

Вуглецеві сталі

План

1. Вплив вуглецю і постійних домішок на властивості вуглецевих сталей
2. Класифікація вуглецевих сталей
3. Застосування і маркування конструкційних та інструментальних сталей

1. Вплив вуглецю і постійних домішок на властивості вуглецевих сталей

Основою вуглецевих сталей є залізо. Залізо — один з найпоширеніших на землі металів: земна кора містить 4,2 % заліза. Однак лише приблизно сорокова частина цієї кількості сконцентрована у вигляді родовищ, придатних для розробки.

На поверхню Земної кулі щороку випадають тисячі тон метеоритної речовини, що містить до 90 % заліза. Найбільший залізний метеорит «Гоба» знайдено в 1920 р. в Африці. Його маса становить близько 60 т.

Цікаво, що залізо міститься в гемоглобіні — речовині, яка забезпечує киснем тканини живих організмів. Саме залізу кров завдячує своїм червоним кольором. Вперше залізо в крові людини виявив француз Мері. Загальна кількість цього елемента в крові людини становить усього 3...4 г.

Сталь — це сплав заліза з вуглецем (з вмістом вуглецю у сплаві до 2,14 %). Вуглецева сталь, крім основи (заліза і вуглецю), містить постійні домішки (до 0,4 % силіцію, до 0,8 % мангану, до 0,07 % фосфору і до 0,06 % сірки).

Манган є корисною домішкою. Він розчиняється у фериті, зміцнює його, утворює карбід Mn_3C , підвищує механічні властивості.

Силіцій також корисний, розчиняючись у фериті, підвищує його пружність, жорсткість.

Сірка утворює із залізом легкоплавку евтектику $Fe - FeS$, яка надає сталі червоноламкості — підвищує крихкість за температур гарячої обробки. Вона знижує стійкість сталі до спрацювання.

Фосфор, навпаки, надає сталі холодоламкості — підвищує її крихкість за нормальної і, особливо, за знижених температур. Він також знижує ударну в'язкість сталі. У зв'язку з цим фосфор і сірка вважаються шкідливими домішками в сталях і суворо обмежуються. Цей вміст є одним із показників якості сталі.

Вуглець є основним компонентом, який визначає будову і властивості вуглецевих сталей. Зі збільшенням його вмісту в сталі утворюється більше твердої складової — цементиту. Тому сталь стає міцнішою і твердішою, але менш пластичною.

Кисень, азот, водень знаходяться в сталі у вигляді твердого розчину в фериті або утворюють хімічні сполуки (нітриди, оксиди), або перебувають у вільному

стані у шпарах металу.

Ці речовини називають *випадковими* домішками. Вони зумовлюють зниження в'язкості і пластичності сталі, підвищують її крихкість.

2. Класифікація вуглецевих сталей

Вуглецеві сталі класифікують за структурою, хімічним складом, призначенням, якістю, способом виробництва і розкиснення.

За структурою сталь поділяють на: *доевтектоїдну*, яка містить до 0,8 % C; *евтектоїдну*, яка містить 0,8 % C; *заевтектоїдну*, яка містить 0,80...2,14 % C.

За хімічним складом сталі бувають *маловуглецеві* (до 0,3 % C), *середньовуглецеві* (0,3...0,65 % C) і *високовуглецеві* (від 0,65% до 1,35 % C).

За призначенням сталь поділяють на *конструкційну* та *інструментальну*.

Конструкційну сталь застосовують для виготовлення деталей машин і конструкцій. Вона повинна мати задовільні технологічні властивості й досить високу міцність, пластичність і в'язкість.

Інструментальну сталь (містить 0,65...1,35 % C) використовують для виготовлення різних інструментів для обробки металів і металевих сплавів, а також деревини.

За якістю сталі є *звичайної якості* з вмістом сірки до 0,06 % і фосфору до 0,07 %, *якісні* — сірки не більше ніж 0,04 % і фосфору не більше ніж 0,035 %, *високоякісні* — сірки не більш як 0,025 % і фосфору не більше ніж 0,018 %.

За способом виробництва розрізняють сталі, виплавлені в електропечах, мартенівських печах, кисневих конверторах.

За способом розкислення сталі поділяють на *киплячі*, *напівспокійні* і *спокійні*.

3. Вуглецеві конструкційні сталі, їх маркування і застосування

Нині у машинобудуванні найбільше застосовують вуглецеві конструкційні сталі, які поділяють на сталі *звичайної якості* та *якісні*.

Вуглецеві конструкційні сталі звичайної якості застосовують для виготовлення металевих конструкцій і деталей машин та будівельних споруд.

Вуглецеві конструкційні сталі *звичайної якості* позначають літерами і цифрами. Літери «Ст» означають сталь; «кп» — *кипляча*, «пс» — *напівспокійна*, «сп» — *спокійна*; літера «Г» означає підвищений вміст мангану в сталі; цифра — умовний номер марки (від 0 до 6) залежно від масової частки хімічних елементів (табл. 2.8). Наприклад Ст0 — вуглецева конструкційна сталь *звичайної якості* з умовним номером «0». Кипляча сталь найпластичніша завдяки найменшому вмісту силіцію (до 0,05 %).

Таблиця 2.8. Масова частка хімічних елементів у вуглецевих конструкційних сталях *звичайної якості*,

%

Марка сталі	C	Mn	Si
Ст ₀ ■	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	0,15...0,30
Ст3кп	0,14...0,22	0,30...0,60	Не більше ніж 0,05
Ст3пс	0,14...0,22	0,40...0,65	0,05...0,15
Ст3сп	0,14...0,22	0,40...0,65	0,15...0,30
Ст3Гпс	0,14...0,22	0,80...1,10	Не більше ніж 0,15
Ст3Гсп	0,14...0,22	0,80...1,10	0,15...0,30
Ст4кп	0,18...0,27	0,40...0,70	Не більше ніж 0,05
Ст4пс	0,18...0,27	0,40...0,70	0,05...0,15
Ст4сп	0,18...0,27	0,40...0,70	0,15...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	0,15...0,30

Сталь звичайної якості (містить до 0,20 % вуглецю) призначена для виготовлення деталей способом гарячої обробки куванням штампуванням, зварюванням, прокатуванням, тобто такими способами, які змінюють структуру і механічні властивості матеріалу (табл. 2.9).

Таблиця 2.9. Механічні властивості окремих марок вуглецевих конструкційних сталей звичайної якості

Марка сталі	σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ , % •
Ст1	320... 420	—	31...34
Ст3	380... 400	210...250	23...26
Ст4	420... 520	240...260	20...24
Ст5	500...620	260... 280	19...21
Ст6	600...620	300...320	12-15 1

Марки сталі (із вмістом 0,3 % і більше вуглецю) термічно обробляються, з них виготовляють таври, швелери, рейси, труби, кріпильні вироби для тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин; тяги, кронштейни, вали, черв'яки, осі для сільськогосподарських машин; шестерні, зірочки, які несуть рівномірне навантаження та ін.

Вуглецеві конструкційні якісні сталі відрізняються від сталей звичайної якості меншим вмістом сірки (0,04 %) і фосфору (до 0,035 %). Якісні конструкційні сталі виплавляють, як правило, в мартенівських печах (частково в електропечах і кисневих конверторах). Ці сталі призначені для виготовлення виробів, які піддаватимуться термічній обробці, тому регламентують масову частку хімічних елементів (табл. 2.10).

Таблиця 2.10. Масова частка хімічних елементів, %, і властивості деяких марок якісних вуглецевих сталей

Марка сталі	C	Mn	Si	σ_b , МПа	δ , %
10	0,07...0,14	0,35...0,65	0,17...0,37	330	33
15	0,12...0,19	0,35...0,65	0,17...0,37	380	27
30	0,27...0,35	0,5... 0,8	0,17...0,37	500	21
50	0,47...0,55	0,5...0,8	0,17...0,37	640	14
60	0,57...0,65	0,7...0,8	0,17...0,37	710	11
70	0,67...0,75	0,8...0,9	0,17...0,37	800	8
85	0,82...0,90	0,5...0,8	0,17...0,37	1150	6

Примітка. Сталі марок 10, 15, 20 і 25 зазнаватимуть цементації.

Маркування конструкційних якісних сталей позначаються двома

цифрами, які вказують на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. При позначенні киплячих або напівспокійних сталей у кінці марки зазначають «кп» або «пс». У разі спокійної сталі ступінь розкислення не позначають. Випускають сталь таких марок: 10кп, 10пс, 10, 15пс, 15кп, 15, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40...85. Наприклад, 10 — вуглецева конструкційна якісна сталь з вмістом вуглецю 0,10 %, сталь 70 — 0,70 % вуглецю.

Маловуглецеві сталі (до 0,3 % С) мають високу пластичність, тому з них виготовляють вироби холодним штампуванням (сталь 10 застосовують для штампування кузовів автомобілів), куванням, проте вони недостатньо міцні. Маловуглецеві сталі широко використовують також для зварних конструкцій.

Середньовуглецеві сталі марок 30...65 мають підвищену міцність, твердість, але меншу пластичність, ніж маловуглецеві. З цих сталей виготовляють вали, осі, тяги, штоки, шестерні, зубчасті колеса, ексцентрики та інші деталі, відповідальні кріпильні вироби (болти, гайки) та ін. Високівуглецеві сталі марок 65... 85 відрізняються високою твердістю і міцністю. З цих сталей виготовляють вироби високої міцності і пружності, наприклад: пружини, ресори, троси, стрічки, лапи культиваторів. Із наведених марок сталей (із вмістом 0,3 % Сі більше) виготовляють різні деталі (в тому числі відповідальні), що потребують нормалізації або поверхневого гартування.

До конструкційних вуглецевих сталей належить також автоматна сталь таких марок: **A12, A20, A30, A35 (літера А — автоматна сталь, число — середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка).**

Автоматна сталь має вміст сірки до 0,03 % і фосфору до 0,15 %. Сірка утворює в сталі сульфід MnS, виявляючи мастильні дії на різальний інструмент, а фосфор сприяє утворенню ламкості стружки і одержанню чистої блискучої поверхні при різанні. Отже, стійкість різального інструменту при обробці автоматних сталей значно вища. Така сталь має підвищену здатність оброблятися різанням, тому її використовують для обробки на верстатах-автоматах. Застосовують цю сталь для виготовлення маловідповідальних деталей (переважно кріпильних).

3. Вуглецеві інструментальні сталі, їх маркування і застосування

Вуглецеві інструментальні сталі характеризуються високою міцністю і твердістю, тому їх використовують для виготовлення різальних, вимірювальних та інших інструментів. Ці сталі містять від 0,7... 1,3 % вуглецю.

Вуглецеві інструментальні сталі за вмістом сірки і фосфору поділяють на якісні (У7-У13) і високоякісні (У7А-У13А). У позначенні літера «У» означає, що сталь вуглецева; цифри, які стоять після літери «У», показують середній вміст вуглецю в десятих частках відсотка; літера «А» означає, що сталь високоякісна. Наприклад, марка У7 означає, що сталь вуглецева інструментальна, якісна, містить 0,7 % вуглецю; марка У13А — сталь вуглецева інструментальна, високоякісна, містить 1,3 % вуглецю; У8Г — літера «Г» вказує на підвищений вміст мангану у сталі (табл. 2.11).

Із сталей У7, У7А виготовляють інструменти для обробки дерева (стамески, долота, сокири) та ударні інструменти (молотки, викрутки, гладилки). Сталі У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А використовують для виготовлення деревообробних інструментів (фрез, свердел, пилок) і для інструментів, які потребують підвищеної твердості і достатньої в'язкості (зубил, кернерів, матриць); сталі У10, У10А — мітчиків, свердел; сталі У11, У11А, У12, У12А, У13, У13А — інструментів, які потребують дуже високої твердості (шабери, полотна, ножівки, напилки, калібри,

коси).

Для виготовлення деталей автомобілів, тракторів та інших машин, які працюють в найрізноманітніших умовах, марку сталі вибирають з урахуванням умов роботи кожної деталі окремо.

Умови роботи визначаються значенням і характером навантаження (статичне, змінне, знакозмінне); характером деформації (розтяг, стиск, згин чи комбіновані деформації); умовами середовищ (кислотні, лужні, високотемпературні, вологі, низькотемпературні тощо).

Вибираючи матеріал для деталі, враховують його механічні, технологічні, фізичні, хімічні властивості, вартість і дефіцитність, крім того, а також відповідальність деталі.

Відповідальні деталі — це деталі, які під час роботи можуть вийти з ладу і спричинити автошляхову пригоду (наприклад, деталі черв'ячного механізму рульового керування, гальмової системи) або вивести з ладу інші деталі, механізми (шатун, шатунний болт, поршневий палець, поршень, болти кріплення маховика тощо).

Важливим чинником вибору марки сталі для конкретної деталі є врахування остаточної обробки деталі (механічна, термічна, гальванічна та ін.) з метою створення особливо гладенької або твердої поверхні.

При виготовленні важливих деталей для сучасних високошвидкісних і важконавантажених машин до якості їх обробки ставлять високі вимоги.

Вибір марки сталі, високий клас точності виготовлення деталі, висока чистота обробки поверхонь і підвищення їх твердості (термічна обробка) — це найважливіші чинники, які сприяють надійності і довговічності роботи деталей.

Відповідно до названих критеріїв визначають конкретну марку сплаву для виготовлення деталі. Такий підхід матиме відповідний економічний ефект.

Таблиця 2.11. Масова частка хімічних елементів у вуглецевих інструментальних сталях, %

Марка сталі	C	SI	Mn	S	P
				не більше ніж	
У7	0,65...0,74	0,17-0,33	0,17-0,33	0,030	0,028
У8	0,75...0,84	0,17-0,33	0,17-0,33	0,030	0,028
У8Г	0,80...0,90	0,17-0,33	0,33-0,58	0,030	0,028
У9	0,85...0,94	0,17-0,33	0,17-0,33	0,030	0,028
У10	0,95...1,04	0,17-0,33	0,17...0,33	0,030	0,028
У11	1,05...1,14	0,17-0,33	0,17-0,33	0,030	0,028
У12	1,15...1,24	0,17-0,33	0,17-0,33	0,030	0,028
У13	1,25...1,35	0,17-0,33	0,17...0,33	0,030	0,028
У7А	0,65...0,74	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У8А	0,75...0,84	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У8ГА	0,80...0,90	0,17...0,33	0,33-0,58	0,025	0,018
У9А	0,85...0,94	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У10А	0,95...1,04	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У11А	1,05...1,14	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У12А	1,15...1,24	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018
У13А	1,25-1,35	0,17-0,33	0,17-0,28	0,025	0,018