

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Матеріали та деталі»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

за темою - Матеріали повітряного судна залізомісткі

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол від
10.09.2021 № 2

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст
першої категорії, Сіора А.С.

Рецензенти:

1. Завідувач відділення фахової підготовки навчального відділу КЛК ХНУВС,
старший викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист
Владов С.І
2. Доцент кафедри Технології машинобудування Кременчуцького
національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент
Долударєв В.М.

План лекції:

1. Основні відомості про метали. Будова чистих металів. Кристалізація і поліморфізм металів. Атомно-кристалічна структура металів. Кристалічні ґратки металів. Дефекти кристалічної будови металів. Основи будови сплавів. Процеси плавлення і кристалізації. Поняття про діаграми стану сплавів. Основні види діаграм стану двокомпонентних сплавів. Основні механічні властивості металів і сплавів. Загальні відомості про властивості металів і сплавів (фізичні, хімічні, механічні, технологічні, експериментальні). Методи випробування. Виробництво чавуну. Матеріали процесу виробництва чавуну. Будова доменної печі. Доменний процес. Виробництво сталі. Загальні відомості про сталі. Процеси одержання сталі: Бесемєрівський, Мартенівський спосіб виплавлення сталі, Електроплавлення сталі.

2. Діаграма стану системи залізо – вуглець. Класифікація залізовуглецевих сплавів. Різновиди чавун: білий, сірий, ковкий. Маркування та область застосування чавунів. Вуглецеві сталі. Класифікація, маркування і їх використання. Застосування вуглецевих сталей в авіаційній техніці. Загальні уявлення, призначення та сутність термічної обробки. Основні види термічної обробки. Дефекти термічної обробки сталі. Хіміко-термічна обробка сталі, її призначення, сутність і види. Загальне уявлення про леговані сталі. Вплив легуючих елементів на властивості сталі. Класифікація і маркування легованих сталей. Характеристика основних видів легованих сталей. Інструментальні сталі. Конструкційні жаростійкі і жароміцні сталі і сплави, їх характеристика. Способи підвищення жаростійкості і жароміцності металів і сплавів.

3. Алюміній та його сплави, властивості та застосування. Титан його сплави, властивості та застосування. Мідь і його сплави, властивості та застосування. Магній і його сплави, властивості та застосування. Антифрикційні сплави. Загальні уявлення про корозію металів.. Види корозії. Фактори, які впливають на швидкість корозії. Способи захисту металів від корозії

4. Ливарне виробництво. Обробка металів тиском. Зварювання та пайка металів. Обробка металів різанням.

Рекомендована література:

Основна

1. Н.В.Миленька, О.В.Шахова, Конспект лекцій з курсу „Деталі машин”. Кременчук, 2006, укр.
2. В.Т. Павлине. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. Київ, „Вища школа”, 1993, укр.
3. Животовська К.О, Мамлюк О.В. Авіаційні матеріали та їх обробка.

Навчальний посібник, Київ, "Вища освіта", 2003

4. Гарнець В.М. Матеріалознавство Підручник. Київ, К.Кондор, 2009

5. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство Навчальний посібник, Львів, 2002. – 264 с.

6. Малащенко В.О., Павлине В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. Львів: Видавництво Новий Світ – 2000, 2009. – 136 с/

7. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М., Байдула В.О., Товстущко М.М. Деталі машин. Практикум. Навч. посіб. К.: Кондор, 2009. – 278 с.

Додаткова

8. Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. Матеріалознавство. Навчальний посібник, Київ, К.Кондор, 2009

9. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є, Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів, Навчальний посібник, Київ, «Либідь», 2002

10. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навч. посіб. – 3-тє вид., стереотипне. –Львів: “Новий Світ – 2000”, 2007. 252 с.

11. Малащенко В.О., Павлине В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. Львів: Видавництво Новий Світ – 2000, 2009. – 136 с.

Текст лекції

1. Основні відомості про метали. Будова чистих металів. Кристалізація і поліморфізм металів. Атомно-кристалічна структура металів. Кристалічні ґратки металів. Дефекти кристалічної будови металів. Основи будови сплавів. Процеси плавлення і кристалізації. Поняття про діаграми стану сплавів. Основні види діаграм стану двокомпонентних сплавів. Основні механічні властивості металів і сплавів. Загальні відомості про властивості металів і сплавів (фізичні, хімічні, механічні, технологічні, експериментальні). Методи випробування. Виробництво чавуну. Матеріали процесу виробництва чавуну. Будова доменної печі. Доменний процес. Виробництво сталі. Загальні відомості про сталі. Процеси одержання сталі: Бесемерівський, Мартенівський спосіб виплавлення сталі, Електроплавлення сталі.

У величезному ряду матеріалів, з незапам'ятних часів відомих людині і широко використовуваних їм у своєму житті і діяльності, метали завжди займали особливе місце.

Підтвердження цьому: і в назвах епох (золотий, срібний, бронзовий, залізний століття), на які греки ділили історію людства: і в археологічних знахідках металевих виробів (ковані мідні прикраси, сільськогосподарські знаряддя), і в повсюдному використанні металів і сплавів у сучасній техніці.

Причина цього - в особливій властивості металів, що вигідно відрізняють їх від інших матеріалів і робить в багатьох випадках незамінними.

Метали - один з класів конструкційних матеріалів, що характеризується певним набором властивостей:

- «металевий блиск» (хороша відбивна здатність);
- пластичність;
- висока теплопровідність;
- висока електропровідність.

Дані властивості обумовлені особливостями будови металів. Відповідно до теорії металевго стану, метал є речовина, що складається з позитивних ядер, навколо яких по орбіталям обертаються електрони. На останньому рівні число електронів невелика і вони слабо пов'язані з ядром. Ці електрони мають можливість переміщатися по всьому об'єму металу, тобто належати цілій сукупності атомів.

Таким чином, пластичність, теплопровідність і електропровідність забезпечуються наявністю «електронного газу».

Всі метали, затвердівши в нормальних умовах, являють собою кристалічні речовини, тобто укладання атомів в них характеризується певним порядком - періодичністю, як за різними напрямками, так і по різних площинах. Цей порядок визначається поняттям кристалічна решітка.

Іншими словами, кристалічна решітка це уявна просторова решітка, в вузлах якої розташовуються частинки, що утворюють тверде тіло.

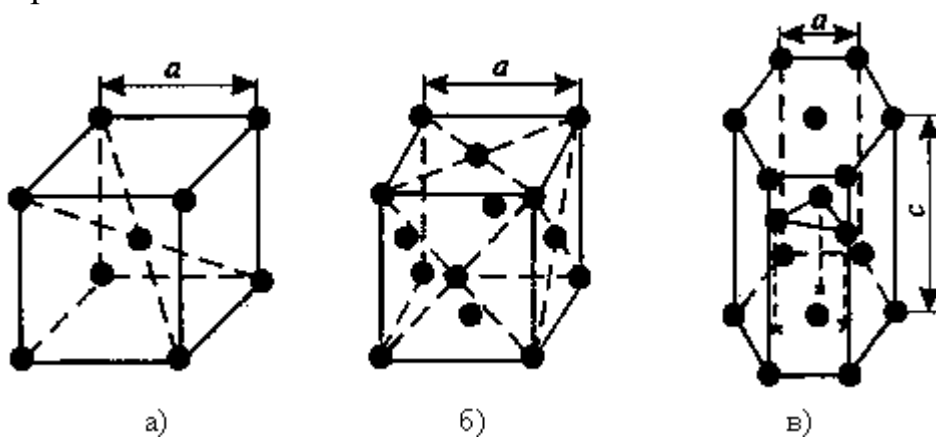
Елементарна комірка - елемент об'єкту з мінімальним числом атомів, багаторазовим перенесенням якого в просторі можна побудувати весь кристал.

Елементарна комірка характеризує особливості будови кристала. Основними параметрами кристала є:

- розміри ребер елементарної комірки. a, b, c - періоди решітки - відстані між центрами найближчих атомів. В одному напрямку витримуються строго заданим.

- кути між осями (α, β, γ).
- координаційне число (К) вказує на число атомів, розташованих на найближчому однаковій відстані від будь-якого атома в решітці.
- базис решітки - кількість атомів, що припадають на одну елементарну комірку решітки.
- щільність упаковки атомів в кристалічній решітці - об'єм, зайнятий атомами, які умовно розглядаються як жорсткі кулі. Її визначають як відношення обсягу, зайнятого атомами до обсягу осередку (для об'ємно-центрованої кубічної решітки - 0,68, для гранецентрованої кубічної решітки - 0,74).

Класифікація можливих видів кристалічних ґраток була проведена французьким вченим О. Браве, відповідно вони отримали назву «решітки Браве». Всього для кристалічних тіл існує чотирнадцять видів ґрат, розбитих на чотири типи;



- примітивний - вузли решітки збігаються з вершинами елементарних осередків;

- базоцентрований - атоми займають вершини осередків та два місця в протилежних гранях;

- об'ємно-центрирований – атоми займають вершини комірки і її центр;

- гранецентрирований – атоми займають вершини комірки і центри всіх шести граней

Основними типами кристалічних решіток є: Рис.1.1. Схема кристалічної решітки

1. Об'ємно - центрована кубічна (ОЦК) (див. рис.а), атоми розташовуються у вершинах куба і в його центрі (V, W, Ti)

2. Гранецентрована кубічна (ГЦК) (див. рис б), атоми розташовуються в вершинах куба і по центру кожної з 6 граней (Ag, Au)

3. Гексагональна, в основі якої лежить шестикутник: проста - атоми розташовуються у вершинах комірки і по центру 2 підстав (вуглець у вигляді графіту); про щільноупакована (ГПУ) - є 3 додаткових атома в середній площині (цинк).

Залізовуглецеві сплави. Діаграма стану залізо - вуглець.

Залізовуглецеві сплави - сталі і чавуни - найважливіші металеві сплави сучасної техніки. Виробництво чавуну і сталі за об'ємом перевершує виробництво всіх інших металів разом узятих більш ніж у десять разів. Діаграма стану залізо - вуглець дає основне уявлення про будову залізовуглецевих сплавів - сталей і чавунів.

Початок вивченню діаграми залізо - вуглець поклав Чернов Д.К. в 1868 році. Чернов вперше вказав на існування в сталі критичних крапок і на залежність їх положення від змісту вуглецю.

Діаграма залізо - вуглець повинна розповсюджуватися від заліза до вуглецю. Залізо утворює з вуглецем хімічну сполуку: цементит -. Кожну стійку хімічну сполуку можна розглядати як компонент, а діаграму - по частинах. Так як на практиці застосовують металеві сплави з вмістом вуглецю до 6,7 %, то розглядаємо частину діаграми стану від заліза до хімічної сполуки цементита, Що містить вуглецю 6,7%.

Діаграма стану залізо - цементит представлена на рис 9.

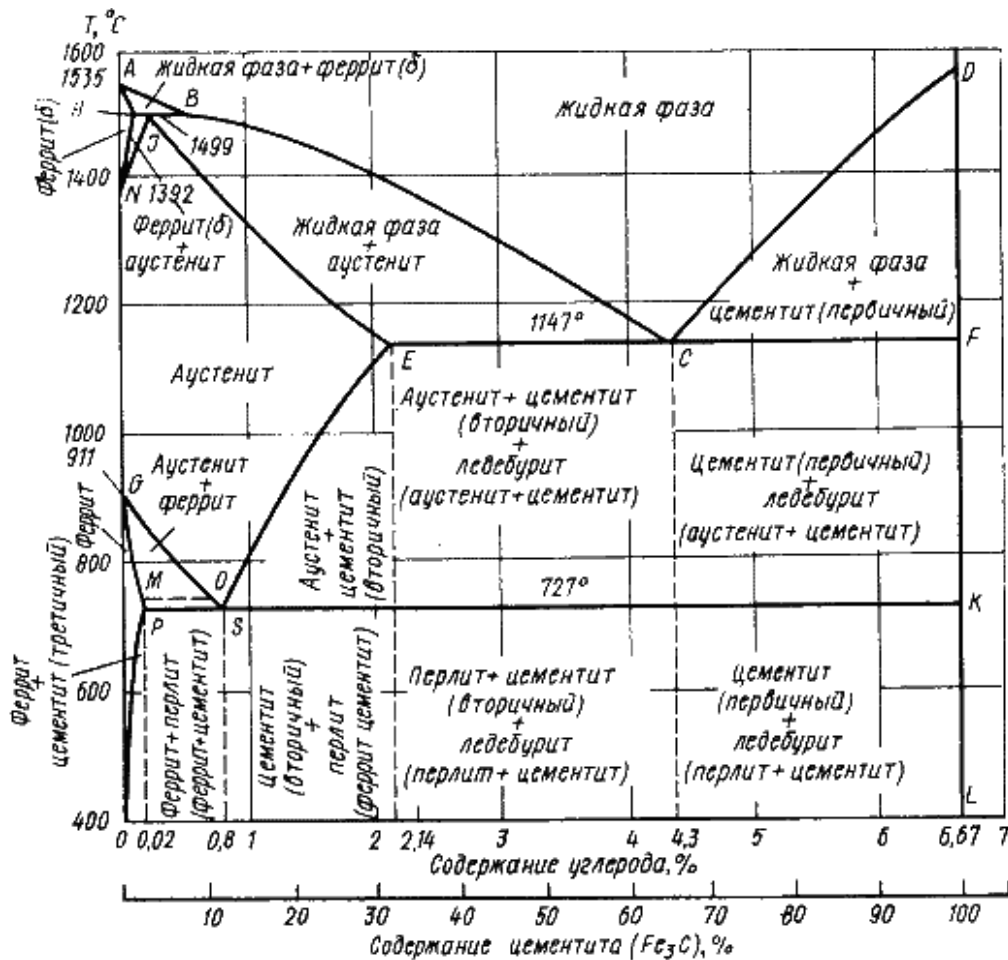


рис.9.

Цементит - з'єднання нестійке і при певних умовах розпадається з утворенням вільного вуглецю у вигляді графіту. Цей процес має важливе практичне значення при структуроутворенні чавунів.

В системі залізо - вуглець існують такі фази: рідка фаза, ферит, аустеніт, цементит.

1. Рідка фаза. У рідкому стані залізо добре розчиняє вуглець в будь-яких пропорціях з утворенням однорідної рідкої фази.

2. Ферит (Ф) (C) - твердий розчин впровадження вуглецю β-залізо.

Ферит має змінну граничну розчинність вуглецю: мінімальну - 0,006% при кімнатній температурі (точка Q), максимальну - 0,02% при температурі 727° С (точка Р). Вуглець розташовується в дефектах решітки.

При температурі вище 1392° С існує високотемпературний ферит ((C), з граничною розчинністю вуглецю 0,1% при температурі 1499° С (точка J)

Властивості фериту близькі до властивостей заліза. Він м'який (твердість - 130 НВ,) і пластичний , магнітний до 768° С.

3. Аустеніт (А) (C) - твердий розчин впровадження вуглецю β-залізо.

Вуглець займає місце в центрі гранецентрированої кубічної осередки.

Аустеніт має змінну граничну розчинність вуглецю: мінімальну - на 0,8% при температурі 727° С (точка S), максимальну - 2,14% при температурі 1147° С (точка E).

Аустеніт має твердість 200 ... 250 НВ, пластичний (відносне подовження -), парамагнітний.

При розчиненні в аустеніт інших елементів можуть змінюватися властивості і температурні межі існування.

4. Цементит - характеристика дана вище.

У залізовуглецевих сплавах присутні фази: цементит первинний (Ці), цементит вторинний (ЦІІ), цементит третинний (ЦІІІ). Хімічні та фізичні властивості цих фаз однакові. Вплив на механічні властивості сплавів надає відмінність у розмірах, кількості і розташуванні цих виділень. Цементит первинний виділяється з рідкої фази у вигляді великих пластинчастих кристалів. Цементит вторинний виділяється з аустеніту і розташовується у вигляді сітки навколо зерен аустеніту (при охолодженні - навколо зерен перліту). Цементит третинний виділяється з фериту і у вигляді дрібних включень розташовується біля кордонів феритних зерен.

Сталі. Класифікація та маркування сталей.

Сталі є найбільш поширеними матеріалами. Мають хороші технологічні властивості. Вироби отримують в результаті обробки тиском і різанням.

Перевагою є можливість, отримувати потрібний комплекс властивостей, змінюючи склад і вид обробки. Сталі, підрозділяють на вуглецеві і леговані.

Вплив вуглецю і домішок на властивості сталей

Вуглецеві сталі є основними. Їх властивості визначаються кількістю вуглецю і змістом домішок, які взаємодіють із залізом і вуглецем.

Вплив вуглецю.

З ростом вмісту вуглецю в структурі сталі збільшується кількість цементиту, при одночасному зниженні частки фериту. Зміна співвідношення між складовими приводить до зменшення пластичності, а також до підвищення міцності і твердості. Міцність підвищується до вмісту вуглецю близько 1%, а потім вона зменшується, так як утворюється груба сітка цементиту вторинного.

Вуглець впливає на в'язкі властивості. Збільшення вмісту вуглецю підвищує поріг хладоломкості і знижує ударну в'язкість.

Підвищуються електроопір, знижуються магнітна проникність і щільність магнітної індукції.

Вуглець впливає і на технологічні властивості. Підвищення вмісту вуглецю погіршує ливарні властивості сталі (використовуються сталі з вмістом вуглецю до 0,4%), оброблюваність тиском і різанням, зварюваність. Слід враховувати, що сталі з низьким вмістом вуглецю також погано обробляються різанням.

Вплив домішок.

У сталях завжди присутні домішки, які діляться на чотири групи. Постійні домішки: кремній, марганець, сірка, фосфор.

Марганець і кремній вводяться в процесі виплавки стали для розкислення, вони є технологічними домішками.

Зміст марганцю не перевищує 0,5 ... 0,8%. Марганець підвищує міцність, не знижуючи пластичності, і різко знижує краснеломкість сталі, викликану впливом сірки. Він сприяє зменшенню вмісту сульфіда

Класифікація та маркування сталей

Класифікація сталей

Стали класифікуються по безлічі ознак.

1. За хімічним: складом: вуглецеві і леговані.

2. За вмістом вуглецю:

низьковуглецевих, з вмістом вуглецю до 0,25%;

середньовуглецевого, з вмістом вуглецю 0,3 ... 0,6%;

високовуглецеві, з вмістом вуглецю вище 0,7%

3. За рівноважної структури: доєвтектоїдні, евтектоїдні, заєвтектоїдні.

4. За якістю. Кількісним показником якості є вмісту шкідливих домішок: сірки і фосфору:

$0,04 \leq S \leq 0,06\%$ $0,04 \leq P \leq 0,08\%$ - вуглецеві сталі звичайної якості:

$P, S = 0,03 \dots 0,04\%$ - якісні сталі;

$P, S \leq 0,03\%$ - високоякісні сталі.

1. По способу виплавки:

- в мартенівських печах;
- в кислородних конверторах;
- в електричних печах: електродугових, індукційних і др.

Сталь У8, сталь У13.

Зміст вуглецю, відповідно, 0,8% і 1,3%

Інструментальні високоякісні вуглецеві сталі. Маркуються аналогічно якісним інструментальним вуглецевим сталям, тільки в кінці марки ставлять букву А, для позначення високої якості сталі.

Сталь У10А.

Термообробка та застосування легованої сталі

(б) Якісні і високоякісні леговані сталі

2. За призначенням:

конструкційні - застосовуються для виготовлення деталей машин і механізмів;

інструментальні - застосовуються для виготовлення різних інструментів;

спеціальні - сталі з особливими властивостями: електротехнічні, з особливими магнітними властивостями і ін.

Маркування сталей

Прийнято буквено-цифрове позначення сталей

Вуглецеві сталі звичайної якості (ГОСТ 380).

Стали містять підвищену кількість сірки та фосфору

Маркуються Ст.2кп., БСт.3кп, ВСт.3пс, ВСт.4сп.

Ст - індекс цієї групи сталі. Цифри від 0 до 6 - це умовний номер марки сталі. Зі збільшенням номера марки зростає міцність і знижується пластичність сталі. За гарантією при постачанні існує три групи сталей: А, Б і В. Для сталей

групи А при поставці гарантуються механічні властивості, в позначенні індекс групи А не вказується. Для сталей групи Б гарантується хімічний склад. Для сталей групи В при поставці гарантуються і механічні властивості, і хімічний склад.

Індекси кп, пс, сп вказують ступінь розкислення сталі: кп - кипляча, пс - напівспокійна, сп - спокійна.

Якісні вуглецеві сталі

Якісні сталі поставляють з гарантованими механічними властивостями і хімічним складом (група В). Ступінь розкисленням, в основному, спокійна.

Конструкційні якісні вуглецеві сталі Маркіруються двозначним числом, що вказує середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Вказується ступінь розкисленням, якщо вона відрізняється від спокійної.

Сталь 08 кп, пс сталь 10, сталь 45.

Зміст вуглецю, відповідно, 0,08%, 0,10%, 0,45%.

Інструментальні якісні вуглецеві сталі маркіруються буквою У (вуглецева інструментальна сталь) і числом, що вказує вміст вуглецю в десятих частках відсотка.

Позначення буквено-цифрове. Легуючі елементи мають умовні позначення, Позначаються буквами російського алфавіту.

Позначення легуючих елементів:

Х - хром, Н - нікель, М - молібден, В - вольфрам,

К - кобальт, Т - титан, А - азот (вказується в середині марки),

Г - марганець, Д - мідь, Ф - ванадій, С - кремній,

П - фосфор, Р - бор, Б - ніобій, Ц - цирконій,

Ю – алюміній

Леговані конструкційні сталі

Сталь 15Х25Н19ВС2

На початку марки вказується двухзначне число, що показує вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Далі перераховуються легуючі елементи. Число, наступне за умовним позначення елемента, показує його вміст у відсотках,

Якщо число не вказане, то вміст елемента не перевищує 1,5%.

У зазначеній марці сталі міститься 0,15% вуглецю, 25% хрому, 19% нікелю, до 1,5% вольфраму, до 2% кремнію.

Для позначення високоякісних легованих сталей в кінці марки зазначається символ А.

Леговані інструментальні сталі

Сталь 9ХС, сталь ХВГ.

На початку марки вказується однозначне число, що показує вміст вуглецю в десятих частках відсотка. При вмісті вуглецю більше 1%, число не вказується,

Далі перераховуються легуючі елементи, із зазначенням їх змісту.

Деякі сталі мають нестандартні позначення.

Швидкорізальні інструментальні сталі

Сталь Р18

Р - індекс цієї групи сталей (від швидкий - швидкість). Зміст вуглецю більше 1%. Число показує вміст основного легуючого елемента - вольфраму.

У зазначеній сталі вміст вольфраму - 18%.

Якщо сталі містять легуючі елементи, то їх вміст вказується після позначення відповідного елемента.

шарикопідшипникові сталі

Сталь ШХ6, сталь ШХ15ГС

Ш - індекс цієї групи сталей. Х - вказує на наявність у сталі хрому. Подальше число показує вміст хрому в десятих частках відсотка, у зазначених сталях, відповідно, 0,6% і 1,5%. Також вказуються входять до складу сталі легуючі елементи. Зміст вуглецю більше 1%.

Випробування залізомістких матеріалів на твердість, міцність на розрив, утомна міцність і міцність на удар

Фізичні властивості металів: густина, тепло-та-електропровідність

Механічні властивості і способи визначення їх кількісних характеристик: твердість, в'язкість, втомна міцність

Твердість - це опір матеріалу проникненню в його поверхню стандартного тіла (індентора), не деформується при випробуванні.

Широке поширення пояснюється тим, що не потрібні спеціальні зразки.

Це неруйнівний метод контролю. Основний метод оцінки якості термічної обробки виробу. Про твердості судять або по глибині проникнення індентора (метод Роквелла), або за величиною відбитка від вдавнення (методи Бринелля, Віккерса, мікротвердості).

У всіх випадках відбувається пластична деформація матеріалу. Чим більше опір матеріалу пластичної деформації, тим вище твердість.

Найбільшого поширення набули методи Бринелля, Роквелла, Віккерса і мікротвердості. Схеми випробувань представлені на рис. 7.1.

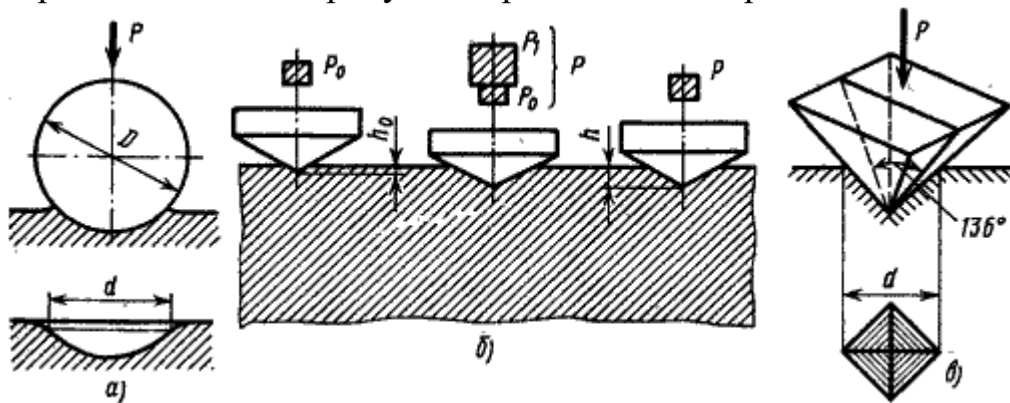


Рис. 7.1. Схеми визначення твердості: а - по Бринеллю, б - по Роквеллу, в - по Віккерсу

Твердість по Бринеллю (ГОСТ 9012)

Випробування проводять на твердомере Бринелля (рис.7.1 а)

Як індентора використовується сталевий загартований кульку діаметром D 2,5, 5, 10 мм, в залежності від товщини виробу.

Навантаження P, в залежності від діаметру кульки і вимірюваної твердості: для термічно обробленої сталі і чавуну -, литий бронзи і латуні -, алюмінію та інших дуже м'яких металів -.

Тривалість витримки: для сталі і чавуну - 10 с, для латуні і бронзи - 30 с.

Отриманий відбиток вимірюється в двох напрямках за допомогою лупи Бринелля.

Твердість визначається як відношення прикладеного навантаження P до сферичної поверхні відбитка F:

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

Метод Роквелла ГОСТ 9013

Заснований на вдавливанні в поверхню наконечника під певним навантаженням (рис. 7,1 б)

Індентор для м'яких матеріалів (до HB 230) - сталева кулька діаметром 1/16" (1,6 мм), для більш твердих матеріалів - конус алмазний.

Навантаження здійснюється в два етапи. Спочатку прикладається попереднє навантаження (10 КТС) для щільного зіткнення наконечника зі зразком. Потім прикладається основне навантаження P1, на протязі деякого часу діє спільне робоче навантаження P. Після зняття основного навантаження визначають значення твердості за глибиною залишкового вдавлення наконечника під навантаженням.

В залежності від природи матеріалу використовують три шкали твердості

(табл. 7.1)

Шкала	Обозначение	Индентор	Нагрузка, кг			Область применения
			P0	P1	P2	
A	HRA	Алмазный конус < 1200	10	50	60	Для особо твёрдых материалов
B	HRB	Стальной закаленный шарик Ø1/16"	10	90	100	Для относительно мягких материалов
C	HRC	Алмазный конус < 1200	10	140	150	Для относительно твёрдых материалов

метод Віккерса

Твердість визначається за величиною відбитка (рис.7.1 в).

Як індентора використовується алмазна чотиригранна піраміда з кутом при вершині 136° .

Твердість розраховується як відношення прикладеного навантаження P до площі поверхні відбитка F :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Навантаження P становить 5 ... 100 кгс. Діагональ відбитка d вимірюється за допомогою мікроскопа, встановленого на приладі.

Перевага даного способу в тому, що можна вимірювати твердість будь-яких матеріалів, тонкі вироби, поверхневі слої. Висока точність і чутливість методу.

Спосіб мікротвердості - для визначення твердості окремих структурних складових і фаз сплаву, дуже тонких поверхневих шарів (соті частки міліметра).

Аналогічний способу Віккерса. Індентор - піраміда менших розмірів, навантаження при вдавлюванні P складають 5 ... 500 гс

$$H_{200} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

Метод дряпання.

Алмазним конусом, пірамідою або кулькою наноситься подряпина, яка є мірою. При нанесенні подряпин на інші матеріали та порівнянні їх з мірою судять про твердість матеріалу.

Можна нанести подряпину шириною 10 мм під дією певного навантаження. Спостерігають за величиною навантаження, яка дає цю ширину.

Динамічний метод (по Шору)

Шарик кидають на поверхню з заданої висоти, він відскакує на певну величину. Чим більше величина відскоку, тим твердіше матеріал.

У результаті проведення динамічних випробувань на ударний вигин спеціальних зразків з надрізом (ГОСТ 9454) оцінюється в'язкість

матеріалів і встановлюється їх схильність до переходу з в'язкого стану в крихке.

В'язкість - здатність матеріалу поглинати механічну енергію зовнішніх сил за рахунок пластичної деформації.

Є енергетичною характеристикою матеріалу, виражається в одиницях роботи. В'язкість металів і сплавів визначається їх хімічним складом, термічною обробкою та іншими внутрішніми факторами.

Також в'язкість залежить від умов, в яких працює метал (температури, швидкості навантаження, наявності концентраторів напруги).

Вплив температури.

З підвищенням температури в'язкість збільшується (див. рис. 7. 2).

Межа плинності σ_T істотно змінюється зі зміною температури, а опір відриву σ_{ot} не залежить від температури. При температурі вище T_v межа плинності менша опору відриву. При навантаженні спочатку має місце

пластичне деформування, а потім - руйнування. Метал знаходиться у в'язкому стані.

При температурі нижче T_H опір відриву менше межі текучості. У цьому випадку метал руйнується без попередньої деформації, тобто перебуває в крихкому стані. Перехід з в'язкого стану в крихке здійснюється в інтервалі температур

Хладоломкістю називається схильність металу до переходу в крихке становище з пониженням температури.

Хладоломкими є залізо, вольфрам, цинк та інші метали, які мають об'ємноцентровану кубічну і гексагональну щільноупаковану кристалічну решітку.

Способи оцінки в'язкості.

Ударна в'язкість характеризує надійність матеріалу, його здатність чинити опір крихкому руйнуванню

Випробування проводять на квадратних зразках з надрізами певної форми і розмірів. Зразок встановлюють на опорах копра надрізом в сторону, протилежну удару ножа маятника, який піднімають на певну висоту (рис. 7.3)

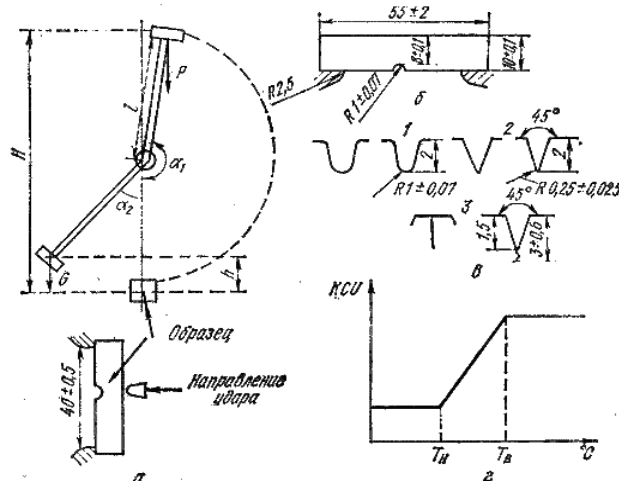


Рис.7.3. Схема випробування на ударну в'язкість: а - схема маятнікового копра; б - стандартний зразок з надрізом; в - види концентраторів напружень; г - залежність в'язкості від температури

На руйнування зразка витрачається робота: $A = P(H - h)$

де: P - вага маятника, H - висота підйому маятника до удару, h - висота підйому маятника після удару.

Характеристикою в'язкості є ударна в'язкість (α_u), - питома робота руйнування.

$$\alpha_u = \frac{A}{F_0}$$

де: F_0 - площа поперечного перерізу в місці надрізу.

ГОСТ 9454 - 78 ударну в'язкість позначає KCV. KCU. KCT. KC - символ ударної в'язкості, третій символ показує вид надрізу: гострий (V), з радіусом закруглення (U), тріщина (T) (рис. 7,3 в)

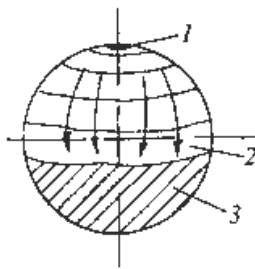
Серійні випробування для оцінки схильності металу до хладоломкості та визначення критичних порогів хладоломкості.

Відчувають серію зразків при різних температурах і будують криві ударна в'язкість - температура (ан - T) (рис. 7,3 г), визначаючи пороги хладоломкості.

Поріг хладоломкості - температурний інтервал зміни характеру руйнування, є важливим параметром конструкційної міцності. Чим нижче поріг хладоломкості, тим менш чутливий метал до концентраторів напружень (різкі переходи, отвори, ризики), до швидкості деформації.

Оцінка в'язкості по виду зламу.

При в'язкому стані металу в зламі більше 90% волокон, за верхній поріг хладоломкості T_v приймається температура, що забезпечує такий стан. При крихкому стані металу в зламі 10% волокон, за нижній поріг хладоломкості T_n приймається температура, що забезпечує такий стан. У техніці за поріг хладоломкості приймають температуру, при якій в зламі 50% в'язкої складової. Причому ця температура повинна бути нижче температури експлуатації виробів не менш ніж на 40 °С.



Випробування на виносівість (ГОСТ 2860) дають характеристики втомної міцності.

Втома - руйнування матеріалу при повторних знакозмінних напругах, величина яких не перевищує межі текучості.

Усталостная міцність - здатність матеріалу чинити опір втоми.

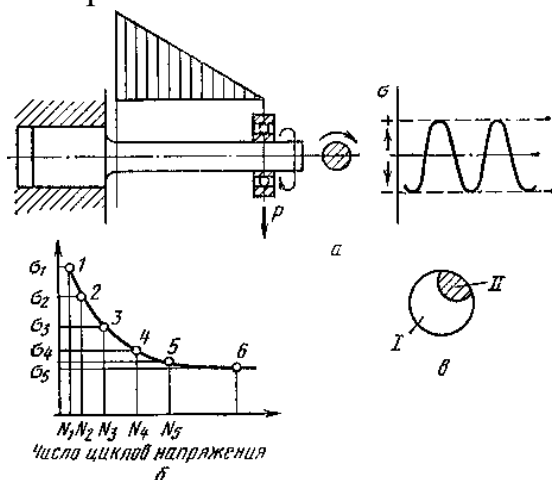
Процес втоми складається з трьох етапів, відповідні цим етапам зони в зламі показані на рис.7.4.

1 - освіта тріщини в найбільш навантаженої частини перерізу, яка піддавалася мікродеформації і отримала максимальне зміцнення

2 - поступове поширення тріщини, гладка притерта поверхню

3 - остаточне руйнування, зона "доломіт", живе перетин зменшується, а справжнє напруження збільшується, поки не відбувається руйнування крихке або в'язке

Рис 7.4. Схема зародження і розвитку тріщини при змінному вигині круглого зразка



Характеристики втомної міцності визначаються при циклічних випробуваннях "вигин при обертанні". Схема представлена на рис. 7.5.

Рис. 7.5. Випробування на втоми (а), крива втоми (б)

Основні характеристики:

Межа винослівпсті (- при симетричному зміні навантаження - при несиметричному зміні навантаження) - максимальне напруження, витримується матеріалом за довільно велике число циклів навантаження N .

Обмежений межа витривалості - максимальна напруга, витримується матеріалом за певне число циклів навантаження або час.

Живучість - різниця між числом циклів до повного руйнування і числом циклів до появи втомної тріщини.

Технологічні властивості

Технологічні властивості характеризують здатність матеріалу піддаватися різним способам холодної та гарячої обробки.

1. Ливарні властивості.

Характеризують здатність матеріалу до отримання з нього якісних виливків.

Рідкотекучість - характеризує здатність розплавленого металу заповнювати ливарну форму.

Усадка (лінійна та об'ємна) - характеризує здатність матеріалу змінювати свої лінійні розміри та об'єм в процесі затвердіння й охолодження. Для попередження лінійної усадки при створенні моделей використовують нестандартні метри.

Ліквация - неоднорідність хімічного складу за обсягом.

2. Здатність матеріалу до обробки тиском.

Це здатність матеріалу змінювати розміри і форму під впливом зовнішніх навантажень не руйнуючись.

Вона контролюється в результаті технологічних випробувань, що проводяться в умовах, максимально наближених до виробничих.

Листовий матеріал випробовують на перегин і витяжку сферичної лунки. Дріт відчують на перегин, скручування, на навивання. Труби відчують на роздачу, сплющування до певної висоти і вигин.

Критерієм придатності матеріалу є відсутність дефектів після випробування.

3. Зварюваність.

Це здатність матеріалу утворювати нероз'ємні з'єднання необхідної якості. Оцінюється за якістю зварного шва.

4. Здатність до обробки різанням.

Характеризує здатність матеріалу піддаватися обробці різних ріжучим інструментом. Оцінюється по стійкості інструменту і за якістю поверхневого шару.

Експлуатаційні властивості

Експлуатаційні властивості характеризують здатність матеріалу працювати в конкретних умовах.

1. Зносостійкість - здатність матеріалу чинити опір поверхневому руйнуванню під дією зовнішнього тертя.

2. Корозійна стійкість - здатність матеріалу чинити опір дії агресивних кислотних, лужних середовищ.

3. Жаростійкість - це здатність матеріалу чинити опір окисленню в газовому середовищі при високій температурі.

4. Жароміцність - це здатність матеріалу зберігати свої властивості при високих температурах.

5. Хладостойкість - здатність матеріалу зберігати пластичні властивості при негативних температурах.

6. Антифрикційність - здатність матеріалу прироблятися до іншого матеріалу.

Ці властивості визначаються спеціальними випробуваннями в залежності від умов роботи виробів.

При виборі матеріалу для створення конструкції необхідно повністю враховувати механічні, технологічні та експлуатаційні властивості.

Конструкційна міцність матеріалів

В результаті випробувань отримують характеристики:

- силові (межа пропорційності, межа пружності, межа плинності, межа міцності, границя витривалості);
- деформаційні (відносне подовження, відносне звуження);
- енергетичні (ударна в'язкість).

Всі вони характеризують загальну міцність матеріалу незалежно від призначення, конструкції і умов експлуатації. Висока якість деталі може бути досягнуто тільки при обліку всіх особливостей, які мають місце в процесі роботи деталі, і які визначають її конструкційну міцність.

Конструкційна міцність - комплекс міцнісних властивостей, які знаходяться в найбільшій кореляції зі службовими властивостями даного виробу, забезпечують тривалу і надійну роботу матеріалу в умовах експлуатації.

На конструкційну міцність впливають такі чинники:

- конструкційні особливості деталі (форма та розміри);
- механізми різних видів руйнування деталі;
- стан матеріалу в поверхневому шарі деталі;
- процеси, що відбуваються в поверхневому шарі деталі, що призводять до відмов при роботі.

Необхідною умовою створення якісних конструкцій при економному використанні матеріалу є врахування додаткових критеріїв, що впливають на конструкційну міцність. Цими критеріями є надійність і довговічність.

Надійність - властивість виробів, виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного часу або опір матеріалу крихкому руйнуванню.

Розвиток крихкого руйнування відбувається при низьких температурах, при наявності тріщин, при підвищених залишкових напругах, а також при розвитку втомних процесів та корозії.

Критеріями, що визначають надійність, є температурні пороги хладоломкості, опір поширенню тріщин, ударна в'язкість, характеристики пластичності, живучість.

Довговічність - здатність деталі зберігати працездатність до певного стану.

Довговічність визначається втомою металу, процесами зносу, корозії та іншими, які викликають поступове руйнування і не тягнуть аварійних наслідків, тобто умовами роботи.

Критеріями, що визначають довговічність, є втомна міцність, зносостійкість, опір корозії, контактна міцність.

Загальними принципами вибору критеріїв для оцінки конструкційної міцності є:

- аналогія виду напруженого стану в випробовуваних зразках і виробих;
- аналогія умов випробування зразків та умов експлуатації (температура, середа, порядок навантажування;
- аналогія характеру руйнування і виду зламу в зразку і виробі.

класифікація чавунів

Чавун відрізняється від сталі: за складом - більш високий вміст вуглецю і домішок, за технологічними властивостями - більш високі ливарні властивості, мала здатність до пластичної деформації, майже не використовується в зварних конструкціях.

В залежності від стану вуглецю в чавуні розрізняють:

- білий чавун - вуглець у зв'язаному стані у вигляді цементиту, в зламі має білий колір і металевий блиск;
- сірий чавун - весь вуглець або більша частина знаходиться у вільному стані у вигляді графіту, а у зв'язаному стані знаходиться не більше 0,8% вуглецю. Через велику кількість графіту його злам має сірий колір;
- половинчастий - частина вуглецю знаходиться у вільному стані у формі графіту, але не менше 2% вуглецю знаходиться у формі цементиту. Мало використовується в техніці.

Види термічної обробки металів.

Властивості сплаву залежать від його структури. Основним способом, що дозволяє змінювати структуру, а, отже, і властивості є термічна обробка.

Основи термічної обробки розробив Чернов Д.К.. Надалі вони розвивалися в роботах Бочвара А.А., Курдюмова Г.В., Гуляєва А.П.

Термічна обробка являє собою сукупність операцій нагрівання, витримки та охолодження, що виконуються в певній послідовності при певних режимах, з метою зміни внутрішньої будови сплаву і отримання потрібних властивостей (представляється у вигляді графіка в осях температура - .. Час, см рис 12.1).

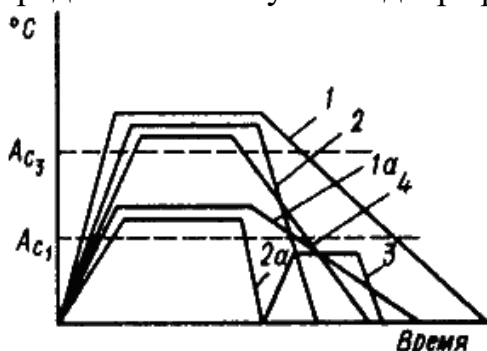


Рис.12.1. Графіки різних видів термообробки: відпалу (1, 1а), загартування (2, 2а), відпустки (3), нормалізації (4)

Розрізняють такі види термічної обробки:

1. Відпал I роду - можливий для будь-яких металів і сплавів.

Його проведення не обумовлено фазовими перетвореннями в твердому стані.

Нагрівання, при відпалі першого роду, підвищуючи рухливість атомів, частково або повністю усуває хімічну неоднорідність, зменшує внутрішнє напруження.

Основне значення має температура нагріву і час витримки. Характерним є повільне охолодження

Різновидами відпалу першого роду є:

- дифузійний;
- рекристалізаційний;
- відпал для зняття напруги після кування, зварювання, лиття.

2. Відпал II роду - відпал металів і сплавів, що зазнають фазові перетворення в твердому стані при нагріванні і охолодженні.

Проводиться для сплавів, в яких є поліморфні або евтектоїдних перетворення, а також мінлива розчинність компонентів у твердому стані.

Проводять відпал другого роду з метою отримання більш рівноважної структури та підготовки її до подальшої обробки. В результаті відпалу подрібнюється зерно, підвищуються пластичність і в'язкість, знижуються міцність і твердість, поліпшується оброблюваність різанням.

Характеризується нагріванням до температур вище критичних і дуже повільним охолодженням, як правило, разом з піччю (рис. 12.1 (1, 1а)).

3. Загартування - проводиться для сплавів, що зазнають фазові перетворення в твердому стані при нагріванні і охолодженні, з метою підвищення твердості і міцності шляхом утворення нерівноважних структур (сорбіт, троостит, мартенсит).

Характеризується нагріванням до температур вище критичних і високими швидкостями охолодження (рис. 12.1 (2, 2а)).

4. Відпустка - проводиться з метою зняття внутрішніх напружень, зниження твердості і збільшення пластичності і в'язкості загартованих сталей.

Характеризується нагріванням до температури нижче критичної A_1 (рис. 12.1 (3)). Швидкість охолодження ролі не грає. Відбуваються перетворення, що зменшують ступінь нерівноважності структури загартованої сталі.

Термічну обробку поділяють на попередню і остаточну.

Попередня - застосовується для підготовки структури і властивостей матеріалу для наступних технологічних операцій (для обробки тиском, поліпшення оброблюваності різанням).

Остаточна - формує властивість готового виробу.

Перетворення, які відбуваються в структурі сталі при нагріві і охолодженні

Будь-який різновид термічної обробки складається з комбінації чотирьох основних перетворень, в основі яких лежать прагнення системи до мінімуму

вільної енергії. Неправильний режим нагріву може привести або до перегріву, або до перепалу сталі.

Перегрів. Нагрівання доєвтектоїдних сталей значно вище температури призводить до інтенсивного росту зерна аустеніту. При охолодженні ферит виділяється у вигляді пластинчастих або голчастих кристалів. Така структура називається відманштеттовою структурою і характеризується зниженими механічними властивостями. Перегрів можна виправити повторним нагріванням до оптимальних температур з наступним повільним охолодженням.

Перепал має місце, коли температура нагріву наближається до температури плавлення. При цьому спостерігається окислення кордонів зерен, що різко знижує міцність сталі. Злам такої сталі кам'яноподібний. Перепал - невиправний брак.

Технологічні можливості і особливості відпалу, нормалізації, гартування та відпуску

При розробці технології необхідно встановити:

- режим нагріву деталей (температуру і час нагрівання);
- характер середовища, де здійснюється нагрів і її вплив на матеріал сталі;
- умови охолодження.

Режими термічної обробки призначають відповідно до діаграмами стану і діаграмою ізотермічного розпаду аустеніту.

Нагрівання може здійснюватися в нагрівальних печах, палива або електричних, в соляних ваннах або в ваннах з розплавленим металом, пропусканням через виріб електричного струму або в результаті індукційного нагріву.

З точки зору продуктивності, нагрівання з максимальною швидкістю зменшує окалінообформування, знеуглецювання і зростання аустенітного зерна. Однак необхідно враховувати перепад температур по перетину, що веде до виникнення термічних напружень. Якщо розтягуючі напруження перевищують межу міцності або межу плинності, то можливо викривлення або утворення тріщин.

Відпал і нормалізація. Призначення та режими

Відпал, знижуючи твердість і підвищуючи пластичність і в'язкість за рахунок отримання рівноважної дрібнозернистої структури, дозволяє:

- поліпшити оброблюваність заготовок тиском і різанням;
- виправити структуру зварних швів, перегрітої при обробці тиском і лиття сталі;
- підготувати структуру до подальшої термічної обробки.

Характерно повільне охолодження зі швидкістю 30 ... 100 °C / ч.

Відпал першого роду.

1. Дифузійний (гомогенізований) отжиг. Застосовується для усунення ліквідації, вирівнювання хімічного складу сплаву.

У його основі - дифузія. В результаті нагрівання вирівнюється склад, розчиняються надлишкові карбіди. Застосовується, в основному, для легованих сталей.

Температура нагріву залежить від температури плавлення, $T_H = 0,8 T_{пл}$.

Тривалість витримки: годин.

2. Рекристаллізаційний отжиг проводиться для зняття напружень після холодної пластичної деформації.

Температура нагріву пов'язана з температурою плавлення: $T_H = 0,4 T_{пл}$. Тривалість залежить від габаритів виробу.

3. Відпал для зняття напружень після гарячої обробки (лиття, зварювання, обробки різанням, коли потрібна висока точність розмірів).

Температура нагріву вибирається в залежності від призначення, знаходиться в широкому діапазоні: $T_H = 160 \dots 700^\circ\text{C}$.

Тривалість залежить від габаритів виробу.

Деталі прецизійних верстатів (ходові гвинти, високонавантажених зубчасті колеса, черв'яки) відпалюють після основної механічної обробки при температурі $570 \dots 600^\circ\text{C}$ протягом 2 ... 3 годин, а після остаточної механічної обробки, для зняття шліфувальних напружень - при температурі $160 \dots 180^\circ\text{C}$ протягом 2 ... 2,5 годин.

Відпал другого роду призначений для зміни фазового складу.

Температура нагріву і час витримки забезпечують потрібні структурні перетворення. Швидкість охолодження повинна бути такою, щоб встигли відбутися зворотні дифузійні фазові перетворення.

Є підготовчої операцією, якої піддають виливки, поковки, прокат. Відпал знижує твердість і міцність, покращує оброблюваність різанням середньо-і високовуглецевих сталей. Подрібнюючи зерно, знижуючи внутрішні напруження і зменшуючи структурну неоднорідність сприяє підвищенню пластичності і в'язкості.

Залежно від температури нагрівання розрізняють відпал:

1. повний, з температурою нагріву на $30 \dots 50^\circ\text{C}$ вище критичної температури A_3

$$T_{\text{н}} = A_3 + (30 \dots 50)^\circ\text{C}$$

Проводиться для доевтектоїдних сталей для виправлення структури.

При такій температурі нагріву аустеніт виходить дрібнозернистий, і після охолодження сталь має також дрібнозернисту структуру.

2. неповний, з температурою нагріву на $30 \dots 50^\circ\text{C}$ вище критичної температури A_1

$$T_{\text{н}} = A_1 + (30 \dots 50)^\circ\text{C}$$

Застосовується для заевтектоїдних сталей. При такому нагріві в структурі зберігається цементит вторинний, в результаті відпалу цементит набуває сферичну форму (сфероїдизація). Отриманню зернистого цементиту сприяє попередня отжигу гаряча пластична деформація, при якій дробиться цементитна сетка. Структура з зернистим цементитом краще обробляються і

мають кращу структуру після гарту. Неповний відпал є обов'язковим для інструментальних сталей.

Іноді неповний отжиг застосовують для доевтектоїдних сталей, якщо не потрібно виправлення структури (сталь дрібнозерниста), а необхідно тільки знизити твердість для поліпшення оброблюваності різанням.

3. циклічний або маятниковий отжиг застосовують, якщо після проведення неповного відпалу цементит залишається пластинчастим. У цьому випадку після нагріву вище температури A_1 слід охолодження до $680\text{ }^{\circ}\text{C}$, потім знову нагрів до температури $750 \dots 760\text{ }^{\circ}\text{C}$ і охолодження. В результаті отримують зернистий цементит.

4. ізотермічний відпал - після нагріву до необхідної температури, виріб швидко охолоджують до температури на $50 \dots 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче критичної температури A_1 і витримують до повного перетворення аустеніту в перліт, потім охолоджують на спокійному повітрі. Температура ізотермічної витримки близька до температури мінімальної стійкості аустеніту.

В результаті одержують більш однорідну структуру, так як перетворення відбувається при однаковому ступені переохолодження. Значно скорочується тривалість процесу. Застосовують для легованих сталей.

5. Нормалізація. - Різновид відпалу. Термічна обробка, при якій виріб нагрівають до аустенітного стану, на $30 \dots 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище A_3 або A_{cm} з подальшим охолодженням на повітрі.

$$T_n = A_3 + (30 \dots 50)^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Або } T_n = A_{cm} + (30 \dots 50)^{\circ}\text{C}$$

В результаті нормалізації отримують більш тонку будову евтектоїда (тонкий перліт або сорбіт), зменшуються внутрішні напруження, усуваються вади, отримані в процесі попередньої обробки. Твердість і міцність трохи вище ніж після відпалу. В заевтектоїдних сталях нормалізація усуває грубу сітку вторинного цементиту.

Нормалізацію частіше застосовують як проміжну операцію, поліпшує структуру. Іноді проводять як остаточну обробку, наприклад, при виготовленні сортового прокату.

Для низьковуглецевих сталей нормалізацію застосовують замість відпалу.

Для середньовуглецевих сталей нормалізацію або нормалізацію з високим відпуском застосовують замість гарту з високим відпусткою. У цьому випадку механічні властивості трохи нижче, але виріб піддається меншій деформації, виключаються тріщини.

Хіміко-термічна обробка сталі

Хіміко-термічна обробка (ХТО) - процес зміни хімічного складу, мікроструктури і властивостей поверхневого шару деталі.

Зміна хімічного складу поверхневих шарів досягається в результаті їх взаємодії з навколишнім середовищем (твердої, рідкої, газоподібної, плазмової), в якій здійснюється нагрів.

В результаті зміни хімічного складу поверхневого шару змінюються його фазовий склад і мікроструктура,

Основними параметрами хіміко-термічної обробки є температура нагріву і тривалість витримки.

В основі будь-якого різновиду хіміко-термічної обробки лежать процеси дисоціації, адсорбції, дифузії.

Дисоціація - отримання насичує елемента в активованому атомарному стані в результаті хімічних реакцій, а також випаровування. Наприклад, адсорбція - захоплення поверхнею деталі атомів насичує елемента.

Адсорбція - завжди екзотермічний процес, що призводить до зменшення вільної енергії.

Дифузія - переміщення адсорбованих атомів вглиб виробу.

Для здійснення процесів адсорбції і дифузії необхідно, щоб насичує елемент взаємодіяв з основним металом, утворюючи тверді розчини або хімічні сполуки.

Хіміко-термічна обробка є основним способом поверхневого зміцнення деталей.

Основними різновидами хіміко-термічної обробки є:

- цементация (насичення поверхневого шару вуглецем);
- азотування (насичення поверхневого шару азотом);
- нітроцементация або ціанування (насичення поверхневого шару одночасно вуглецем і азотом);
- дифузійна металізація (насичення поверхневого шару різними металами).

Призначення та технологія видів хіміко-термічної обробки: цементация, азотування нітроцементация і дифузійної металізація

Цементация

Цементация - хіміко-термічна обробка, яка полягає в дифузійному насиченні поверхневого шару атомами вуглецю при нагріванні до температури 900 ... 950 оС.

Цементация піддають сталі з низьким вмістом вуглецю (до 0,25%).

Нагрівання виробів здійснюють в середовищі, легко віддає вуглець. Підібравши режими обробки, поверхневий шар насичують вуглецем до необхідної глибини.

Глибина цементация (ч) - відстань від поверхні виробу до середини зони, де в структурі є однакові обсяги фериту та перліту (ч. = 1 ... 2 мм).

Ступінь цементация - середній вміст вуглецю в поверхневому шарі (зазвичай, не більше 1,2%).

Більш високий вміст вуглецю призводить до утворення значних кількостей цементиту вторинного, який повідомляє шару підвищену крихкість.

На практиці застосовують цементацию в твердому і газовому карбюризаторе (насичуватися вуглецем середовищі).

Ділянки деталей, які не піддаються цементация, попередньо покриваються міддю (електролітичним способом) або глиняного сумішшю.

Цементация в твердому карбюризаторі.

Майже готові вироби, з припуском під шліфування, укладають у металеві ящики і пересипають твердим карбюризатором. Використовується деревне вугілля з добавками вуглекислих солей BaCO_3 , Na_2CO_3 в кількості 10 ... 40%. Закриті ящики укладають в піч і витримують при температурі 930 ... 950 °С.

За рахунок кисню повітря відбувається неповне згоряння вугілля з утворенням окису вуглецю (CO), яка розкладається з утворенням атомарного вуглецю по реакції:

Утворені атоми вуглецю адсорбуються поверхнею виробів і дифундують вглиб металу.

Недоліками даного способу є:

- значні витрати часу (для цементації на глибину 0,1 мм витрачається 1:00);
- низька продуктивність процесу;
- громіздке обладнання;
- складність автоматизації процесу.

Спосіб застосовується в дрібносерійному виробництві.

Газова цементація.

Процес здійснюється в печах з герметичною камерою, наповненою газовим карбюризатором.

Атмосфера вуглецевих газів включає азот, водень, водяні пари, які утворюють газ-носії, а також окис вуглецю, метан та інші вуглеводні, які є активними газами.

Глибина цементації визначається температурою нагріву і часом витримки.

Переваги способу:

- можливість отримання заданої концентрації вуглецю в шарі (можна регулювати вміст вуглецю, змінюючи співвідношення складових атмосфери газів);
- скорочення тривалості процесу за рахунок спрощення подальшої термічної обробки;
- можливість повної механізації й автоматизації процесу.

Спосіб застосовується в серійному і масовому виробництві.

Термічна обробка після цементації

В результаті цементації досягається тільки вигідне розподіл вуглецю по перетину. Остаточну формує властивості цементованном деталі подальша термообробка. Всі вироби піддають загартуванню з низьким відпусткою. Після гарту цементованном виріб набуває високу твердість і зносостійкість, підвищується межа контактної витривалості і межа витривалості при згині, при збереженні в'язкої серцевини.

Комплекс термічної обробки залежить від матеріалу і призначення виробу.

Азотування

Азотування - хіміко-термічна обробка, при якій поверхневі шари насичуються азотом.

Вперше азотування здійснив Чижевський І.П., промислове застосування - в двадцяті роки.

При азотуванні збільшуються не тільки твердість і зносостійкість, але також підвищується корозійна стійкість.

При азотуванні вироби завантажують в герметичні печі, куди надходить аміак NH_3 з певною швидкістю. При нагріванні аміак диссоціює по реакції: $2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$. Атомарний азот поглинається поверхнею і дифундує всередину виробу.

Фази, що виходять в азотованого шарі вуглецевих сталей, не забезпечують високої твердість, і утворюється шар крихкий.

Для азотування використовують сталі, що містять алюміній, молібден, хром, титан. Нітриди цих елементів дисперсних і володіють високою твердістю і термічної стійкістю.

Типові азотіруемые сталі: 38ХМЮА, 35ХМЮА, 30ХТ2НЗЮ. Глибина і поверхнева твердість азотованого шару залежать від ряду факторів, з яких основні: температура азотування, тривалість азотування і склад азотіруемой сталі.

В залежності від умов роботи деталей розрізняють азотування:

- для підвищення поверхневої твердості і зносостійкості;
- для поліпшення корозійної стійкості (антикорозійне азотування).

У першому випадку процес проводять при температурі 500 ... 560 °С протягом 24 ... 90 годин, так як швидкість азотування становить 0,01 мм / ч. Вміст азоту в поверхневому шарі становить 10 ... 12%, товщина шару (ч) - 0,3 ... 0,6 мм. На поверхні отримують твердість близько 1000 НV. Охолодження проводять разом з піччю в потоці аміаку.

Значне скорочення часу азотування досягається при іонному азотуванні, коли між катодом (деталлю) і анодом (контейнерної установкою) порушується тліючий розряд. Відбувається іонізація азотовмісна газу, і іони бомбардуючи поверхню катода, нагрівають його до температури насичення. Катодного розпорошення здійснюється протягом 5 ... 60 хв при напрузі 1100 ... 1400 В і тиску 0,1 ... 0,2 мм рт. ст., робоча напруга 400 ... 1100 В, тривалість процесу до 24 годин.

Антикорозійне азотування проводять і для легованих, і для вуглецевих сталей. Температура проведення азотування - 650 ... 700 °С, тривалість процесу - 10:00. На поверхні утворюється шар - фази товщиною 0,01 ... 0,03 мм, який має високу стійкість проти корозії. (-Фаза - твердий розчин на основі нітриду заліза Fe_3N , що має гексагональну решітку).

Азотування проводять на готових виробах, що пройшли остаточну механічну і термічну обробку (гартування з високим відпуском).

Після азотування в серцевині вироби зберігається структура сорбіту, яка забезпечує підвищену міцність і в'язкість.

Ціанування і нітроцементация

Ціанування - хіміко-термічна обробка, при якій поверхню насичається одночасно вуглецем і азотом.

Здійснюється в ваннах з розплавленими ціаністими солями, наприклад NaCN з добавками солей NaCl, BaCl та ін. При окисленні ціаністого натрію утворюється атомарний азот і окис вуглецю:

Глибина шару і концентрація в ньому вуглецю та азоту залежать від температури процесу та його тривалості.

Ціанірованого шар має високу твердість 58 ... 62 HRC і добре чинить опір зносу. Підвищуються втомна міцність і корозійна стійкість. Тривалості процесу 0,5 ... 2 години.

Високотемпературне ціанування - проводиться при температурі 950 ... 980°C, супроводжується переважним насиченням сталі вуглецем до 0,6 ... 1,2% (рідинна цементация). Вміст азоту в ціанірованого шарі 0,2 ... 0,6%, товщина шару 0,15 ... 2 мм. Після ціанування вироби піддаються гарту і низькому відпуску. Остаточна структура ціанірованого шару складається з тонкого шару карбонітрідів Fe₂(C, N), а потім азотистий мартенсит.

У порівнянні з цементациєю високотемпературне ціанування відбувається з більшою швидкістю, призводить до меншої деформації деталей, забезпечує більшу твердість і опір зносу.

Низькотемпературне ціанування - проводиться при температурі 540 ... 600 °C, супроводжується переважним насиченням сталі азотом.

Проводиться для інструментів з швидкорізальних, високохромистих сталей, є остаточною обробкою.

Основним недоліком ціанування є отруйність ціанистих солей.

Нітроцементация - газове ціанування, здійснюється в газових сумішах з цементу газу і диссоційованого аміаку.

Склад газу температура процесу визначають співвідношення вуглецю та азоту в ціанірованого шарі. Глибина шару залежить від температури і тривалості витримки.

Високотемпературна нітроцементация проводиться при температурі 830 ... 950°C, для машинобудівних деталей з вуглецевих і малолегованої сталей при підвищеному вмісті аміаку. Завершальною термічною обробкою є гартування з низьким відпуском. Твердість досягає 56 ... 62 HRC.

На ВА3і 95% деталей піддаються нітроцементации.

Низькотемпературної нітроцементации піддають інструмент з швидкорізальної сталі після термічної обробки (загартування та відпуску). Процес проводять при температурі 530 ... 570 °C, протягом 1,5 ... 3:00. Утворюється поверхневий шар товщиною 0,02 ... 0,004 мм з твердістю 900 ... 1200 HV.

Нітроцементация характеризується безпекою в роботі, низькою вартістю.

Дифузійна металізація

Дифузійна металізація - хіміко-термічна обробка, при якій поверхня сталевих виробів насичується різними елементами: алюмінієм, хромом, кремнієм, бором та ін.

При насиченні хромом процес називають хромуванням, алюмінієм - алітування, кремнієм - сіліціювання, бором - борирование.

Дифузійну металізацію можна проводити в твердих, рідких та газоподібних середовищах.

При твердій дифузійній металізації металізатора є феросплав з додаванням хлористого амонію (NH_4Cl). В результаті реакції металізатора з HCl або Cl_2 утворюється з'єднання хлору з металом (AlCl_3 , CrCl_2 , SiCl_4), які при контакті з поверхнею дисоціюють з утворенням вільних атомів.

Рідка дифузійна металізація проводиться зануренням деталі в розплавлений метал (наприклад, алюміній).

Газова дифузійна металізація проводиться в газових середовищах, які є хлоридами різних металів.

Дифузія металів протікає дуже повільно, так як утворюються розчини заміщення, тому при однакових температурах дифузійні шари в десятки і сотні разів тонше, ніж при цементації.

Дифузійна металізація - процес дорогий, здійснюється при високих температурах ($1000 \dots 1200^\circ\text{C}$) протягом тривалого часу.

Одним з основних властивостей металізованих поверхонь є жаростійкість, тому жаростійкі деталі для робочих температур $950 \dots 980^\circ\text{C}$ виготовляють з простих вуглецевих сталей з наступним алітіруванням, хромуванням або сіліціюванням. Алітування проводять при температурі $950\text{-}1050^\circ\text{C}$.

Виключно високою твердістю (2000 HV) і високим опором зносу через утворення боридів заліза (лютий FeB_2) характеризуються борованої шари, але ці шари дуже крихкі.

Леговані сталі

Елементи, спеціально вводяться в сталь в певних концентраціях з метою зміни її будови і властивостей, називаються легуючими елементами, а сталі - легованими.

Зміст легіруючих елементів може змінюватися в дуже широких межах: хром або нікель - 1% і більше відсотків, ванадій, молібден, титан, ніобій - $0,1 \dots 0,5\%$, також кремній і марганець - більше 1% . При вмісті легуючих елементів до $0,1\%$ - мікролегування.

В конструкційних сталях легування здійснюється з метою поліпшення механічних властивостей (міцності, пластичності). Крім того міняються фізичні, хімічні, експлуатаційні властивості.

Легуючі елементи підвищують вартість сталі, тому їх використання повинно бути строго обґрунтовано.

Переваги легованих сталей:

- особливості виявляються в термічно обробленому стані, тому виготовляються деталі, що піддаються термічній обробці;
- поліпшені леговані сталі виявляють більш високі показники опору пластичним деформаціям ;
- легуючі елементи стабілізують аустеніт, тому прокаливаемость легованих сталей вище;

- можливе використання більш «м'яких» охолоджувачів (знижується шлюб по гартівних тріщин і викривлення), так як гальмується розпад аустеніту;
- підвищуються запас в'язкості і опір хладоломкості, що призводить до підвищення надійності деталей машин.

Недоліки:

- схильні оборотної відпускнуї крихкості II роду;
- в високолегованих сталях після гарту залишається аустеніт залишковий, який знижує твердість і опірність втоми, тому потрібна додаткова обробка;
- схильні до дендритних ліквіації, так як швидкість дифузії легуючих елементів в залозі мала. Дендрити збіднюється, а кордону - междендритний матеріал - збагачуються легуючим елементом. Утворюється строчно структура після кування і прокатки, неоднорідність властивостей вздовж і впоперек деформування, тому необхідний дифузійний відпал. схильні до утворення флоконов.

Флок - світлі плями в зламі в поперечному перерізі - дрібні тріщини з різною орієнтацією. Причина їх появи - виділення водню, розчиненого в сталі.

При швидкому охолодженні від 200 °С водень залишається в сталі, виділяючись з твердого розчину, викликає велике внутрішнє тиск, що приводить до утворення флоконов.

Заходи боротьби: зменшення вмісту водню при виплавці і зниження швидкості охолодження в інтервалі флокенообразованія.

Класифікація легованих сталей

Сталі класифікуються за кількома ознаками.

1. За структурою після охолодження на повітрі виділяються три основні класи сталей:

- перлітовий;
- мартенситних;
- аустенітний

Сталі перлитного класу характеризуються малим вмістом легуючих елементів, мартенситного - більш значним вмістом; аустенітного - високим вмістом легуючих елементів.

Класифікація пов'язана з кінетикою розпаду аустеніту.

За ступенем легування (за змістом легуючих елементів):

- низьколеговані - 2,5 ... 5%;
- середньолеговані - до 10%;
- високолеговані - більше 10%.

3. За кількістю легуючих елементів:

- трикомпонентні (залізо, вуглець, легуючий елемент);
- чотирьохкомпонентні (залізо, вуглець, два легуючих елементу) і так далі.

4. За складом:

нікелеві, хпомістие, хромонікелеєві, хромонікельмолібденових і так далі (ознака-наявність тих чи інших легуючих елементів).

5. За призначенням:

- конструкційні;
- інструментальні (ріжучі, обмірні, штампові);
- сталі і сплави з особливими властивостями (різко виражені властивості, нержавіючі, жароміцні і термостійкі, зносостійкі, з особливими магнітними й електричними властивостями).