**Лекція №6**

**«СТАЛІ. КЛАСИФІКАЦІЯ Й МАРКУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ. ЧАВУНИ. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ Й МАРКУВАННЯ ЧАВУНІВ»**

**ПЛАН**

1. Класифікація сталей.
2. Маркування вуглецевих сталей.
3. Класифікація чавунів.
4. Будова, властивості, класифікація і маркування чавунів.

**1.**

Сталі є найпоширенішими матеріалами. Мають хороші технологічні властивості. Вироби одержують у результаті обробки тиском і різанням.

Перевагою є можливість одержувати потрібний комплекс властивостей, змінюючи склад і вид обробки.

Сталі класифікуються за безліччю ознак.

1 За хімічним складом: ***вуглецеві*** й ***леговані***.

2 За вмістом вуглецю:

* низьковуглецеві, із вмістом вуглецю до 0,25 %;
* середньовуглецеві, із вмістом вуглецю 0,3...,6 %;
* високовуглецеві, із вмістом вуглецю вище 0,7 %.

3 За зрівноваженою структурою: ***доевтектичні, евтектичні, заевтектичні***.

4 За якістю. Кількісним показником якості є вміст шкідливих домішок: сірки й фосфору:

* **0,04 ≤ S ≤ 0,06 %, 0,04 ≤ P ≤ 0,08 %** - ***вуглецеві сталі звичайної якості***:
* **P, S = 0,03…0,04 %** - ***якісні сталі***;
* **P, S ≤ 0,03 %** - ***високоякісні сталі***.

5 За способом виплавки:

* у мартенівських печах;
* у кисневих конверторах;
* в електричних печах: електродугових, індукційних та ін.

6 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 й ін.

**2.**

Прийнято буквено-цифрове позначення сталей.

***Вуглецеві сталі звичайної якості***

Сталі містять підвищену кількість сірки й фосфору.

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

Ст – індекс даної групи сталі. Цифри від 0 до 6 - це умовний номер марки сталі. Зі збільшенням номера марки зростає міцність і знижується пластичність сталі. За гарантіями при поставці існує три групи сталей: А, Б і В. Для сталей групи А при поставці гарантуються механічні властивості, у позначенні індекс групи А не вказується. Для сталей групи Б гарантується хімічний склад. Для сталей групи В при поставці гарантуються й механічні властивості, і хімічний склад.

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

Коли в сталі підвищений вміст марганцю, то ставиться буква ***Г***. (марганець вводиться для нейтралізації сірки).

***Ст.5Гсп*** – арматурна сталь, невідповідального призначення, використовується для зварних конструкцій.

Тільки зі сталі Ст.6 рідко зі Ст. 5 виробляють шестірні, осі, але не навантажені.

Із сталей звичайної якості виготовляють: кутики, прутки, труби, листи.

***Якісні вуглецеві сталі***

Якісні сталі поставляють із гарантованими механічними властивостями й хімічним складом (група В). Ступінь розкислення, в основному, спокійний.

***Конструкційні якісні вуглецеві сталі***. Маркуються двозначним числом, що вказує середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Вказується ступінь розкислення, якщо він відрізняється від спокійного.

Це основні сталі для машинобудування. До них висуваються більш високі вимоги за однорідністю структури: ***S ≤ 0,04%.***

Сталь 05, 08, 10, 15…85

 (0,05 % С) (0,85 % С)

Цифри вказують вміст вуглецю у сотих частках:

а) низьковуглецеві якісні сталі до (0,3 % С).

Сталь 15, 20, 25.

Усі сталі до 20 можуть бути ***кп, пс, сп***. Починаючи із сталі 20, всі спокійні, повністю розкислені.

Застосовують для відповідальних зварних конструкцій, зубчастих кілець, шестірен, шарових пальців.

б) середньовуглецеві якісні сталі (0,3-0,5 % С).

Для виготовлення різноманітних деталей транспортного машинобудування.

***Сталь 45*** – розподільні вали, циліндри, ролики, втулки та інші деталі з підвищеною твердістю;

в) сталі з підвищеним вмістом вуглецю (0,6-0,8 %С)

Сталі 60…85 мають високі показники твердості та міцності, а також хороші пружні властивості. Ці сталі мають назву ресорно-пружинні. У них підвищений вміст вуглецю. Наприклад: ***Сталь 65 Г***.

***Вуглецеві конструкційні сталі для залізничного транспорту***

Вуглецева сталь для мостобудування: М16С – для зварних мостових конструкцій, Ст3 – для клепаних мостів.

Сталі цих марок повинні мати високу ударну в’язкість.

Рейкова сталь повинна забезпечувати високу міцність у місці контакту рейки та коліс локомотивів і вагонів, мати високу зносостійкість, щільну макроструктуру, не мати дефектів.Компонентами залізовуглецевих сплавів є залізо, вуглець і цементит.

ТО: об’ємне гартування +високий відпуск

Р50, М75, М60 - цифри – вага 1 м. ↓Р =1000 кг (0,69 – 0,82 % С)

σв = 800 МПа; НВ= 360 МПа; δ = 4%.

Сталь для *осей локомотивів* та *вагонів*. За складом близька до сталі 40 (після нормалізації). Шийки осей зміцнюються наклепом.

σв = 560 МПа; δ = 19 %.

Сталь для суцільнокатаних коліс вагонів. За складом близька до сталі 55 і 60.

σв = 820 МПа; НВ= 235 МПа; δ = 10%

***Автоматні сталі***: сталі з підвищеною оброблюваністю різанням. Вони призначені для обробки на верстатах автоматах.

Основні вимоги: стружка повинна бути крихкою, легко сколюватися та не забивати інструмент. Для забезпечення при різанні крихкої стружки - в цих сталях підвищений вміст сірки та фосфору.

S ≤ 0,1-0,3; Р ≈ 0,15 – 0,2

Сталь А12; А20; А30; А40, А60

А – автоматна; 60 – 0,6 % С.

Частково сірку нейтралізує марганець А30Г.

Для підвищення пластичності іноді додають свинець ≈ 0,3 % Sb (АС30).

Для підвищення пластичності іноді додають свинець ≈ 0,3 % Sb (АС30).

Часто використовують сталі з кальцієм 0,1-0,2 % Са (АЦ30; АЦ40). Кальцій підвищує стійкість інструменту на 20-25 %.

У 2-7 разів підвищує стійкість і селен (АЕ40), – але його рідко використовують.

Із автоматних сталей виготовляють ***болти, гайки, шайби***.

***Вуглецеві інструментальні сталі. Заевтектоїдні сталі (> 0,7 % С).***

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

У7…У13

У – якісні інструментальні сталі; 13 – 1,3 % С.

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

У7А…У13А

А – високоякісні , тобто зі зниженим вмістом сірки та фосфору S, Р ≤ 0,025 %.

Можливий підвищений вміст марганцю У12Г.

Сталі призначені для столярного та слюсарного інструменту, при нагріванні до 2000С вони втрачають свою твердість.

У7; У8 – сталі з підвищеною в’язкістю, з яких виготовляють зубила, молотки, викрутки; У9-У12 – мітчики, свердла, напилки.

У13 - бритви, коси, калібри, ножівки.

**3.**

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

Залежно від стану вуглецю в чавуні розрізняють:

* білий чавун - вуглець у зв'язаному стані у вигляді цементиту, у зламі має білий колір й 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 менш 2 % вуглецю знаходиться у формі цементиту. Мало використовується в техніці.

**4**

Розглянувши структури чавунів, можна зробити висновки, що їх металева основа схожа на структуру евтектоїдної або доевтектоїдної сталі або технічного заліза. Вони відрізняються від сталі тільки наявністю графітових включень, що визначають спеціальні властивості чавунів.

Залежно від форми графіту й умов його утворення розрізняють такі групи чавунів: ***сірий*** – із пластинчастим графітом; ***високоміцний*** – з кулястим графітом; ***ковкий*** – із пластинчастим графітом.

Схеми мікроструктур чавуну залежно від металевої основи й форми графітових включень подані на рисунку 6.1.



Рисунок 6.1 - Схеми мікроструктур чавуну залежно від металевої основи й форми графітових включень

Найбільш значне поширення одержали чавуни з вмістом вуглецю 2,4...3,8 %. Чим вищий вміст вуглецю, тим більше утвориться графіту й тим нижчі його механічні властивості, отже, кількість вуглецю не повинна перевищувати 3,8 %. У той же час для забезпечення високих ливарних властивостей (хорошої рідкотекучості) вуглецю повинно бути не менш 2,4 %.

***Сірий чавун***

Структура не впливає на пластичність, вона залишається надзвичайно низькою, але впливає на твердість. Механічна міцність в основному визначається кількістю, формою й розмірами включень графіту. Дрібні, завихреної форми лусочки графіту менше знижують міцність. Така форма досягається шляхом модифікування. Як модифікатори застосовують алюміній, силікокальцій, феросиліцій.

Сірий чавун широко застосовується в машинобудуванні, так як легко обробляється і має хороші властивості.

Залежно від міцності сірий чавун підрозділяють на 10 марок.

Сірі чавуни при малому опорі розтягненню мають досить високий опір стисненню.

Сірі чавуни містять вуглецю – 3,2…3,5 %; кремнію – 1,9… 2,5 %; марганцю –0,5…0,8 %; фосфору – 0,1…0,3 %; сірки – < 0,12 %.

Структура металевої основи залежить від кількості вуглецю і кремнію. Зі збільшенням вмісту вуглецю й кремнію збільшується ступінь графітизації й схильність до утворення феритової структури металевої основи. Це веде до знеміцнення чавуну без підвищення пластичності. Кращі властивості (міцність і зносостійкість) мають перлітні сірі чавуни.

З погляду на малий опір виливків із сірого чавуну розтягуючим і ударним навантаженням варто використовувати цей матеріал для деталей, які піддаються стискаючим або згинаючим навантаженням. У верстатобудуванні це - базові, корпусні деталі, кронштейни, зубчасті колеса, напрямні; в автобудуванні - блоки циліндрів, поршневі кільця, розподільні вали, диски зчеплення. Відливки із сірого чавуну також використовуються в електромашинобудуванні, для виготовлення товарів народного споживання.

Позначаються індексом СЧ (сірий чавун) і числом, що показує значення межі міцності, помножене на 10-1 СЧ 15.

Сч 18: 180 - σв=180 МПа (тимчасовий опір).

СЧ 25 – для гальмівних барабанів, Сч 15 – для маховиків.

***Високоміцний чавун з кулястим графітом***

Високоміцні чавуни можуть мати феритну (ВЧ 35), феритноперлітну (ВЧ45) і перлітну (ВЧ 80) металеві основи. Одержують ці чавуни із сірих, у результаті модифікування магнієм або церієм (додається 0,03...0…0,07 % від маси відливка). У порівнянні із сірими чавунами, механічні властивості цих чавунів підвищуються, що викликано відсутністю нерівномірності в розподілі напруг через кулясту форму графіту.

Чавуни з перлітною металевою основою мають високі показники міцності при меншому значенні пластичності. Співвідношення пластичності й міцності феритних чавунів - зворотне.

Високоміцні чавуни мають високу межу текучості, σт=300… 420 МПа, що вище межі текучості сталевих виливків. Також характерна досить висока ударна в'язкість і втомна міцність, σ-1=230…250 МПа , при перлітній основі.

Високоміцні чавуни містять: вуглецю – 3,2...3,8 %, кремнію – 1,9…2,6 %, марганцю – 0,6…0,8 %, фосфору – до 0,12 %, сірки – до 0,3 %.

Ці чавуни мають високу рідкотекучість, лінійна усадка - близько 1 %. Ливарні напруги у відливках трохи вищі, ніж для сірого чавуну. Через високий модуль пружності досить висока оброблюваність різанням. Мають задовільну зварюваність.

З високоміцного чавуну виготовляють тонкостінні відливки (поршневі кільця), шаботи кувальних молотів, станини й рами пресів і прокатних станів, виливниці, різцеутримувачі, планшайби.

Виливки колінчатих валів масою до 2…3 т, замість кованих валів зі сталі, мають більш високу циклічну в'язкість, малочутливі до зовнішніх концентраторів напруги, мають кращі антифрикційні властивості й значно дешевші.

Позначаються індексом ВЧ (високоміцний чавун) і числом, що показує значення межі міцності, помножене на 10-1 ВЧ 100.

Вч 50 - 4 (σв=500 МПа; δ - 4%)

Вч 50 – 4-гальмівні деталі; Вч 60 – 3-колінчасті вали тепловозних дизелів, поршні, шестірні.

***Ковкий чавун***

Одержують відпалом білого доевтектичного чавуну.

Хороші властивості у виливків забезпечуються, якщо в процесі кристалізації й охолодження виливків у формі не відбувається процес графітизації. Щоб запобігти графітизації, чавуни повинні мати знижений вміст вуглецю й кремнію.

Ковкі чавуни містять: вуглецю – 2,4...3…3,0 %, кремнію – 0,8...1…1,4 %, марганцю – 0,3...1…1,0 %, фосфору – до 0,2 %, сірки – до 0,1 %.

Формування остаточної структури і властивостей виливків відбувається в процесі відпалу, схема якого подана на рисунку 6.2.



Рисунок 6.2 - Відпал ковкого чавуну.

Відливки витримуються в печі при температурі 950…1000 С протягом 15…20 год. Відбувається розкладання цементиту:

Fe3C→Feγ(C)+C.

Структура після витримки складається з аустеніту й графіту (вуглець відпалу). При повільному охолодженні в інтервалі 760… 720 0С відбувається розкладання цементиту, що входить до складу перліту, і структура після відпалу складається з фериту й вуглецю відпалу (виходить феритний ковкий чавун).

При відносно швидкому охолодженні (режим б, рисунок 6.2) друга стадія повністю усувається, і одержується перлітний ковкий чавун.

Структура чавуну, відпаленого за режимом в, складається з перліту, відпалу й графіту відпалу (виходить феритно-перлітний ковкий чавун)

Відпал є тривалою 70…80-годинною і дорогою операцією. Останнім часом, у результаті вдосконалень, тривалість скоротилася до 40 годин.

Розрізняють 7 марок ковкого чавуну: три з феритною (КЧ 30 - 6) і чотири з перлітною (КЧ 65 - 3) основою.

За механічними і технологічними властивостями ковкий чавун посідає проміжне положення між сірим чавуном і сталлю. Недоліком ковкого чавуну в порівнянні з високоміцним є обмеження товщини стінок для відливки й необхідність відпалу.

Відливки з ковкого чавуну застосовують для деталей, що працюють при ударних і вібраційних навантаженнях.

З феритних чавунів виготовляють ***картери редукторів, маточини, гаки, скоби, хомутики, муфти, фланці.***

З перлітних чавунів, що характеризуються високою міцністю, достатньою пластичністю, виготовляють вилки карданних валів, ланки й ролики ланцюгів конвеєра, гальмові колодки.

Позначаються індексом КЧ (високоміцний чавун) і двома числами, перше з яких показує значення межі міцності, помножене на $10^{-1}$, а друге - відносне подовження - КЧ 30 – 6 - Виготовляють голівки гальмових рукавів, кришки букс локомотивів та вагонів. Застосовується в дизеле-тракторобудуванні для колінчастих валів, поршнів та інших деталей, що працюють в умовах зносу.

***Відбілені та інші чавуни***

Відбілені чавуни - відливки, поверхня яких складається з білого чавуну, а всередині сірий або високоміцний чавун.

У складі чавуну 2,8…3,6 % вуглецю, і знижений вміст кремнію – 0,5…0,8 %.

Мають високу поверхневу твердість (950…1000 НВ) і дуже високу зносостійкість. Використовуються для виготовлення прокатних валів, вагонних коліс із відбіленим ободом, куль для кульових млинів.

Для виготовлення деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, використовуються білі чавуни, леговані хромом, хромом і марганцем, хромом і нікелем. Відливки з такого чавуну відзначаються високою твердістю й зносостійкістю.

Для деталей, що працюють в умовах зношування при високих температурах, використовують високохромисті й хромонікелеві чавуни. Жаростійкість досягається легуванням чавунів кремнієм (5…6 %) і алюмінієм (1…2 %). Корозійна стійкість збільшується легуванням хромом, нікелем, кремнієм.

Для чавунів можна застосовувати термічну обробку.

**Контрольні запитання**

1. За якими признаками класифікують вуглецеві сталі? Наведіть приклади.
2. Наведіть приклад маркування вуглецевої сталі звичайної якості. Розшифруйте його.
3. Наведіть приклад маркування якісної вуглецевої сталі. Розшифруйте його.
4. Які вуглецеві сталі відносять до низьковуглецевих? Наведіть марки цих сталей та розшифруйте їх..
5. Наведіть марки середньовуглецевих сталей і приклади їх застосування..
6. Які особливості мають сталі з підвищеним вмістом вуглецю? Напишіть марку такої сталі..
7. Які визнаєте марки сталей, що використовуються для залізничного транспорту?опишіть особливі вимоги, що ставляться до цих матеріалів..
8. Для чого використовують автоматні сталі? Назвіть марки цих сталей. Особливості хімічного складу.
9. Як маркуються та для чого використовують вулецеві інструментальні сталі?.
10. Як класифікують чавуни?
11. Опишіть будову і властивості чавунів.
12. Як маркують чавуни? Наведіть приклади маркування сірих, високоміцних та ковких чавунів. Дайте їм роз шифровку.

**Список літератури**

1. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. – Київ: Кондор, 2006. – 528 с.
2. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. – Київ: «Либідь», 2002. – 326 с.