення, виготовляють з вуглецевої сталі, чим досягають економії дорогих легованих сталей. Після наплавлення вироби відпалюють, обробляють різанням для надання необхідної форми і розмірів, гартують і відпускають.

Лекція
«Спечені тверді сплави: вольфрамові, титановольфрамові, титанотанталовольфрамові»

ПЛАН

1. Основні властивості спечених твердих сплавів.
 2. Маркування спечених твердих сплавів
 3. Застосування спечених твердих сплавів
-
1. Основні властивості спечених твердих сплавів.

Спечені тверді сплави виготовляють методами порошкової металургії з дрібних порошоків карбідів (хімічне з'єднання вуглецю з металами) тугоплавких металів (вольфраму, титану, танталу) і зв'язуючого металу (кобальту) за технологією, що нагадує виготовлення керамічних виробів, і тому їх ще називають металокерамічними. Суміш, приготовлену в певній пропорції з таких компонентів, старанно перемішують, пресують у прес-формах і спікають при температурі 1400°C- 1500°C. Одержані пластинки шліфують і припаюють до держаків інструментів або кріплять механічним способом.

Характерною особливістю твердих сплавів є висока твердість (87-92 HRC) при високій міцності ($\sigma_{\text{виг}}$ близько 2500 МПа), яка наближається до міцності інструментальних сталей. Вони відзначаються дуже високою зносостійкістю.

2. Маркування спечених твердих сплавів

Основними твердими сплавами є вольфрамові ВК (WC + Co), титановольфрамові ТК (WC + TiC + Co) і титанотанталовольфрамові ТТК (WC + TiC + TaC + Co). Поширеними сплавами групи ВК є сплави марок ВК3, ВК6, ВК20, де число означає вміст кобальтової зв'язки у % (решта - WC). До групи ТК належать сплави марок Т30К6, Т14К8 тощо, де перше число показує вміст TiC у %, друге - Co у %, кількість WC = 100 (TiC, % + Co, %). Група ТТК складається зі сплавів марок ТТ7К12, ТТ8К6, де перше число означає сумарний вміст карбідів TiC та TaC у %, друге - Co у %, кількість WC = 100 - $\xi(\text{TiC, \%} + \text{TaC, \%} + \text{Co, \%})$.

Літери, які стоять після цифр у кінці марок сплавів (ВК3-М, ВК8-КС), характеризують зернистість карбідної складової: М - дрібнозерниста (розмір зерен 1 - 2 мкм), ОМ - особливодрібнозерниста (розмір зерен до 1 мкм), В, ВК, КС - крупнозерниста (розмір зерен 2 - 5 мкм) з різними властивостями вихідного карбіду вольфраму.

3. Застосування спечених твердих сплавів.

Сплави з малою кількістю кобальту характеризуються підвищеною твердістю і зносостійкістю, але зниженою міцністю (ВК3, Т30К4), тому їх слід використовувати для чистового точіння. Сплави з підвищеним вмістом кобальту використовують для чорнового точіння (ВК6, ВК8, Т14К8). Стійкість проти спрацювання твердих сплавів зберігається високою при нагріванні до 800-1000°C.

Сплави ВК, які мають найбільшу стійкість проти спрацювання, допускають високі швидкості різання при обробці чавуну, кольорових металів і неметалічних матеріалів. Сплави цієї групи застосовують для виготовлення швидкоspraцьовуваних деталей машин, матриць і волок, твердосплавних штамів та інших виробів, які працюють в умовах ударних навантажень.

Порівняно зі сплавами групи ВК двокарбідні сплави групи ТК мають більшу стійкість проти спрацювання при дещо менших значеннях міцності. Сплави цієї групи застосовують при різанні вуглецевих і легированих сталей, а також інших в'язких матеріалів.

Трикарбідні сплави групи ТТК, поряд з підвищеною експлуатаційною міцністю і високою стійкістю проти спрацювання, мають підвищену в'язкість і добре протидіють вібраціям. Тому вони придатні для експлуатації при найбільш жорстких режимах обробки в умовах ударних навантажень. Їх застосовують при обробці різанням важкооброблюваних матеріалів, у томі числі жароміцних сталей і сплавів.

Лекція «Мінералокерамічні сплави»

ПЛАН

1. Загальна характеристика мінералокерамічних матеріалів.
2. Кераміка:
 - 2.1. Оксидна (біла) кераміка
 - 2.2. Оксидно - карбідна (чорна, мішана) кераміка
 - 2.3. Оксидно - нітрідна кераміка

3. Кермети.

1. Загальна характеристика мінералокерамічних матеріалів.

Для оснащення робочої частини металообробного інструменту останнім часом розроблені і широко впроваджуються мінералокерамічні тверді матеріали. Вихідними матеріалами для їхнього виробництва служать дрібні порошки різних мінералів (оксиди, карбіди, нітриди, бориди), а зв'язкою - тонко подрібнені скловидні сполуки, які не перевищують 1% загального об'єму, або метали - алюміній, залізо, нікель і ін. Залежно від хімічного складу їх поділяють на дві групи: *кераміка і кермети*.

2. Кераміка.

До першої групи мінералокерамічних матеріалів належать оксидна, оксидно - карбідна і оксидно - нітрідна *кераміка*.

2.1. Оксидна (біла) кераміка.

Оксидна (біла) кераміка складається з оксиду алюмінію складається з оксиду алюмінію (99%) і невеликої кількості оксиду магнію або інших елементів. Спосіб виготовлення керамічних пластин марок ЦМ-332 і ВО- 13 - холодне пресування з наступним спіканням. Пластини з кераміки ВШ-75 виготовляють більш трудомістким способом - гарячим пресуванням. незважаючи на високу твердість (HRA 90-93) і теплостійкість (1100°C - 1300°C), оксидна кераміка має істотний недолік - невелику міцність і низьку в'язкість. Тому пластини з неї найбільш доцільно застосовувати для токарної обробки сталі і чавуну при чистовому точінні з високими швидкостями різання.

2.2. Оксидно - карбідна (чорна, мішана) кераміка.

Оксидно - карбідна (чорна, мішана) кераміка складається з оксиду алюмінію і нітриду титану (ОНТ-20). Пластини з такої кераміки одержують методом гарячого пресування і застосовують для чистової обробки загартованих конструкційних сталей, сірих та легованих чавунів, а також сплавів на основі міді і нікелю.

2.3. Оксидно - нітрідна кераміка.

Пластини з *нітрідної кераміки* (силініт-Р) виготовляють методом гарячого пресування з нітриду кремнію і застосовують для напівчистової обробки чавунів і нікелевих сплавів. Останнім часом кераміку застосовують і для фрезерування сталей і чавунів.

3. Кермети.

Матеріали, у яких в ролі керамічної фази служать оксиди, карбіди, бориди і нітриди тугоплавких металів, а зв'язкою - метали групи заліза або тугоплавкі метали, називають *керметами*. Наприклад, найбільш поширені карбіднохромові кермети КХН-10, КХН-15, ...КХН-40 містять від 10 до 40% нікелю, решта Cr_3C_2 . Від кераміки вони відрізняються дещо підвищеними міцнісними характеристиками, меншою крихкістю і схильністю до виникнення тріщин. Завдяки великій стійкості проти спрацювання з них виготовляють штампи, матриці для протяжки чорних і кольорових металів методом холодної деформації, прес-форми для пресування виробів із порошків.

