

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Класифікація та маркування сталей

Мета роботи: Вивчити класифікацію сталей, їх маркування. За маркою сталі визначити якість сталі та її призначення, який тип деталей або інструментів із цієї марки сталі виготовляють, вміст вуглецю та легуючих елементів.

Загальні відомості

3.1 Вуглецеві сталі

Сталь – це сплав заліза з вуглецем, де вміст вуглецю складає від 0,025 до 2,14 %.

За хімічним складом сталі поділяють на вуглецеві та леговані. До складу вуглецевих сталей входять залізо і вуглець. Окрім них, у вуглецевих сталях є марганець (не вище 0,8 %) і кремній (не вище 0,4 %), а також шкідливі домішки: сірка, фосфор і гази.

До складу легованих сталей, крім того, входять легуючі елементи – хром, нікель, молібден, кобальт та інші. Входять також марганець, якщо його більше 0,8 %, і кремній - вище 0,4 %.

Класифікують вуглецеві сталі за різними ознаками. Наприклад, за призначенням їх поділяють на конструкційні, інструментальні та спеціального призначення. За якістю розрізняють сталі звичайної якості, якісні та високоякісні. Якість сталі залежить від вмісту в ній шкідливих домішок сірки та фосфору. Сталь звичайної якості містить до 0,06% сірки та до 0,07% фосфору. В якісних сталях їх вміст не перевищує 0,04%, а у високоякісних — 0,03%. Вміст шкідливих домішок у сталі залежить від способу виробництва: найчистішою є сталь, виплавлена в електропечах.

За ступенем розкислення сталі поділяють на киплячі, спокійні та напівспокійні. Киплячі сталі розкислюють тільки марганцем (вихід придатної сталі 95... 100%). Перед розливанням у них є ще багато кисню у вигляді FeO, що

при затвердінні частково взаємодіє з вуглецем і утворює газ CO, бульбашки якого при виході з рідкого металу нагадують "кипіння". Частина бульбашок CO залишається у злитку, вони після прокатування сплющуються, що надає сталі високої пластичності (вміст кремнію не перевищує 0,05%). Спокійну сталь розкислюють в печі і ковші кремнієм, марганцем та алюмінієм. Сталь кристалізується без виділення газів, в верхній частині злитка утворюється усадкова раковина, що зменшує вихід придатного матеріалу до 85...90%. Напівспокійну сталь отримують при розкисленні феромарганцем і частково феросиліцієм або алюмінієм. При цьому злиток не має концентрованої усадкової раковини, в нижній частині він має будову спокійної сталі, а у верхній — киплячої. Вихід сталі становить 90...95%. За властивостями і вартістю ці сталі є проміжними між киплячими та спокійними.

За структурою вуглецеві сталі поділяють на доевтектоїдні ($< 0,8\% \text{ C}$) зі структурою ферит і перліт, евтектоїдну ($0,8\%$) з перлітною структурою і заевтектоїдні ($> 0,8\% \text{ C}$) зі структурою перліт і цементит вторинний.

За вмістом вуглецю конструкційні сталі бувають низько вуглецевими (до $0,3\% \text{ C}$), середньо вуглецевими ($0,3...0,5\% \text{ C}$) і високо вуглецевими ($0,5...0,65\% \text{ C}$).

Сталі спеціального призначення отримують як внаслідок зміни хімічного складу, так і при застосуванні спеціальної технології виготовлення виробів. Це автоматні сталі, сталі для листового штампування та для виливків, а також нагартовані сталі.

Автоматні — це сталі з підвищеною оброблюваністю різанням (для деталей, які виготовляються на верстатах-автоматах).

Оброблюваність оцінюють кількома показниками, першим з яких слід назвати інтенсивність спрацьовування інструменту. Вона залежить від швидкості різання, допустимої при заданій стійкості {часу між пере заточуваннями} інструменту. Окрім цього, оброблюваність оцінюється шорсткістю обробленої поверхні, формою стружки та легкістю її відведення і прибирання з робочої зони верстата. Оброблюваність сталі різанням залежить від її механічних

властивостей, мікроструктури, хімічного складу та теплопровідності. Важко обробляти як надто тверді, так і дуже пластичні сталі. У першому випадку збільшуються сила різання і температура нагрівання інструменту, що сприяє знеміцненню інструментального матеріалу. У другому — суцільна неперервна стружка ковзає по передній поверхні різця і нагріває та інтенсивно стирає її. Крім цього, на передню поверхню різця періодично налипає шар zdeформованого твердого, зрізаного з поверхні деталі металу (явище наросту). Зміна розмірів інструменту і налипання відокремлених наростів робить оброблену поверхню неточною і шорсткою, з задирками. Особливо тяжко обробляти сталь з аустенітною структурою, бо крім високої пластичності та в'язкості аустеніт має низьку теплопровідність. У цьому випадку значну частину тепла поглинає інструмент, що призводить до зменшення його твердості.

Підвищити оброблюваність можна технологічними та металургійними заходами. До технологічних належать термічна обробка середньо вуглецевих сталей і холодна пластична деформація низько вуглецевих з метою незначного збільшення твердості. Ефективнішими є металургійні заходи, що полягають у створенні в сталі таких структурних складових, які знеміцнюються або плавляться при нагріванні, а також стають крихкими від взаємодії з певними хімічними елементами. Чисто вуглецеві автоматні сталі містять до 0,3% сірки і до 0,15% фосфору. Щоб запобігти червоноламкості, в них збільшують до 0,70... 1,55% вміст марганцю. Утворювані сульфіди, виконуючи роль "внутрішнього мастила", сприяють відокремленню стружки та її ламанню. Ці сталі мають анізотропію механічних властивостей — знижені в'язкість, пластичність і особливо втомну міцність у напрямку, перпендикулярному до осі прокатного виробу. Низька корозійна стійкість таких сталей обмежує їх застосування лише для мало відповідальних деталей (кріпильні вироби, вироби з підвищеними вимогами до точності і шорсткості поверхні).

Чимало деталей машин і будівельних конструкцій (кузови та крила автомобілів, кришки та ковпаки, покрівлі тощо) виготовляють з листового матеріалу. Порожністі вироби, як правило, виготовляють витягуванням у

холодному стані — листовим штампуванням. Придатність сталі до витягування залежить, в першу чергу, від вмісту вуглецю. Для глибокого витягування він не повинен перевищувати 0,1%, для згинання і незначного витягування — 0,2...0,3%, а при вмісті вуглецю 0,35...0,45% листи можна згинати лише з великим радіусом. Структура цих сталей повинна складатись з фериту і незначної кількості перліту. Строго контролюється також наявність і створюються умови для відсутності вкраплень третинного цементиту, вміст марганцю обмежується до 0,25...0,50%, кремнію — до 0,03%, сірки — до 0,03%, а фосфору — до 0,02%.

Сталі для виливків (деталей, виготовлених заливанням рідкого сплаву у форму) відрізняються від аналогічних конструкційних для обробки тиском і різанням тим, що у них хімічний склад перебуває в широких межах і регламентується спеціальними стандартами.

Нагартована сталь характеризується порівняно зі звичайною підвищеною міцністю. Такого зміцнення сталь набуває після холодної пластичної деформації в процесі виготовлення при прокатуванні, волочінні та пресуванні. Це такі вироби, як дріт, тонкий лист, стрічка, труби і т.п. Властивості нагартованої сталі пропорційні ступеню обтискання. При фактично максимальному ступені обтискання (96...97%) сталі з вмістом вуглецю 1,2% її межа міцності сягає 4000 МПа. Нагартований дріт тонких перерізів після різних ступенів обтискання використовується для канатів і тросів. Для цієї цілі використовують сталь, що містить 0,6...0,8% вуглецю і після обтискання зі ступенем 80...90% набуває міцності 1800...3000 МПа. Найкращою для нагартовування вихідною структурою є дрібно пластинчастий перліт, який отримують після спеціальної термічної обробки.

Маркування вуглецевих сталей регламентується відповідними державними або галузевими стандартами та технічними умовами. В марках сталей відображаються якість, спосіб розкислення, хімічний склад та особливі технологічні властивості і призначення.

За державним стандартом України ДСТУ 2651-94 сталь звичайної якості маркується літерами "Ст", цифрами від 0 до 6 після літер "Ст", що показує

умовний номер марки залежно від хімічного складу і міцності, та літерами "кп", "пс" і "сп", які вказують на ступінь розкислення сталі (кипляча, напівспокійна і спокійна), наприклад, Ст1кп, Ст5пс, Ст6сп. Їх використовують для виготовлення мало відповідальних деталей машин і конструкцій, що працюють при статичних навантаженнях, а починаючи зі Ст4 — і для важчих умов експлуатації. Чим більше число, тим вищі твердість і міцність, але менша пластичність.

Сталі звичайної якості постачають за трьома групами:

- група А постачається за механічними властивостями;
- група Б постачається з гарантованим хімічним складом;
- група В - з гарантованими хімічним складом і механічними властивостями.

Із сталей групи А виготовляють деталі, конструкції без нагрівання; із сталей групи Б – деталі, що підлягають термічній обробці. Сталі групи В використовують у зварювальних конструкціях.

Зі сталей звичайної якості виготовляють гарячекатаний рядовий прокат: балки, швелери, кутки, прутки, а також листи, труби й кування. Сталі в стані поставки широко застосовують у будівництві для зварних, клепаних і болтових конструкцій, рідше для виготовлення мало навантажених деталей машин (вали, осі, зубчасті колеса й т.д.).

Киплячі сталі (Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп), що містять підвищену кількість кисню, мають поріг хладноламкості на 30— 40 °С вище, ніж сталі спокійні (Ст1сп, Ст2сп, Ст3сп і ін.). Тому для відповідальних зварних конструкцій, а також працюючих при низьких кліматичних температурах застосовують спокійні сталі (Ст1сп, Ст2сп, Ст3сп).

З підвищенням змісту в сталі вуглецю зварюваність погіршується. Тому сталі Ст5 і Ст6 із більш високим змістом вуглецю застосовують для елементів будівельних конструкцій, що не підлягають зварюванню.

Сталі, призначені для зварених конструкцій, повинні мати малу чутливість до термічного старіння, а сталі, що піддають холодному виправленню й згинанню, - малою схильністю до деформаційного старіння.

Сталі звичайної якості нерідко мають спеціалізоване призначення (мосто- і суднобудування, сільськогосподарське машинобудування й т.д.) і надходять по особливих технічних умовах.

Порівняємо сталі звичайної якості українських марок з аналогічними іноземними, в яких записують латинські літери "Fe", трицифрове число, що показує межу міцності в МПа, та літери О, А, В, С, D через дефіс, які характеризують категорію якості за вмістом сірки і фосфору (найчистіша позначається літерою D): СтО — Fe310-О, СтЗкп — Fe360-А, СтЗпс — Fe360-В, СтЗсп — Fe360-С, Ст4кп — Fe430-А, Ст4пс — Fe430-В, Ст4сп — Fe430-С, Ст5пс — Fe510-В, Ст5сп — Fe510-С, Ст6 — Fe590.

У марках якісних конструкційних сталей за ГОСТ 1050 — 74 записують двоцифрові числа від 05 до 65, які показують середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. У марках низько вуглецевих сталей можуть дописуватись літери "кп" для підкреслення ступеня розкислення. Їх використовують частіше для деталей, які виготовляються листовим штампуванням.

Низьковуглецеві сталі (зміст вуглецю <0,25 %) 05кп, 08, 10, 10кп мають невисоку міцність і високу пластичність. Ці сталі без термічної обробки застосовують для мало навантажених деталей. Тонколистову холоднокатану низько вуглецеву сталь використовують для холодного штампування виробів.

Сталі 15, 15кп, 20, 25 частіше застосовують без термічної обробки або в нормалізованому стані.

Низьковуглецеві якісні сталі використовують і для відповідальних зварних конструкцій, а також для деталей машин, що зміцнюються цементациєю.

Середньо вуглецеві сталі (0,3 - 0,5% С) 30, 35, 40, 45, 50, 55 застосовують після нормалізації, поліпшення й поверхневого загартування для найрізноманітніших деталей у всіх галузях машинобудування. Середньовуглецеві сталі йдуть на виготовлення валів, осей, зірочок, зубчастих коліс. Ці сталі в нормалізованому стані в порівнянні з низько вуглецевими мають більш високу міцність при більш низькій пластичності. Сталі у відпаленому стані добре обробляються різанням. Найбільше легко обробляються доевтектоїдні

стали зі структурою пластинчастого перліту. Прогартовуваність сталей невелика; критичний діаметр після загартування у воді не перевищує 10—12 мм (95 % мартенситу). У зв'язку із цим їх варто застосовувати для виготовлення невеликих деталей або більших, але не потребуючих наскрізній прогартовуваності. Для підвищення прогартовуваності стали додатково легують марганцем (40Г, 50Г).

Сталі з високим змістом вуглецю (0,6—0,85 % С) 60, 65, 70, 80 і 85 мають підвищену міцність, зносостійкість й пружні властивості; застосовують їх після загартування й відпуску, нормалізації й відпуску й поверхневого загартування для деталей, що працюють в умовах тертя при наявності високих статичних вібраційних навантажень. Із цих сталей виготовляють пружини й ресори, шпинделі, замкові шайби, прокатні валки й т.д.

Високу якість (чистоту) сталі позначають літерою "А" після двоцифрового числа. В сталях звичайної якості може бути підвищений вміст марганцю, тоді в марці після цифри записують літеру "Г", наприклад СтЗГсп. У марках якісних сталей для виливків після двоцифрового числа пишуть літеру "Л", наприклад, 25Л, 45Л. За ГОСТ 5520 — 79 у марках якісних сталей для виготовлення котлів, які працюють під тиском, після двоцифрового числа пишуть літеру "К", наприклад, 12К, 22К.

У марці конструкційної якісної сталі підвищеної оброблюваності за ГОСТ 1414 — 75 перед цифрами пишуть літеру "А", наприклад, А12, А20.

Стан сталі (термічно оброблена — Т, нагартована — Н) записують в умовному позначенні прокату.

Сталь нелегована інструментальна за ГОСТ 1435—74 маркується літерою "У" та числом, яке показує вміст вуглецю в десятих частках відсотка, наприклад, У7, У8, У13. У випадку зменшеного до 0,03% вмісту сірки та фосфору після цифр записують літеру "А" (У7А, У10А). Виготовляють з цих сталей інструмент, який у процесі роботи нагрівається посильмо, наприклад, зубила, долота, молотки, плоскогубці, сокири, калібри, напилки, шабери, вимірювальний інструмент тощо.

Сталі для армування залізобетонних конструкцій називають арматурними. Їх виготовляють у вигляді прутків (гладких і періодичного профілю) у нормальному гарячекатаному та термічно зміцненому станах.

Арматурні сталі виготовляють як зі сталей звичайної якості, так і з низьколегованих та спеціальних сталей.

4.2. Класифікація та маркування легованих сталей

Леговані сталі класифікують за структурою у рівноважному й нормалізованому станах, за хімічним складом та за призначенням.

За структурою у рівноважному стані леговані сталі поділяють на класи: феритний, перлітний, аустенітний і ледебуритний. Утворення домінуючих структурних складових зумовлюється, в першу чергу, вмістом вуглецю і легуючих елементів, а також їх співвідношенням, від чого залежатиме характер алотропічних перетворень та карбідоутворення. Наявність ледебуриту в сталі утруднює кування виливків, а він сам при цьому поділяється на відокремлені карбіди та аустеніт.

За структурою у нормалізованому (при охолодженні на повітрі) стані розрізняють три класи легованих сталей: перлітний, аустенітний і мартенситний. Сталі перлітного класу можуть мати в структурі перліт, сорбіт або троостит (більш дисперсні, ніж перліт), сумарний вміст легуючих елементів у них не перевищує 5%. У сталях мартенситного класу вміст легуючих елементів становить 5... 10%, а в аустенітних — більше 10%.

Залежно від призначення леговані сталі можна об'єднати в такі групи: конструкційні (машинобудівельні та будівельні), інструментальні та сталі з особливими властивостями.

Конструкційні машинобудівельні сталі підрозділяють за видом термічної обробки і призначенням на сталі для цементації, поліпшувальні, ресорно-пружинні та підшипникові. Будівельні сталі при виготовленні з них виробів термічній обробці не піддаються, за сумарним вмістом легуючих елементів їх часто називають низьколегованими.

Інструментальні сталі за призначенням поділяють на леговані, штампові та швидкорізальні. До сталей з особливими властивостями належать нержавіючі, жароміцні, жаростійкі, зносостійкі, з особливими електричними властивостями тощо.

Для позначення марок легованих сталей стандартами розроблена система, яка передбачає цифрово-літерний запис марки. Кожний легуючий елемент позначається початковою літерою його назви., хром – Х, нікель – Н, вольфрам – В, , титан – Т, молібден – М, кобальт – К, цирконій – Ц, А — азот. Деякі елементи позначають іншими літерами: Г — марганець; Д — мідь; Р — бор; Б — ніобій; С — кремній; П — фосфор; Ф — ванадій; Ю — алюміній, Ч — рідкоземельні метали. В марці записують числами на початку вміст вуглецю, великими літерами і числами за ними — вміст легуючих елементів. Вміст вуглецю в конструкційних сталях записують дво- або трицифровим числом, яке виражає соті частки відсотка. В інструментальних сталях вміст вуглецю записують одноцифровим числом, що виражає десяті частки відсотка. В інструментальних сталях, які містять один і більше відсотків вуглецю, цифри на початку марки не пишуть. Вміст легуючих елементів завжди записують у відсотках, а при вмісті його менше 1,5 % цифра після літери частіше не пишеться. Якщо вміст в сталі сірки та фосфору менший 0,03%, наприкінці марки записують велику літеру А. Цифри та літери у записі марки сталі повинні мати однакову висоту.

Букву А використовують у трьох випадках:

- якщо вона стоїть у кінці марки – сталь високоякісна,
- якщо на початку – сталь автоматна; наприклад, А12,
- якщо посередині маркування – це азот (25ХГНМАЮ).

Усі леговані інструментальні сталі, а також сплави з особливими властивостями - високоякісні, тому в їх маркуванні букву А опускають (не пишуть), наприклад: 6Х4Н2М.

Інструментальні сталі призначені для виготовлення різального, штампового та вимірювального інструменту. Ці сталі повинні мати високу твердість, стійкість проти спрацювання, в ряді випадків – високу теплостійкість.

Їх легують, головним чином, карбїдоутворювальними елементами – хромом, вольфрамом, ванадієм, марганцем.

Звичайні інструментальні сталі мають теплостійкість до 300⁰С, що забезпечує швидкість різання в межах 15...25 м/хв. Швидкорізальні сталі легують вольфрамом, хромом, ванадієм, кобальтом, що зберігає їх твердість до 600⁰С і дозволяє збільшити швидкість різання в 3...4 рази. Їх маркування Р9, Р9К5, Р12, Р18 і т.д.; цифра після букви Р показує вміст вольфраму в цілих процентах.

Шарикопідшипникові сталі маркуються ШХ15, ШХ6, де хром указується в десятих частках процента, тобто 1,5%, 0,6%.

3.3 Приклади розшифровування марок сталей

- Сталь Ст3КП – сталь звичайної якості, за ступенем розкислення – кипляча, за групою постачання - група А, постачається за механічними властивостями, 3 – умовний номер сталі. Використовується для виготовлення прокату різного профілю, головним чином для будівельних робіт, наприклад , кутовий прокат.

- Сталь 45 – сталь конструкційна, якісна; вміст вуглецю - 0,45%. Використовується для виготовлення деталей машин, які працюють при значних силових навантаженнях (вали, осі, кронштейни).

- Сталь 15ХЗН4А – конструкційна, легована, високоякісна сталь, належить до групи цементованих сталей, які працюють при значних динамічних навантаженнях в умовах поверхневого тертя, наприклад, швидкісні шестерні. Вміст вуглецю - 0,15%, хрому - 3%, нікелю - 4%.

- Сталь 6Х6ВЗМФ1 – сталь інструментальна, легована. Вміст вуглецю - 0,6%, хрому - 6%, вольфраму – 3%, молібдену - менше 1,5%, ванадію - 1%. Виготовляють штампи.

- Сталь У8 – сталь вуглецева, якісна; вміст вуглецю - 0,8%. Використовується для виготовлення ударних інструментів і для обробки деревини.

- Сталь ХВГС – легована інструментальна сталь. Вміст вуглецю - 1% і більше; хрому, вольфраму, марганцю, кремнію - менше 1,5% кожного.
- Р9К5 – швидкорізальна сталь для різальних інструментів. Вміст вольфраму - 9%, кобальту - 5%.
- Сталь ШХ15 – шарикопідшипникова сталь. Вміст вуглецю - 1% і більше, хрому – 1,5%.
- Сталь А20 – автоматна сталь для деталей, що виготовляють на верстатах – автоматах; вони мають ламку стружку. Вміст вуглецю – 0,20%.

Порядок проведення роботи

1. Вивчити класифікацію та маркування вуглецевих і легованих сталей.
2. Для кожної групи матеріалів навести як приклад 2-3 марки сталей.
3. Розшифрувати їх хімічний склад, якість.
4. Визначити основні механічні та експлуатаційні характеристики.
5. Привести приклад застосування.
6. Отримані дані привести у таблиці 4.1

Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

- найменування роботи, мета і основні теоретичні відомості;
- таблицю з даними для кожної групи матеріалів.
- висновки по роботі.

Контрольні питання

1. Як класифікують сталі за якістю?
2. Як класифікують сталі за структурою?
3. Як класифікують сталі за призначенням?
4. Як маркують вуглецеві сталі?
5. Як маркують леговані сталі?
6. Застосування сталей звичайної якості?
7. Застосування низько вуглецевих сталей?
8. Застосування середньовуглецевих сталей?
9. Застосування високовуглецевих сталей?