**Вуглецеві сталі** промислового виробництва - це багатокомпонентні сплави, які крім заліза й вуглецю мають домішки марганцю, кремнію, фосфору, сірки та деякі інші. Кожен з перелічених компонентів впливає відповідним чином на структуру та властивості сталей. З-поміж них найбільший вплив має вуглець.

**1. Вплив вуглецю**

***Вуглець (карбон)*** у сталях перебуває в складі фериту й цементиту. Ферит має невисоку міцність, малу твердість і добру пластичність, але зі збільшенням кількості вуглецю частка фериту у сталі поступово зменшується, а частка високотвердого і малопластичного цементиту зростає. Така зміна у співвідношенні фаз фериту й цементиту збільшує міцність та твердість НВ сталі (рис. 21.1) і зменшує її пластичність δ та ударну в'язкість КСU. Міцність зростає доти, поки частка вуглецю не досягне 0,8...0,9 %. Подальше збільшення вуглецю спричинює зменшення міцності, що призводить до руйнування під час навантаження крихкої сітки вторинного цементиту навколо перлітних зерен.

Поруч з механічними властивостями змінюються також і властивості технологічні. Зокрема з ростом кількості вуглецю в сталі її зварюваність і оброблюваність різанням погіршуються. Сталі добре зварюються, якщо кількість вуглецю в них не перевищує 0,25 %.

**

Рисунок 21.1 - Вплив вуглецю на механічні властивості (НВ, , , δ, КCU) вуглецевої сталі:

* НВ - твердість за Брінеллем;
* - границя міцності при розтязі;
* - умовна границя текучості;
* δ - відносне видовження;
* КCU - ударна в'язкість

**2. Вплив постійних домішок на властивості сталі**

**Постійні домішки сталей** це марганець, кремній, фосфор, сірка, а також гази - водень, азот і кисень. Домішки переходять у метал із шихтових матеріалів і пічних газів.

***Марганець***, як відомо, використовують в металургії з метою дезоксидації та десульфурації рідкого металу. При цьому частина марганцю у вигляді МnO і МnS потрапляє в шлак, який згодом зливають, а інша - залишається в металі у складі фериту й цементиту. Розчинений у фериті марганець спотворює кристалічну ґратку, внаслідок чого помітно підвищується міцність сталі, хоч пластичність змінюється мало.

***Кремній*** застосовують для дезоксидації. Він утворює з феритом твердий розчин, спотворена ґратка якого збільшує міцність і знижує пластичність сталі.

***Фосфор*** розчиняється у фериті і хоч підвищує міцність, проте зменшує пластичність та ударну в'язкість сталі. Спад ударної в'язкості стає причиною холодноламкості. **Холодноламкість** це схильність сталі до крихкого руйнування при низьких температурах, яка помітно посилюється з ростом кількості вуглецю, а також із виникненням поблизу границь зерен ділянок, збагачених фосфором внаслідок ліквації. Отже, фосфор є шкідливою домішкою, хоч і підвищує оброблюваність сталі різанням. Цей вплив враховують, коли створюють легкооброблювані сплави, призначені для виготовлення маловідповідальних виробів (автоматні сталі).

***Сірка*** не розчиняється в залізі, входить до складу хімічної сполуки FeS, яка разом зі залізом утворює евтектику Fe- FeS з температурою плавлення 988 °С. Зазначена евтектика кристалізується насамкінець й розташовується по границях зерен. Низька температура плавлення евтектики спричинює **червоноламкість** - схильність сталі до крихкого руйнування під час гарячої обробки тиском. Тому сталь з підвищеною концентрацією сірки не рекомендують для гарячої обробки тиском. Сірка, як і фосфор, є шкідливою домішкою.

Негативний вплив сірки істотно пом'якшує марганець, оскільки він утворює хімічну сполуку МnS з температурою плавлення 1620 °С. В межах температур гарячої обробки тиском (800... 1200 °С) МnS пластичний і не сприяє крихкому руйнуванню. Водночас слід пам'ятати, що сульфіди марганцю при нормальній температурі можуть стати центрами зародження тріщин під повторно змінними навантаженнями.

***Кисень, азот і водень*** у сталях можуть перебувати:

* у складі неметалевих вкраплень - оксидів і нітридів;
* у твердому розчині α-заліза;

у газоподібному стані в мікро порожнинах.

Неметалеві вкраплення під час вальцювання подрібнюються і розташовуються рядками, що посилює анізотропію механічних властивостей (δ, ψ, КСU). Як мікроконцентратори напружень вони знижують ударну в'язкість і втомну міцність.

Розчинність кисню, азоту й водню в α-залізі незначна й істотно зменшується зі зниженням температури. Це призводить до виділення в пограничних зонах оксидів чи нітридів. Що стосується водню, то він не утворює зі залізом хімічних сполук і може протягом тривалого часу поступово виділятись зі сталі. Як наслідок - окремі властивості сталі поліпшуються. Якщо водню багато, то він утворює в мікропорожнинах високий тиск, що призводить до виникнення внутрішніх тріщин, які мають назву **флокени**. Флокени трапляються в усіх сталях, однак їх найбільше в сталях, що містять хром. Що більша міцність сталі, то флокени небезпечніші. Шкідливий вплив газів можна зменшити, дегазуючи рідкий метал перед розливанням.

**3. Класифікація вуглецевих сталей.**

Вуглецеві сталі ***класифікують:***

* за структурою,
* способом виробництва,
* ступенем дезоксидації,
* якістю,
* призначенням.

Класифікація за ***структурою***подана вище (див. Розділ 5, лекція 20).

За ***способом виробництва***розрізняють сталі, виплавлені в кисневих конвертерах, в електропечах і в мартенівських печах.

Залежно від ***ступеня дезоксидації***сталі поділяють на спокійні, напівспокійні й киплячі. Всі вони за однакової масової частки вуглецю мало відрізняються статичною міцністю, проте мають різні пластичні властивості, зумовлені неоднаковою масовою часткою кремнію, яка найбільша в спокійній сталі (0,15...0,30 %) й найменша в киплячій (до 0,05 %). Через найменшу кількість кремнію, розчиненого у фериті, кипляча сталь найпластичніша.

За ***якістю*** розрізняють сталі звичайної якості, якісні й високоякісні. Критерієм якості сталей є масові частки шкідливих домішок - фосфору й сірки.

Відповідно до ***призначення*** сталі поділяють на конструкційні з масовою часткою вуглецю до 0,65 % та інструментальні з масовою часткою вуглецю в межах від 0,65 до 1,35 %. ***Конструкційні сталі*** використовують для виготовлення деталей машин, металевих конструкцій та будівельних споруд, а ***інструментальні сталі*** - для виготовлення різальних, вимірювальних інструментів та штампів.

**4. Вуглецеві сталі звичайної якості**

**Вуглецеві сталі звичайної якості** є найдешевшими серед сталей. Вони мають підвищену масову кількість фосфору (до 0,07 %) й сірки (до 0,06 %). Марки цих сталей позначають літерами й цифрами. Літери Ст означають „сталь", цифри - умовний номер марки (від 0 до 6) залежно від хімічного складу, літери кп, пс, сп - ступінь дезоксидації (кп - кипляча, пс - півспокійна, сп - спокійна). Хімічний склад сталей за аналізом ковшової проби відповідає нормам, поданим в табл. 21.1.

Таблиця 21.1 - Марки та хімічний склад вуглецевих сталей звичайної якості

|  |  |
| --- | --- |
| **Марка сталі** | **Масова частка елементів, %** |
| **вуглецю** | **марганцю** | **кремнію** |
| Ст0 | Не більше ніж 0,23 | - | - |
| Ст1кп | 0,06..,0,12 | 0,25...0,50 | Не більше ніж 0,05 |
| Ст1пс | 0,06... 0,12 | 0,25...0,50 | 0.05...0,15 |
| Ст1сп | 0.06... 0,12 | 0,25...0,50 | 0,15...0,30 |
| Ст2кп | 0.09... 0,15 | 0,25...0,50 | Не більше ніж 0,05 |
| Ст2пс | 0,09... 0,15 | 0,25...0,50 | 0,05...0,15 |
| Ст2сп | 0.09... 0,15 | 0,25...0,50 | 0Д5„.0,30 |
| СтЗкп | 0Д4...0.22 | 0,30...0,60 | Не більше ніж 0,05 |
| СтЗпс | 0Д4...0.22 | 0,40...0,65 | 0.05...0,15 |
| СтЗсп | 0Д4...0,22 | 0,40...0,65 | 0Д5...0,30 |
| СтЗГпс | 0Д4...0,22 | 0.80...1Д0 | Не більше ніж 0,15 |
| СтЗГсп | 0Д4...0,20 | 0,80...1Д0 | 0Д5...0,15 |
| Ст4кп | 0,18...0,27 | 0,40...0,70 | Не більше ніж 0,05 |
| Ст4пс | 0Д8...0,27 | 0,40...0,70 | 0.05...0,15 |
| Ст4сп | 0Д8...0,27 | 0,40...0,70 | 0Д5...0.30 |
| Ст5пс | 0,28...0,37 | 0,50...0,80 | 0.05...0,15 |
| Ст5сп | 0,28...0,37 | 0,50...0,80 | 0,15...0,30 |
| Ст5Гпс | 0,22...0,30 | 0,80...1,20 | Не більше ніж 0,15 |
| Ст6пс | 0,38...0,49 | 0,50...0,80 | 0.05...0,15 |
| Ст6сп | 0,38...0,49 | 0,50...0,80 | 0Д5...0,30 |

Сталі звичайної якості підрозділяють по 3 групам постачання:

1. Сталь групи А постачається замовникам за механічними властивостями (така сталь може мати підвищений вміст сірки і фосфору);
2. Сталь групи Б - за хімічним складом;
3. Сталь групи В - з гарантованими механічними властивостями та хімічним складом.

Перед маркою сталі вказують її групу. Зазначимо, що група А в позначенні марки не ставиться.

Якщо для виплавлення сталей звичайної якості використовують значну кількість скрапу, то в їхньому складі допускається масова частка міді до 0,40 %, хрому та нікелю - до 0,35 % кожного.

Сталі звичайної якості постачають замовникам у вигляді листів та вальцьованих напівфабрикатів стандартного профілю. Ці профілі й листи попередньо розрізують до заданих розмірів, після чого з них виготовляють різні металоконструкції або прості заготовки, призначені переважно для мало навантажених деталей. Заготовки складнішої форми отримують куванням або штампуванням.

Застосовуючи термічну обробку (в тому числі й зміцнювальну), можна змінювати в певних межах структуру та властивості сталей звичайної якості.

**5. Сталі конструкційні вуглецеві якісні**

**Сталі конструкційні вуглецеві якісні** відрізняються від сталей звичайної якості меншою масовою часткою фосфору (не більше ніж 0,035 %), сірки (не більше ніж 0,040 %), а також меншими частками неметалевих вкраплень і газів. Металургійний завод, що виплавляє ці сталі, гарантує не лише хімічний склад (табл. 21.2), але й механічні властивості

Таблиця 21.2 - Марки та хімічний склад конструкційних вуглецевих якісних сталей

|  |  |
| --- | --- |
| **Марка****сталі** | **Масова частка елементів, %** |
| **вуглецю** | **кремнію** | **марганцю** | **хрому,****не більше ніж** |
| 05кп | не більше ніж 0,06 | не більше ніж 0,03 | не більше ніж 0,40 | 0,10 |
| 08кп | 0.05...0,12 | не більше ніж 0,03 | 0,25...0,50 | 0,10 |
| 08пс | 0.05...0,12 | 0.05...0,17 | 0,35...0,65 | 0,10 |
| 08 | 0,05...0,12 | 0,17...0,37 | 0.35...0.65 | 0,10 |
| 10кп | 0.07...0,14 | не більше ніж 0,07 | 0,25...0,50 | 0,15 |
| 10пс | 0.07...0,14 | 0,05...0,17 | 0,35...0,65 | 0,15 |
| 10 | 0,07...0,14 | 0,17...0.37 | 0,35...0,65 | 0,15 |
| 15кп | 0,12..0,19 | не більше ніж 0,07 | 0,25...0,50 | 0,25 |
| 15пс | 0,12..0,19 | 0,05...0,17 | 0,35...0,65 | 0,25 |
| 15 | 0,12...0,19 | 0,17...0,37 | 0.35...0.65 | 0,25 |
| 20кп | 0,17...0,24 | не більше ніж 0,07 | 0,25...0,50 | 0,25 |
| 20пс | 0,17..0,24 | 0,05...0,17 | 0,35...0,65 | 0,25 |
| 20 | 0,17..0.24 | 0,17...0,37 | 0,35...0,65 | 0,25 |
| 25 | 0,22...0,30 | 0,17...0.37 | 0,50...0,80 | 0,25 |
| 30 | 0,27...0,35 | 0,17...0.37 | 0,50...0,80 | 0,25 |
| 40 | 0,37...0,45 | 0,17...0.37 | 0,50...0,80 | 0,25 |
| 50 | 0,47...0,55 | 0,17...0.37 | 0.50...0.80 | 0,25 |
| 60 | 0,57...0,65 | 0,17...0,37 | 0,50...0,80 | 0,25 |

***Марки*** конструкційних вуглецевих якісних сталей позначають двозначними числами (що означають середню масову частку вуглецю у сотих частках відсотка) й літерами кп (кипляча сталь) або пс (півспокійна). Спокійні сталі маркують без індек-са сп. Наприклад, сталь 45 - спокійна; вона має в середньому 0,45 % вуглецю. Якісні сталі постачають без термічної обробки, в стані термічної обробки Т (нормалізація) або в нагартованому (наклепаному) Н стані. Твердість сталей в стані Т перевищує твердість в стані Н на 15...З5 %.

Зі збільшенням у сталі кількості вуглецю від 0,08 до 0,60 % її міцність σв у нормалізованому стані зростає від 320 до 680 МПа, а відносне видовження δ зменшується від 33 до 12 %.

Із маломіцних сталей марок 05, 08, 10 завдяки високій пластичності виготовляють вироби холодним штампуванням. Зі сталей марок 30, 35, 40, 45, 50, 55 і 60 виготовляють різноманітні деталі (в тому числі й відповідальні), що вимагають нормалізації або поверхневого гартування.

Незважаючи на добрі механічні й технологічні властивості істотним недоліком вуглецевих сталей є мала прогартованість.

**6. Сталі інструментальні нелеговані**

**Сталі інструментальні нелеговані (вуглецеві)** бувають якісні й високоякісні. Масова частка шкідливих домішок у якісних сталях становить не більше ніж 0,030 % фосфору й не більше ніж 0,028 % сірки, а у високоякісних сталях - не більше ніж 0,025 % фосфору й не більше ніж 0,018 % сірки (табл. 21.3).

Таблиця 21.3 - Марки та хімічний склад інструментальних нелегованих сталей

**

***Марки*** інструментальних нелегованих сталей позначають літерою У (вуглецева) й числами, що означають середню масову частку вуглецю у десятих частках відсотка (У7, У12). В сталі У7 маємо в середньому 0,7 % вуглецю, а в сталі У12 - 1,2 %. За підвищеної кількості марганцю у сталі після числа дописують літеру Г (У8Г). Високоякісні сталі позначають літерою А (У8А, У12А).

Інструменти для різання металів працюють в умовах високого тиску, температури й тертя. Щоб ефективно їм протистояти, ці матеріали повинні мати високу твердість, зносостійкість, теплостійкість і міцність.

Твердість різальної частини інструмента має значно перевищувати твердість оброблюваного матеріалу.

**Зносостійкість** - це здатність інструмента якомога довше протистояти поступовому його руйнуванню з боку матеріалу заготовки. Внаслідок такого руйнування різальний інструмент затуплюється. Що твердіший матеріал інструмента, то вищою буде його зносостійкість.

**Теплостійкість** - це така величина температури, при нагріванні до якої твердість інструмента починає стрімко знижуватись внаслідок небажаних структурних змін.

Міцність різального інструмента повинна бути достатньою, щоб сприймати великі сили різання.

Із сталей У7, У7А виготовляють інструменти для обробки дерева (сокири, стамески, долота) та ударні інструменти (пуансони, молотки). Для виготовлення деревообробних інструментів (фрез, пил, свердел) використовують сталі У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А.

Із сталей У10, У10А, У12, У12А виготовляють металообробний інструмент, що працює при невисоких температурах (мітчики, плашки, терпуги).