**1. Підшипникові сталі**

Деталі підшипників у роботі сприймають високі знакозмінні навантаження. **Підшипникові сталі** повинні бути дуже твердими й зносостійкими. В позначенні марок цих сталей літери й цифри означають: Ш на початку марки - підшипникова; X - легована хромом; 4,15, 20 - масова частка хрому (0,4; 1,5; 2,0 %); СГ - легована кремнієм і марганцем (табл. 28.1).

Таблиця 28.1 - Марки та хімічний склад підшипникових сталей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Марка**  **сталі** | **Масова частка елементів, %** | | | | |
| **вуглець** | **кремній** | **марганець** | **хром** | **нікель +**  **мідь** |
| ШХ15  ШХ15СГ  ШХ4  ШХ20СГ | 0,95…1,05  0,95…1,05  0,95…1,05  0,90…1,00 | 0,17…0,37  0,40…0,65  0,15…0,30  1,40…1,70 | 0,20…0,40  0,90…1,20  0,15…0,30  1,40…1,70 | 1,30…1,65  1,30…1,65  0,35…0,50  1,40…1,70 | 0,50  0,50  0,50  0,50 |

Термічна обробка їх полягає в гартуванні від 840...850 °С в оливі й подальшому низькотемпературному відпуску при 150...160 °С. Твердість повинна перевищувати 61 НRС.

**2. Мартенситностаріючі сталі**

**Мартенситностаріючі сталі** - сучасні високоміцні конструкційні матеріали на залізній основі, практично безвуглецеві (С ≤ 0,03 %). Другим важливим компонентом після заліза в них є нікель кількістю 18...25 %. До складу мартенситностаріючих сталей входять також кобальт, титан, алюміній, молібден, ніобій та інші елементи. Термічна обробка мартенситно-старіючих сталей полягає в гартуванні й подальшому старінні в інтервалі температур 400...550 °С. Якщо в звичайних конструкційних сталях висока міцність досягається завдяки утворенню мартенситу як пересиченого твердого розчину проникнення вуглецю в α-залізі, то у мартенситностаріючих сталях через обмежену розчинність легувальних елементів формується пересичений твердий розчин заміщення в а-залізі (мартенсит заміщення).

Мартенсит заміщення, сформований внаслідок гартування, є високопластичним і достатньо міцним. Зокрема доволі поширена сталь 03Н18К9М5Т після гартування має σв = 1200 МПа, δ = 20 %. Найбільший результат у зміцнення вносить старіння мартенситу, коли з пересиченого твердого розчину виділяються дисперсні фази інтерметалів типу Ni3Ті, Ni3Мо, NiТі тощо. Механічні властивості після старіння: σв = 2000 МПа, δ = 12 %. Сталь теплостійка до температури 450 °С.

Мартенситностаріючі сталі дорогі, мають високу питому міцність й застосовуються в літако- й ракетобудуванні.

**3. Сталі корозійнотривкі**

***Корозія*** це руйнування металу під дією навколишнього середовища. Ознакою корозії є втрата металевого блиску й поява іржі на поверхні металу. Корозія призводить до істотного погіршення механічних властивостей металу і його деградації. Залежно від механізму корозійного руйнування розрізняють хімічну й електрохімічну корозію.

***Хімічна корозія*** спричинюється дією на метал сухих газів і неелектролітів й не супроводжується появою електричного струму.

***Електрохімічна корозія*** зумовлюється дією на метал електролітів - розчинів, що містять іони і є провідниками електричного струму. Під час електрохімічної корозії виникає електричний струм. До електролітів належать водяні розчини солей, кислот і лугів. Якщо два метали, що перебувають в електроліті, отримують різні електродні потенціали, то метал з від'ємнішим потенціалом (анод) віддає свої позитивні іони в розчин й поступово руйнується (розчиняється). Надлишкові електрони переходять в метал, що має вищий електродний потенціал (катод). Сам катод не зазнає руйнування, а електрони з катода переходять у зовнішнє середовище. Що нижчий електродний потенціал металу, то швидше він віддає свої іони в розчин і нижча його корозійна тривкість.

Хімічні елементи - метали й водень - можна розставити в ряд за зменшенням їх електродного потенціалу: Аu, Рt, Ag, Сu, Н, Ni, Fе, Zn, Аl. Найвищий потенціал має золото, нульовий потенціал - водень, а найнижчий потенціал із перелічених елементів має алюміній.

Стійкість сталі до корозії можна підвищити, легуючи хромом, алюмінієм або кремнієм, які утворюють на поверхні щільні оксидні плівки.

**Корозійнотривкі (нержавкі)** це всі хромові сталі, масова частка хрому в яких понад 13 %. Хром із залізом утворює неперервний ряд твердих розчинів. Корозійна тривкість нержавких сталей збільшується разом зі збільшенням в них масової частки хрому, частки хрому, середня величина якої становить 13, 17 і 27 %. Отже, хромові нержавкі сталі найбільш тривкі до корозії лише тоді, коли весь хром перебуває у твердому розчині. В цьому випадку він утворює на поверхні щільну захисну оксидну плівку типу (Сr, Fе)2O3. Вуглець знижує корозійну тривкість хромових сталей, оскільки він зв'язує частину хрому в карбід, через що частка хрому в твердому розчині знижується.

Сталі, які під час нагрівання й охолодження зазнають фазових перетворень, можна зміцнювати гартуванням. Під час відпуску втрати хрому в твердому розчині на утворення карбідів малі, тому корозійна тривкість загартованих і відпущених хромових нержавких сталей залишається високою.

Хромові нержавкі сталі гартують від температури 1000...1100 °С й відпускають при 700...750 °С, щоб отримати сорбітну структуру або при 200...250 °С - структуру відпущеного мартенситу.

Сталі марок 08X13, 12X13, 20X13 із сорбітною структурою мають підвищену пластичність і застосовуються для виготовлення деталей, що працюють в слабоагресивних середовищах (атмосферні опади, водяні розчини солей органічних кислот при кімнатній температурі). Деталі з цих сталей (клапани гідравлічних пресів, арматура, шнеки і вали в апаратах харчової проми­ловості) здатні сприймати ударні навантаження.

Зі сталей марок 30X13 і 40X13, які піддають гартуванню й низькотемпературному відпуску, виготовляють хірургічний інструмент, пружини, карбюраторні голки.

Сталі марок 15Х25Т і 15X28 частково використовують без термічної обробки для зварюваних деталей (труби теплообмінників). Титан, як сильний карбідоутворювач, запобігає утворенню карбідів хрому і сприяє подрібненню зерна.

**Хромонікелеві нержавкі сталі**мають вищу корозійну тривкість і кращі технологічні властивості (зварюваність, оброблюваність тиском) порівняно з хромовими нержавкими сталями. У виробничій сфері найчастіше використовують сталі, що мають у своєму складі 18 % хрому, 9... 13 % нікелю й обмежену масову частку (0,03...0,12 %) вуглецю. Корозійну тривкість хромонікелевих сталей визначає висока (понад 13 %) масова частка хрому. Нікель стабілізує аустеніт в широкому діапазоні температур. Високу тривкість до корозії виявляють сталі з масовою часткою вуглецю до 0,03 %, а також сталі, леговані титаном або ніобієм. Збільшення вуглецю понад його граничну розчинність в аустеніті призводить в умовах повільного охолодження до виділення із твердого розчину карбіду (Сr, Fе)23С6 й до недопустимого зниження концентрації хрому в твердому розчині (менше, ніж 13 %). Щоб перевести карбідну фазу в твердий розчин, необхідно нагріти хромонікелеву сталь до температури 1100... 1150 °С та охолодити її у воді. Тоді формується пересичений твердий розчин вуглецю у легованому аустеніті з високою корозійною тривкістю, доброю пластичністю, низькою твердістю й порівняно невисокою міцністю. У разі необхідності міцність хромонікелевої аустенітної сталі можна підвищити шляхом холодної пластичної деформації (наклепу).

Хромонікелеві нержавкі сталі дорогі, бо до їх складу входить дефіцитний нікель. В окремих марках його частково замінюють дешевшим марганцем. Замінником сталі 10Х18Н9Т служить дешевша сталь 12Х14Г14Н4Т, де марганцю близько 14 %.

Сталь марок 12Х18Н9, 04Х18Н10, 12Х18Н10Т, 03Х18Н12 широко застосовують у харчовій, хімічній і нафтовій промисловості.

***Інструментальні сталі*** це нелеговані й леговані сталі, швидкорізальні сталі, сталі для вимірних інструментів та штампів. Для виготовлення різальних інструментів, крім сталей, широко застосовують тверді сплави, а також мінералокерамічні матеріали.

**4. Інструментальні леговані сталі**

**Інструментальні леговані сталі** містять обмежену кількість хрому, вольфраму, ванадію, кремнію і марганцю. Масова частка вуглецю в цих сталях висока - 0,9... 1,3 %. Легувальні елементи істотно поліпшують прогартовуваність, дещо підвищують твердість (62...64 НRС) і теплостійкість (до 250 °С) порівняно з нелегованими інструментальними сталями. Звичайна термічна обробка легованих сталей для різального інструменту полягає в гартуванні від 810...870°С й низькотемпературному відпуску. Структура після термообробки - легований мартенсит, карбіди, а також залишковий аустеніт. Із сталей марок 9ХС, ХВГ, 9Г2Ф, X, ХВСГФ виготовляють свердла, розвертки, мітчики, плашки і фрези невеликого діаметра.

**5. Швидкорізальні сталі**

**Швидкорізальні сталі** - високолеговані інструментальні сталі, до складу яких входить 0,75...1,10 % вуглецю, 3,0...4,4 % хрому, 2,0...18,0 % вольфраму (Р), 1,0...3,0 % ванадію (Ф), а також до 8 % кобальту (К) і до 9 % молібдену (М).

**Швидкорізальні сталі** маркують літерою Р (*rapid* - швидкий). Цифри після літери Р показують середню масову частку вольфраму в цілих процентах, а цифри після літер Ф, К і М - масову частку відповідно ванадію, кобальту й молібдену. У марці не зазначена частка вуглецю і хрому.

Температура гартування швидкорізальних сталей повинна бути такою, щоб забезпечити максимальний перехід карбідів в аустеніт і водночас не допустити надмірного росту зерна аустеніту. Залежно від хімічного складу сталі температура гартування перебуває в межах 1210... 1290 °С. Сталь нагрівають повільно в кількох соляних ваннах зі зупинками в зоні температур фазових перетворень. Після охолодження в оливі структура сталі складається із високолегованого мартенситу з концентрацією вуглецю 0,3...0,4 %, первинних карбідів, що не перейшли в твердий розчин під час нагрівання, й 25...35 % залишкового аустеніту, який негативно впливає на різальні властивості сталі.

За час триразового високотемпературного відпуску при 560 °С з витримкою по 1 год залишковий аустеніт розпадається, формуючи матрицю легованого мартенситу й до 15 % дрібнодисперсних карбідів вторинного твердіння розміром близько 0,01 мкм. Ефект вторинного твердіння зумовлений такими легувальними елементами як вольфрам, молібден і ванадій. Кобальт, хоч і не утворює карбідів, зате стримує їх ріст під час нагрівання, а хром зменшує критичну швидкість гартування. Твердість інструментів із швидкорізальних сталей після повної термообробки становить 63...67 НКС, а теплостійкість - 615... 640 °С.

Серед швидкорізальних сталей розрізняють: вольфрамові марок Р18 і Р9, вольфрамокобальтові (Р9К5), вольфрамованадієві (Р12ФЗ), вольфрамомолібденові з кобальтом (Р6М5К5), вольфрамокобальтові з ванадієм (Р18К5Ф2). Швидкорізальні сталі широко використовують для виготовлення всіх видів металорізальних інструментів. Зокрема, для інструментів складної форми, які повинні мати високу зносостійкість, застосовують сталь Р18, а для простіших інструментів - сталь Р9. Однак, через високу вартість вольфраму, його значною мірою витісняє дешевша сталь Р6М5.

Інструменти, що працюють у тяжких умовах (переривчасте різання, вібрації, різання важкооброблюваних нержавких і жароміцних сталей), виготовляють із швидкорізальних сталей, у складі яких є кобальт (марки Р18К5Ф2, Р9К5, Р9К4М8).

Для інструментів чистової обробки (протяжки, розвертки) використовують вольфрамованадієві сталі (Р12ФЗ).

В останні десятиліття все частіше отримують заготовки для інструментів із швидкорізальних сталей методом порошкової металургії. Дуже дрібні порошки компонентів вибраної марки сталі старанно перемішують, пресують і спікають при високій температурі. Завдяки доброму перемішуванню вдається досягти однорідного розподілу карбідів, вищих механічних властивостей, підвищеної теплостійкості та кращої оброблюваності шліфуванням порівняно зі сталями такого ж хімічного складу, але отриманими вальцюванням або куванням. Сталі, виготовлені методом порошкової металургії, мають додаткове позначення МП, наприклад, Р6М5К5МП.

**6. Сталі для вимірних інструментів**

**Сталі для вимірних інструментів** повинні характеризуватися високою зносостійкістю, сталою формою та розмірами протягом тривалого часу експлуатації та доброю оброблюваністю. Вимірний інструмент найчастіше виготовляють із вуглецевих інструментальних сталей марок У8...У12, легованих інструментальних сталей марок X, 9ХВГ, 12X1, цементованих конструкційних вуглецевих сталей марок 15, 20. Для забезпечення високої твердості та зносостійкості інструменти гартують у оливі. Загартована високовуглецева сталь при кімнатній температурі зазнає природного старіння, яке характеризується:

* розпадом мартенситу й зменшенням об'єму,
* розпадом залишкового аустеніту й збільшенням об'єму,
* виникненням пластичних деформацій і перерозподілом залишкових напружень.

Щоб не допустити змін об'єму й лінійних розмірів інструменту, загартовану сталь піддають низькотемпературному відпуску при температурі 120...170 °С протягом 10...30 год. Це запобігає розпадові мартенситу протягом всього періоду експлуатації інструменту. Інструменти, від яких вимагають особливо високої точності, перед відпуском додатково охолоджують при температурах -50...-80 °С для того, щоб позбутись залишкового аустеніту.

**7. Сталі для штампів**

Ці сталі застосовують для виготовлення штампів і прес-форм. Залежно від температури експлуатації розрізняють сталі для штампів, що працюють в умовах холодного й гарячого (до 900... 1200 °С) деформування.

**Сталі для штампів холодного деформування** мають високу зносостійкість (високу поверхневу твердість), достатню міцність у поєднанні зі задовільною в'язкістю, оскільки вони працюють в умовах ударних навантажень.

Для виготовлення деталей штампів діаметром до 25 мм застосовують вуглецеві інструментальні сталі марок У10, У12 й низьколеговані інструментальні сталі марок ХГС, 9ХВГ. Завдяки ненаскрізному гартуванню й низькотемпературному відпуску при 150... 180 °С на поверхні деталі формується твердий (60 НRС) і зносостійкий шар, а під ним - порівняно в'язке осердя. Сталі з підвищеним вмістом хрому (6...12 %) марок Х12, Х12МФ, Х12Ф1 використовують для великих штампів складної конфігурації. Ці сталі характеризуються доброю прогартованістю. Висока частка карбідної фази Сr7С3 підвищує твердість сталі до 61...63 НRС та зносостійкість. З підвищенням температури гартування збільшується розчинність карбідів і як наслідок - вміст вуглецю й хрому в аустеніті, що призводить до росту в охолодженій структурі частки залишкового аустеніту й до зменшення твердості інструменту. Щоб подрібнити зерна, в хромову сталь вводять молібден і ванадій (сталь Х6Ф4М).

Штампи гарячого деформування контактують зі заготовками, нагрітими до високих температур і тому**сталі для виготовлення штампів гарячого деформування** повинні мати добру теплостійкість, високу стійкість до спрацювання і певну в'язкість.

Якщо штамп сприймає істотні ударні навантаження, то його виготовляють зі сталей з часткою вуглецю 0,3...0,6 %. х легують хромом, нікелем, марганцем, щоб підвищити прогартованість та в'язкість. Щоб зменшити схильність сталей до відпускної крихкості, до їх складу додають молібден або вольфрам. Для штампів гарячого деформування часто використовують сталі марок 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС. Зі сталі 5ХНМ виготовляють великі штампи складної конфігурації, оскільки вона зберігає доволі добрі механічні властивості до температури 500 °С. Сталь 5ХНВС за однакової зі сталлю 5ХНМ прогартовуваності менш в'язка. Вона призначена для середніх за розмірами штампів. Перелічені сталі гартують у оливі з подальшим високотемпературним відпуском, щоб отримати трооститну або трооститно-сорбітну структуру. Твердість після відпуску становить 35...45 НRС.