

ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

ЛЕКЦІЇ

ТЕМА 1

Матеріалознавство — міждисциплінарна галузь науки, яка вивчає залежність між хімічним складом, будовою і властивостями матеріалів, а також впливом на їх будову і властивості теплових, хімічних, електромагнітних та інших факторів.

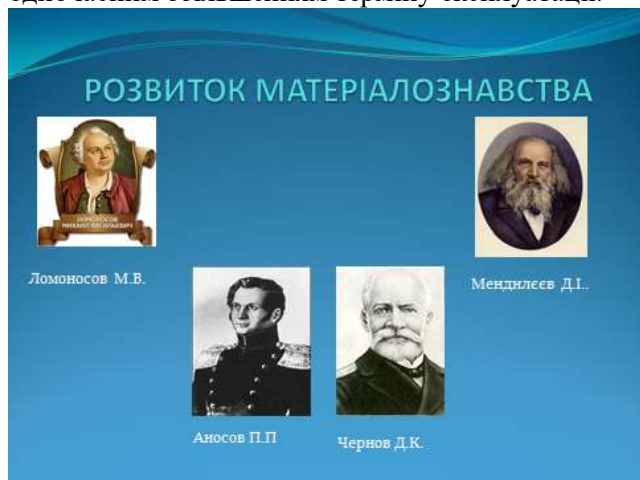
Матеріалознавство об'єднує методи фізики й хімії для розробки й впровадження новітніх матеріалів у промислове виробництво.

Сучасна техніка, зокрема машини, характеризується складними умовами роботи (високі питомі навантаження, високі швидкості відносного переміщення, високі та низькі температури, агресивні середовища, вакуум та ін.). Ці умови вимагають застосування таких матеріалів, які в даних умовах забезпечили б довговічність, надійність деталей машин, механізмів в цілому а також різного інструменту у поєднанні з невисокою вартістю.

Матеріалознавство зародилося з металургії, але в сучасну еру область дослідження розширилася, включаючи сплави й композитні матеріали, кераміку, полімери, біоматеріали тощо.

Мета дисципліни — пізнання властивостей матеріалів в залежності від складу і виду обробки, методів їх зміцнення для найефективнішого використання в техніці, а також створення матеріалів з наперед заданими властивостями: з високою міцністю чи пластичністю, з доброю електропровідністю, великим електричним опором або спеціальними магнітними властивостями, а також, поєднання різних властивостей в одному матеріалі (композиційні матеріали).

Головним *завданням* цієї дисципліни є набуття знань та навичок по оцінці властивостей матеріалів, раціональному і доцільному вибору їх для конкретних умов роботи, вміння застосовувати ефективні технологічні методи обробки та зміцнення, які б привели в результаті до здешевлення виробів, зменшення витрат матеріалів з одночасним збільшенням терміну експлуатації.



Метали

Металева структура пояснюється електронною будовою. Елементи металу, вступаючи в хімічну реакцію з елементами, що є неметалами, віддають їм свої зовнішні, так звані валентні електрони. Це є наслідком того, що в металів зовнішні електрони неміцно пов'язані з ядром; крім того, на зовнішніх електронних оболонках небагато (всього 1-2), тоді як у неметалів електронів багато (5-8).

Всі елементи, розташовані лівіше галлію і талію - метали, а правіше миш'яку, сурми і вісмуту - неметали. У техніці під неметалом розуміють речовини, що володіють «металевим блиском» і пластичністю і характерні властивості. Крім цього всі метали мають високу електропровідність і теплопровідність. Особливість будови металевих речовин полягає в тому, що всі вони побудовані в основному з легких атомів, які мають зовнішні електрони слабо пов'язані з ядром. Це обумовлює особливий характер взаємодії атомів металу і металеві властивості. Метали є хорошими провідниками електричного струму. З відомих (до 1985 р .) 106 хімічних елементів 83 - метали.

Класифікація металів

Кожен метал відрізняється будовою і властивостями від іншого, тим не менш, за деякими ознаками їх можна об'єднати в групи.

Дана класифікація розроблена російським ученим Гуляєвим А.П. і може не збігатися із загальноприйнятою. Всі метали можна розділити на дві великі групи - чорні та кольорові метали.

Чорні метали найчастіше мають темно-сірий колір, велику щільність (крім лужно-земельних), високу

температуру плавлення, відносно високу твердість. Найбільш типовим металом цієї групи є залізо. Кольорові метали найчастіше мають характерну забарвлення: червону, жовту і білу. Володіють великою пластичністю, малою твердістю, відносно низькою температурою плавлення. Найбільш типовим елементом цієї групи є мідь.

Чорні метали в свою чергу можна підрозділити таким чином:

1. Залізні метали - залізо, кобальт, нікель (так звані ферромагнетики) і близький до них за властивостями марганець. Co, Ni, Mu часто застосовують як добавки до сплавів заліза, а також в якості основи для відповідних сплавів, схожих за своїми властивостями на високолеговані сталі.
2. Тугоплавкі метали, температура плавлення яких вища, ніж заліза (тобто вище 1539С). Застосовують як добавки до легованих сталей, а також в якості основи для відповідних сплавів. До них відносять: Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Tc (технецій), Hf (гафій), Ta (тантал), W, Re (реній).
3. Уранові метали - актиніди, що мають переважне використання у сплавах для атомної енергетики. До них відносять: Ac (актиній), Th (торій), U (уран), Np (нептуній), Pu (плутоній), Bk (берклій), Cf (каліфорній), Md (Менделевій), No (Нобеля) та ін.
4. Рідкоземельні метали (РЗМ) - La (лантан), Ce (церій), Nd (неодим), Sm (Санарі), Eu (європій), Dy (діспрозій), Lu (лютецій), Y (ітрій), Sc (Ісландія) та ін, що об'єднуються під назвою лантаноїдів. Ці метали мають вельми близькими хімічними властивостями, але досить різними фізичними (Тип. та ін.) Їх застосовують як присадки до сплавів інших елементів. У природних умовах вони зустрічаються разом і важко розділими на окремі елементи. Зазвичай використовується змішаний сплав - 40-45% Ce (церій) і 40-45% всіх інших РЗМ.
5. Лужноземельні метали - у вільному металевому стані не застосовуються, за винятком особливих випадків, наприклад, теплоносії в атомних реакторах. Li (літій), Na, K (калій), Rb (рубідій), Cs (цезій), Fr (францій), Ca (кальцій), Sr (стронцій), Ba (барій), Ra (радій).

Кольорові метали поділяються на:

1. Легкі метали - Be (берилій), Mg (магній), Al (алюміній), що володіють малою щільністю.
2. Благородні метали - Ag (срібло), Pt (платина), Au (золото), Pd (паладій), Os (осмій), Ir (іридій), та ін Cu - полублагородний метал. Мають високу стійкість проти корозії.
3. Легкоплавкі метали - Zn (цинк), Cd (кадмій), Hg (ртуть), Sn (олово), Bi (вісмут), Sb (сурма), Pb (свинець), As (миш'як), In (індій) і т. д., і елементи з ослабленими металевими властивостями - Ga (галій), Ge (германій). Застосування металів почалося з міді, срібла і золота. Так як вони зустрічаються в природі в чистому (самородному) вигляді. Пізніше почали відновлювати метали з руд - Sn, Pb, Fe і ін

Найбільшого поширення в техніці отримали сплави заліза з вуглицем: сталь (0,025-2,14% C) чавун (2,14-6,76% C); причина широкого використання Fe-C сплавів пов'язано з рядом причин: малою вартістю, найкращими механічними властивостями, можливістю масового виготовлення і великою поширеністю руд Fe в природі.

Більше 90% виготовлених металів становить сталь.

Техническая классификация металлов

 <p>ЧЕРНЫЕ Fe и сплавы на его основе (чугун, сталь)</p>	 <p>ЛЕГКИЕ (плотность меньше 5 г/мл) Li, Na, Mg, Al, Ca, Ti, Rb, K, Cs, Be, Ba, Sr и др.</p>
 <p>ЦВЕТНЫЕ Все остальные</p>	 <p>ТЯЖЕЛЫЕ (плотность больше 5 г/мл) Os, Fe, Cu, Hg, Pb, Au, Ag, W, Ni, Sn, Pd, Pt, Cr, Zn и др.</p>
 <p>ЛЕГКОПЛАВКИЕ (Т плавления меньше 1000°C) Hg, Cs, Na, Sn, Zn, Ga, K, Rb, Ca, Mg, Al, Pb, Sr и др.</p>	 <p>МЯГКИЕ Щелочные (режутся ножом). Pb, Sn, Au, Zn, Cd, In, Tl и др.</p>
 <p>ТУГОПЛАВКИЕ (Т плавления больше 1000°C) W, Fe, Cr, Zr, Nb, Ta, Mo, Hf, Be, Cu, Ni, Os, Pd, Pt и др.</p>	 <p>ТВЕРДЫЕ Be, Cr (режут стекло) и др.</p>
 <p>ДРАГОЦЕННЫЕ Au, Ag, платиновые (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt)</p>	 <p>РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ (РЗ) Sc, Y, La и лантаноиды.</p>
 <p>РАДИОАКТИВНЫЕ U, Th, Pm, Po, Pu, Ac, Tc, At, Rn, Fr, Ra и др.</p>	 <p>ФЕРРОМАГНИТНЫЕ Fe, Co, Ni, некот. РЗ</p>
 <p>ЛЕГИРУЮЩИЕ (ФЕРРОСПЛАВНЫЕ) Mn, Cr, W, Mo, Nb, V и др.</p>	<p>ПАРАМАГНИТНЫЕ Щелочные, щ/зем., Al, Pt, Ti и др.</p> <p>ДИАМАГНИТНЫЕ Zn, Cu, Ag, Au, Ge, Sn и др.</p>

Поняття про сплави.

Характерною особливістю металів є їх здатність утворювати один з одним або з неметалами сплави. Щоб отримати сплав, суміш металів звичайно піддають плавленню, а потім охолоджують з різною швидкістю, яка визначається природою компонентів і зміною характеру їх взаємодії залежно від температури. Іноді сплави одержують спіканням тонких порошоків металів, не вдаючись до плавлення (порошкова металургія). Отже сплави - це продукти хімічної взаємодії металів.

Кристалічна структура сплавів багато в чому подібна чистим металам, які, взаємодіючи один з одним при плавленні і подальшій кристалізації, утворюють: а) хімічні з'єднання, звані інтерметалідами; б) тверді розчини; в) механічну суміш кристалів компонентів.

Той чи інший тип взаємодії визначається співвідношенням енергії взаємодії різнорідних і однорідних частинок системи, тобто співвідношенням енергій взаємодії атомів в чистих металах і сплавах.

Сучасна техніка використовує величезне число сплавів, причому в переважній більшості випадків вони складаються не з двох, а з трьох, чотирьох і більшого числа металів. Цікаво, що властивості сплавів часто різко відрізняються від властивостей індивідуальних металів, якими вони утворені. Так, сплав, що містить 50% вісмуту, 25% свинцю, 12,5% олова і 12,5% кадмію, плавиться усього при 60,5 градусах Цельсія, у той час як компоненти сплаву мають відповідно температури плавлення 271, 327, 232 і 321 градус Цельсія. Твердість олов'яної бронзи (90% міді і 10% олова) утричі більше, ніж у чистої міді, а коефіцієнт лінійного розширення сплавів заліза і нікелю в 10 разів менше, ніж у чистих компонентах.

Проте деякі домішки погіршують якість металів і сплавів. Відомо, наприклад, що чавун (сплав заліза і вуглецю) не володіє тією міцністю і твердістю, які характерні для сталі. Крім вуглецю, на властивості сталі впливають добавки сірки і фосфору, що збільшують її крихкість.

Серед властивостей сплавів найбільш важливими для практичного застосування є жароміцність, корозійна стійкість, механічна міцність і ін. Для авіації велике значення мають легкі сплави на основі магнію, титана або алюмінію, для металообробної промисловості - спеціальні сплави, що містять вольфрам, кобальт, нікель. В електронній техніці застосовують сплави, основним компонентом яких є мідь. Надпотужні магніти вдалося отримати, використовуючи продукти взаємодії кобальту, самарію й інших рідкоземельних елементів, а надпровідні при низьких температурах сплави - на основі інтерметалідів, утворених ніобієм з оловом і ін

Кристалічні та аморфні тіла.

У твердих тілах атоми можуть розміщуватися в просторі двома способами:

Хаотичне розташування атомів, коли вони не займають певного місця один відносно одного. Такі тіла називаються аморфними.

Аморфні речовини мають формальні ознаки твердих тіл, тобто вони здатні зберігати постійний об'єм і форму. Проте вони не мають певної температури плавлення або кристалізації.

Впорядковане розташування атомів, коли атоми займають в просторі сповна певні місця, Такі речовини називаються кристалічними.

Атоми коливаються відносно свого середнього положення з частотою близько 10^{13} Гц. Амплітуда цих коливань пропорційна температурі.

Завдяки впорядкованому розташуванню атомів в пространстве, їх центри можна з'єднати уявними прямими лініями. Сукупність таких пересічних ліній представляє просторові ґрати, які називають кристалічною решіткою.

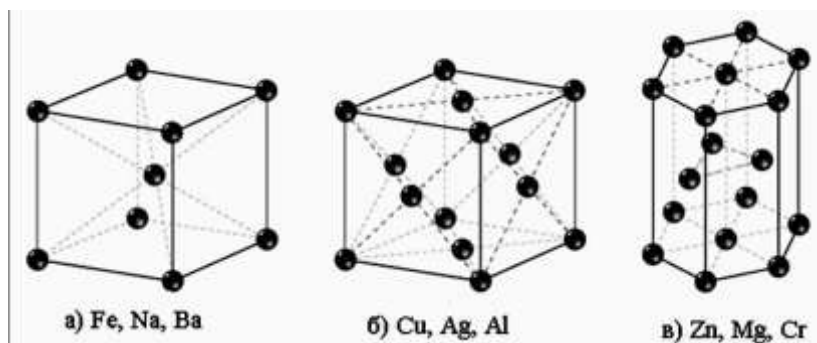
Зовнішні електронні орбіти атомів торкаються, так що щільність упаковки атомів в кристалічній решітці досить велика.

Кристалічні тверді тіла складаються з кристалічних зерен - кристалітів. У сусідніх зернах кристалічні решітки повернуті відносно одна другої на деякий кут.

У кристалітах дотримуються ближній і далекий порядки. Це означає наявність упорядкованого розташування і стабільності як найближчих його сусідів атома (ближній порядок), так і атомів, що знаходяться від нього на значних відстанях аж до границь зерен (далекі порядок). Всі метали є кристалічними тілами, існують певний тип кристалічної решітки, що складається з малорухливих позитивно заряджених іонів, між якими рухаються вільні електрони (так званий електронний газ). Такий тип структури називається металевим зв'язком.

Тип решітки визначається формою елементарного геометричного тіла, багатократно повторення якого по трьох просторових осях утворює решітку даного кристалічного тіла.

Металічні кристали внаслідок нелокалізованого зв'язку характеризуються високим КЧ, електро- і теплопровідністю, блиском, пластичністю й ковкістю. Для них найхарактерніші три типи ґраток : кубічна гранецентрована , гексагональна та кубічна об'ємноцентрована



Процес кристалізації металів

При нагріванні всіх кристалічних тіл спостерігається чітка границя переходу із твердого стану в рідке. Така ж границя існує при переході з рідкого стану у тверде.

Кристалізація – це процес переходу металів з рідкого стану в твердий, при якому в металі формується кристалічна ґратка.

Первинна кристалізація – це перехід з рідкого стану в твердий з утворенням кристалів.

Вторинна – це процес утворення нових кристалів у твердому стані.

Кристалізація протікає в умовах, коли система переходить до термодинамічно більш стійкого стану з мінімумом вільної енергії.

Мінімальний розмір здатного до росту зародка називається *критичним розміром*, а зародок – стійким.

Центри кристалізації утворюються у вихідній фазі незалежно один від одного у випадкових місцях. По мірі розвитку кристалізації в ньому беруть участь все більше і більше число кристалів. Тому процес спочатку прискорюється, поки в якийсь момент взаємне зіткнення зростаючих кристалів

починає помітно перешкоджати їх росту. Ріст кристалів сповільнюється ще й тому, що кількість рідини, в якій утворюються нові кристали, стає все менше. У процесі кристалізації, поки кристал оточений рідиною, він часто має правильну форму, але при зіткненні і зрощенні кристалів їх правильна форма порушується. Зовнішня форма кристала виявляється залежною від умов зіткнення зростаючих кристалів. Ось чому кристали металу – зерна (кристаліти) не мають правильної форми.

Ріст триває в напрямках, де є вільний доступ до рідкого середовища. Після закінчення кристалізації утвориться полікристалічне тіло.

Процес кристалізації складається з утворення центрів кристалізації й росту кристалів із цих центрів.

При прискореному охолодженні механізм утворення кристалів носить *дендритний характер*, тобто утворення центрів кристалізації і їх розвиток відбувається основним чином в тих напрямках, в яких швидкість росту максимальна. В результаті дендритної кристалізації злиток має неоднорідну будову (рис. 2.4).

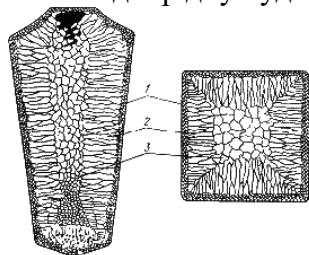
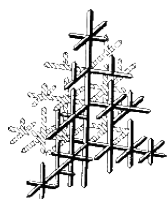


Рисунок 2.4. Схема будови металевого злитку

Зона 1 – дрібні кристали – осі розміщені хаотично – вони формуються в початковий момент затвердіння, коли метал, стикаючись з холодними стінками форми, охолоджується в тонкому шарі з дуже великою швидкістю;

Зона 2 – стовпчасті кристали – осі розміщені перпендикулярно процесу кристалізації – після утворення зовнішньої дрібнозернистої зони умови затвердіння змінюються, швидкість охолодження зменшується, відвід тепла становиться направленим (перпендикулярно до стінок форми), тому зерна мають стовпчастий деревоподібний вигляд (рис. 2.5);

Зона 3 – крупні кристали (дендрити) – осі розміщені хаотично – це внутрішня зона злитку, де умови охолодження рідкого металу рівномірні. Тут зерна зароджуються і ростуть без визначеного напрямку.



ТЕМА 2.

Фізичні властивості металів.

З зовнішньої сторони метали, як відомо, характеризуються насамперед особливим "металевим" блиском, що обумовлюється їх здатністю сильно відбивати промені світла. Однак цей блиск спостерігається звичайно тільки в тому випадку, коли метал утворює суцільну компактну масу. Правда, магній і алюміній зберігають свій блиск, навіть будучи перетвореними, в порошок, але більшість металів у мелкороздробленному вигляді має чорний або темно-сірий колір. Потім типові метали володіють високою тепло-і електропровідністю, причому по здатності проводити тепло і струм розташовуються в одному і тому ж порядку: кращі провідники - срібло і мідь, гірші - свинець і ртуть. З підвищенням температури електропровідність падає, при зниженні температури, навпаки, збільшується.

Дуже важливою рисою металів є їх порівняно легка механічна деформованість. Метали пластичні, вони добре куються, витягаються в дріт, прокочуються в листи і т.п.

Характерні фізичні властивості металів знаходяться в зв'язку з особливостями їхньої внутрішньої структури. Відповідно до сучасних поглядів, кристали металів складаються з позитивно заряджених іонів і вільних електронів, відщепилися від відповідних атомів. Весь кристал можна собі уявити у вигляді просторової решітки, вузли якої зайняті іонами, а в проміжках між іонами знаходяться легкорухливі електрони. Ці електрони постійно переходять від одних атомів до інших і обертаються навколо ядра то одного, то іншого атома. Тому що електрони не зв'язані з визначеними іонами, те вже під впливом невеликої різниці потенціалів вони починають переміщатися в певному напрямі, тобто виникає електричний струм.

Наявністю вільних електронів обумовлюється і висока теплопровідність металів. Перебуваючи в безперервному русі, електрони постійно зіштовхуються з іонами й обмінюються з ними енергією. Тому коливання іонів, що посилюються в даній частині металу внаслідок нагрівання, зараз же передаються сусіднім іонам, від них - наступним і т.д., і тепловий стан металу швидко вирівнюється; вся маса металу приймає однакову температуру. За щільністю метали умовно поділяються на дві великі групи: легкі метали, щільність яких не більше 5 г / см^3 , і важкі метали - всі інші. Щільність, а також температури плавлення деяких металів приведені в таблиці № 1.

Таблиця № 1

Щільність і температура плавлення деяких металів.

Назва	Атомний вага	Щільність, г / см ³	Температура плавлення, С
<i>Легкі метали.</i>			
Літій	6,939	0,534	179
Калій	39,102	0,86	63,6
Натрій	22,9898	0,97	97,8
Кальцій	40,08	1,55	850
Магній	24,305	1,74	651
Цезій	132,905	1,90	28,5
Алюміній	26,9815	2,702	660,1
Барій	137,34	3,5	710
<i>Важкі метали</i>			
Цинк	65,37	7,14	419
Хром	51,996	7,16	1875
Марганець	54,9380	7,44	1244
Олово	118,69	7,28	231,9
Залізо	55,847	7,86	1539
Кадмій	112,40	8,65	321
Нікель	58,71	8,90	1453
Мідь	63,546	8,92	1083
Вісмут	208,980	9,80	271,3
Срібло	107,868	10,5	960,8
Свинець	207,19	11,344	327,3
Ртуть	200,59	13,546	-38,87
Вольфрам	183,85	19,3	3380
Золото	196,967	19,3	1063
Платина	195,09	21,45	1769
Осмій	190,2	22,5	2700

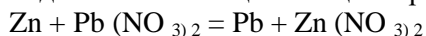
Частинки металів, що знаходяться в твердому і рідкому стані, зв'язані особливим типом хімічного зв'язку - так званої металевим зв'язком. Вона визначається одночасною наявністю звичайних ковалентних зв'язків між нейтральними атомами і кулонівським притяганням між іонами і вільними електронами. Таким чином, металевий зв'язок є властивістю не окремих частинок, а їх агрегатів.

Хімічні властивості металів.

Основною хімічною властивістю металів є здатність їх атомів легко віддавати свої валентні електрони і переходити в позитивно заряджені іони. Типові метали ніколи не приєднують електронів; їхні іони завжди заряджені позитивно.

Легко віддаючи при хімічних реакціях свої валентні електрони, типові метали є енергійними відновниками. Здатність до віддачі електронів виявляється в окремих металів далеко не однаковою мірою. Чим легше метал віддає свої електрони, тим він активніше, тим енергійніше вступає у взаємодію з іншими речовинами.

Опустимо шматочок цинку в розчин якої-небудь свинцевої солі. Цинк починає розчинятися, а з розчину виділяється свинець. Реакція виражається рівнянням:



З рівняння випливає, що ця реакція є типовою реакцією окислювання-відновлення. Суть її зводиться до того, що атоми цинку віддають свої валентні електрони іонам двовалентного свинцю, тим самим перетворюючи в іони цинку, а іони свинцю відновлюються і виділяються у вигляді металевого свинцю. Якщо поступити навпаки, тобто занурити шматочок свинцю в розчин цинкової солі, то ніякої реакції не відбудеться. Це показує, що цинк більш активний, ніж свинець, що його атоми легше віддають, а іони важче приєднують електрони, чим атоми й іони свинцю.

Витіснення одних металів з їхніх сполук іншими металами вперше було докладно вивчене росіянином ученим Бекетовим, що розташував метали по їх спадній хімічній активності в так званій "витіснювальний ряд". В даний час витіснювальний ряд Бекетова носить назву ряду напруг.

У таблиці № 2 представлені значення стандартних електродних потенціалів деяких металів. Символом Me^+ / Me позначений метал Me , занурений у розчин його солі. Стандартні потенціали електродів, виступаючих як відновники по відношенню до водню, мають знак "-", а знаком "+" відзначені стандартні потенціали електродів, що є окислювачами.

Таблиця № 2

Стандартні електродні потенціали металів.

Електрод	E^0, V	Електрод	E^0, V
Li^+ / Li	-3,02	Co^{2+} / Co	-0,28
Rb^+ / Rb	-2,99	Ni^{2+} / Ni	-0,25
K^+ / K	-2,92	Sn^{2+} / Sn	-0,14
Ba^{2+} / Ba	-2,90	Pb^{2+} / Pb	-0,13
Sr^{2+} / Sr	-2,89	$H^+ / \frac{1}{2} H_2$	0,00
Ca^{2+} / Ca	-2,87	Sb^{3+} / Sb	+0,20
Na^+ / Na	-2,71	Bi^{3+} / Bi	+0,23
La^{3+} / La	-2,37	Cu^{2+} / Cu	+0,34
Mg^{2+} / Mg	-2,34	Cu^+ / Cu	+0,52
Al^{3+} / Al	-1,67	Ag^+ / Ag	+0,80
Mn^{2+} / Mn	-1,05	Pd^{2+} / Pd	+0,83
Zn^{2+} / Zn	-0,76	Hg^{2+} / Hg	+0,86
Cr^{3+} / Cr	-0,71	Pt^{2+} / Pt	+1,20
Fe^{2+} / Fe	-0,44	Au^{3+} / Au	+1,42
Cd^{2+} / Cd	-0,40		

Метали, розташовані в порядку зростання їх стандартних електродних потенціалів, і утворюють електрохімічний ряд напруг металів: Li, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au.

Ряд напруг характеризує хімічні властивості металів:

1. Чим менше електродний потенціал металу, тим більше його відбудовна здатність.
2. Кожен метал здатний витіснити (відновлювати) з розчинів солей ті метали, що коштують у ряді напруг після нього.
3. Усі метали, що мають негативний стандартний електродний потенціал, тобто що знаходяться в ряді напруг лівіше водню, здатні витіснити його з розчинів кислот.

Необхідно відзначити, що представлений ряд характеризує поведінку металів і їх солей тільки у водних розчинах і при кімнатній температурі. Крім того, потрібно мати на увазі, що висока електрохімічна активність металів не завжди означає його високу хімічну активність. Наприклад, ряд напруг починається літієм, тоді як більш активні в хімічному відношенні рубідій і калій знаходяться правіше літію. Це зв'язано з винятково високою енергією процесу гідратації

Механічні властивості металів та сплавів

Під механічними властивостями розуміють здатність металу чинити опір дії зовнішніх сил. При виборі матеріалу для виготовлення деталей машин необхідно враховувати його механічні властивості (міцність, пружність, ударну в'язкість, твердість та витривалість).

Міцність — здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією навантажень. Міцність оцінюється максимальним навантаженням, що витримує матеріал без руйнування (σ_{max}), навантаженням, при якому відбувається пластична деформація (σ_T). До характеристик поведінки матеріалу відносять навантаження при якому залишкове видовження досягає 0,05 % ($\sigma_{ПР}$) і навантаження до якого виконується закон Гука ($\sigma_{ПЦ}$), а також навантаження при якому відбувається руйнування (σ_R).

Чим вище відносне видовження δ , % і звуження ψ , % для матеріалу, тим він більш пластичний. У крихких матеріалів ці значення близькі до нуля. Крихкість конструкційного матеріалу — властивість

негативна.

Ударна в'язкість — здатність матеріалу чинити опір динамічним навантаженням. Ударна в'язкість визначається відношенням витраченої на руйнування зразка роботи до площі його поперечного перерізу і вимірюється в МДж/м²: $KC = K/F$.

Визначення ударної в'язкості особливо важливе для металів, які працюють при низьких температурах і виявляють схильність до холодноламкості. Чим нижчий поріг холодноламкості, тобто температура, при якій в'язке руйнування матеріалу переходить у крихке, і більший запас в'язкості матеріалу, тим більш надійним є матеріал.

Холодноламкість — зниження ударної в'язкості при низьких температурах.

Циклічна в'язкість — здатність матеріалу поглинати енергію при повторно-змінних навантаженнях.

Матеріали з високою циклічною в'язкістю швидко гасять вібрації, які є причиною передчасного руйнування. Наприклад, чавун має високу циклічну в'язкість. Для станин верстатів і корпусних деталей чавун цінніший від вуглецевої сталі.

Твердість — здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, твердішого тіла. Високу твердість мають металорізальні інструменти: різці, свердла, фрези.

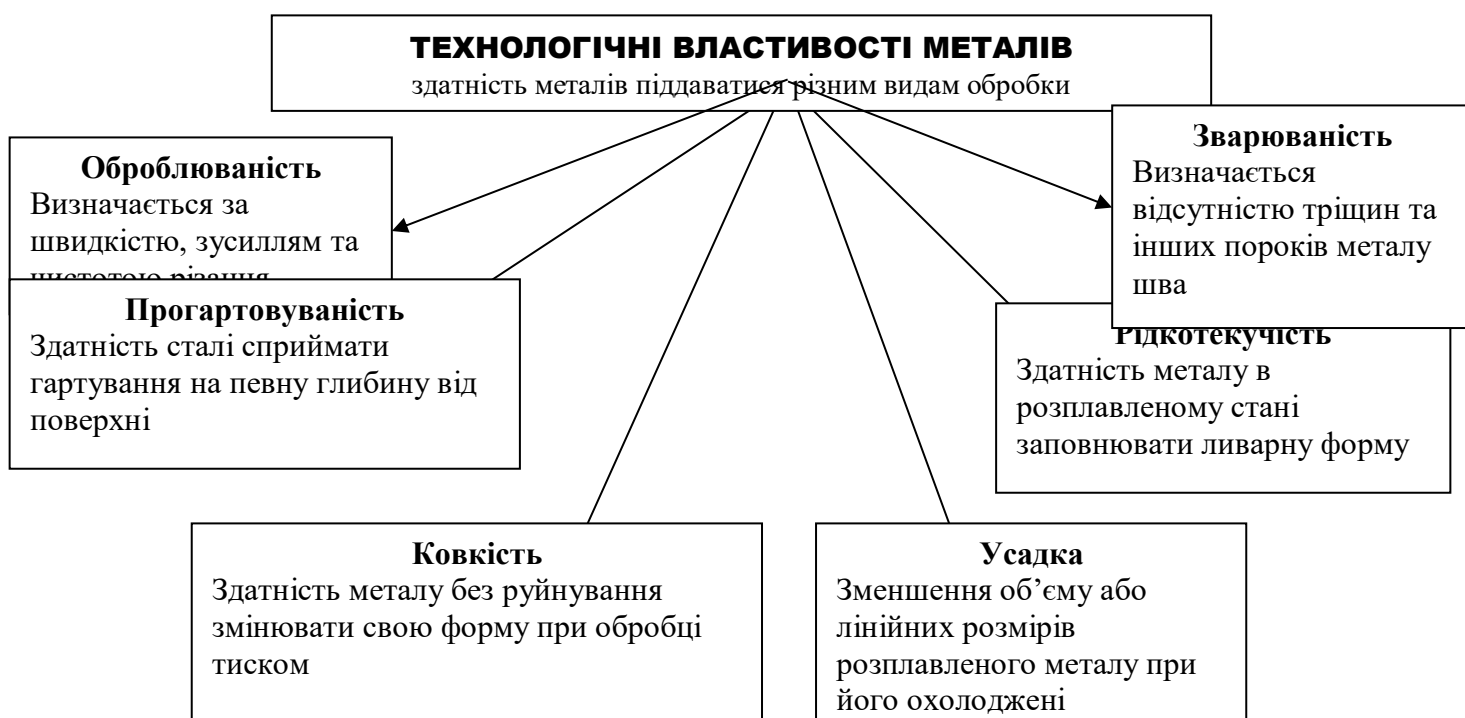
Втома — процес поступового накопичення пошкоджень матеріалу під дією повторно-змінних напружень, які призводять до утворення тріщин і руйнувань.

Втома металу викликається концентрацією напружень в окремих його об'ємах (в місцях накопичення неметалічних і газових включень, структурних дефектів). Випробування на втому проводять на машинах для повторно-змінного вигинання закріпленого одним або обома кінцями зразка, що обертається; на машинах для випробувань на розтягнення-стиснення і на повторно-змінне скручування. У результаті випробувань визначають границю витривалості, що характеризує опір втомі.

Витривалість — властивість матеріалу протистояти втомі. Границя витривалості — максимальне напруження (задане число циклів навантаження), яке може витримати метал без руйнування.

Технологічні властивості

Технологічні властивості матеріалу зумовлюють застосування відповідних методів їх обробки. Так, основним ливарним сплавом є **чавун** завдяки його добрим ливарним властивостям; сталь же головним чином обробляють тиском; маловуглецева сталь добре зварюється, але вона не може зміцнюватись загартуванням, високовуглецева сталь — навпаки. Проблеми надійності функціонування технологічних процесів, їх безвідходності та перспективності вирішуються на основі достовірної оцінки оброблюваності матеріалів. Таку оцінку отримують шляхом вимірювань, технологічних випробовувань та проб. Ними визначають ступінь оброблюваності матеріалу тим чи іншим способом.



ТЕМА 3.

Чавун. Виробництво чавуну. Види чавунів

Головний вихідний матеріал для виробництва чавуна в доменних печах – залізні руди. До них відносять гірські породи, що містять залізо в такій кількості, при якому виплавка стає економічно вигідною.

Залізна руда складається з рудної речовини і порожньої породи. Рудною речовиною найчастіше є окисли, силікати і карбонати заліза. А порожня порода звичайно складається з чи кварциту піщанику з домішкою глинистих речовин і рідше – з чи доломіту вапняку.

У залежності від рудної речовини залізні руди бувають багатими, котрих використовують безпосередньо, і бідними, котрих піддають збагаченню.

У доменному виробництві застосовують різні залізні руди.

Червоний залізняк (гематит) містить залізо у виді безводного окису заліза. Вона має різне фарбування (від темно-червоної до темно-сірої). Руда містить багато заліза (45-65 %) і мало шкідливих домішок. Відновимо ость заліза з руди гарна.

Бурий залізняк містить залізо у виді водяних окислів. У ньому міститься 25- 50% залоза. Фарбування міняється від жовтої до буро-жовтої. Порожня порода залізняка глиниста іноді кременисто-глиноземиста.

Магнітний залізняк містить 40-70% заліза у виді закису-окису заліза.

руда має добре виражені магнітні властивості, має темно-сірий чи чорний з різними відтінками колір. Порожня порода руди кремнеземиста з домішками інших окислів. Залізо з магнітного залізняка відновлюється сутужніше, ніж з інших руд.

Шпатовий залізняк (сидерит) містить залізо у виді вуглекислої солі. У цьому залізнику міститься 30-37 % залоза. Сидерит має жовтувато-білий і грязно-сірий колір. Він легко окисляється і переходить у бурий залізняк. З усіх залізних руд він володіє найбільш високою відновлюваністю.

Марганцеві руди містять 25-45% марганцю у виді різних окислів марганцю. Їх додають у шихту для підвищення в чавуні кількості марганцю.

Виплавка чавуна виробляється у величезних доменних печах, викладених з вогнетривких цеглин сягаючих 30 м висоти при внутрішньому діаметрі близько 12 м.

У доменному виробництві виплавляють 3 види чавунів — переробний, ливарний і спеціальний (феросплави). Переробні та спеціальні чавуни використовують для подальшої переробки на сталь.

Ливарні чавуни (близько 20 % всього виплавленого чавуну) відправляють на машинобудівні заводи для використання при виготовленні литих заготовок деталей (лиття).

Переробний чавун відповідно до ДСТУ 3133-95 призначений для:

- сталеплавильного виробництва, виготовляють марок ПІ і ПІІ;
- для ливарного виробництва — марок ПЛІ, ПЛІІ, ПЛІІІ;
- фосфористий — марок ПФІ, ПФІІ, ПФІІІ;
- високоякісний — марок ПВКІ, ПВКІІ, ПВКІІІ.

Спеціальні чавуни, або доменні феросплави, відрізняються від звичайних чавунів тим, що вони містять підвищену кількість кремнію та марганцю або містять хром, титан, вольфрам та інші елементи. Вони складають лише 2 – 3% від виробництва чавуну взагалі. До них відносять феросиліцій (9 - 13 % Si), феромарганець (10 – 75% Мп) та дзеркальний чавун. Вони називаються доменними феросплавами, на відміну від феросплавів, що виплавляють в електропечі. Їх використовують для розкислення та легування сталей та деяких інших потреб.

Як правило, вартість металу у вигляді феросплаву нижча, ніж його вартість в чистому вигляді. Це зв'язано безпосередньо з тим, що руда як правило містить – в тому чи іншому вигляді – залізо. При переробці залізо переходить в сплав разом з основним компонентом і технологічна схема отримання феросплаву є одним із самих коротких і дешевих шляхів переробки сировини. В той же час для отримання чистого сплаву в технологію доводиться вводити додаткові етапи, які ускладнюють процес і збільшують витрати. При цьому отримання залізного металу може бути повністю виключене або бути одним з проміжних етапів, коли отриманий переробний феросплав переробляється на чистий метал.

Ливарний чавун використовується для виробництва машинобудівних ливарних чавунів в чавуноливарних виробництвах.

Для самостійного використання з нього одержують ливарні деталі для різноманітних механізмів і машин ливарними методами. Переваги чавуну полягають у високих ливарних властивостях і невеликій

ціні (у порівнянні зі сталлю). Температура розплавлення чавуну на 300—400°C нижча, ніж у сталі, що скорочує процес ливарництва. Ливарний чавун менш крихкий, добре обробляється різанням через високий вміст кремнію, який сприяє графітазації, має добрі антифрикційні властивості, великий опір стисненню, достатньо високу міцність при розтягненні, згинанні, різанні, стискуванні.

Використовується в машинобудуванні як найбільш дешевий спосіб виготовлення деталей.

Маркується літерою Л і числами, які показують вміст кремнію. Випускають сім марок ливарного чавуну: Л1; Л2; Л3; Л4; Л5; Л6; Л7. Чим вище число, тим менший вміст кремнію (Л1 — 3,6% ; Л7 — 0,8%).

Чавуни за рахунок вмісту графіту добре обробляються різанням, а також утворюється більш чиста поверхня готових виробів, ніж при обробці сталі.

Чавун має високу твердість і низьку пластичність, він крихкий, тому його неможливо піддавати пластичній деформації. Через низьку пластичність і високий вміст вуглецю чавун погано зварюється. Хімічні властивості його низькі, він піддається всім видам іржавіння.

Залежно від вмісту марганцю, фосфору, сірки ливарний чавун ділиться на чотири групи (I, II, III, IV), п'ять класів (А, Б, В, Г, Д) і чотири категорії (I, II, III, IV).

Нелегований конструкційний чавун для виробництва виливків у машинобудуванні має наступний хімічний склад, %: 2,0 - 4,5 С; 1,0 - 3,5 Si; 0,5 - 1,0 Mn; вміст домішок: не більше 0,3 % S; не більше 0,15 % P. Широке поширення чавуну в промисловості обумовлено оптимальним поєднанням різних властивостей: технологічних (ливарних, оброблюваності різанням), експлуатаційних (механічних і спеціальних) та техніко-економічних показників.

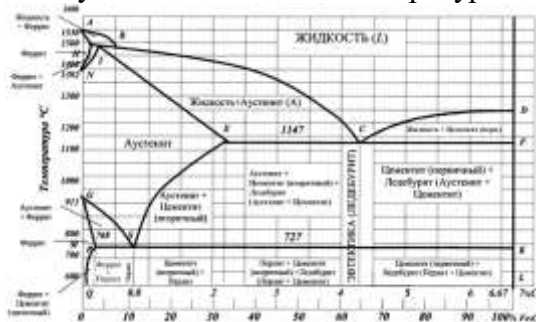
Характерною особливістю чавунів є те, що вуглець в сплаві може перебувати не тільки в розчиненому і зв'язаному стані (у вигляді хімічної сполуки - цементиту Fe_3C), а також у вільному стані у вигляді графіту. При цьому форма включень графіту і структура металевої основи (матриці) визначають основні типи чавунів та їх властивості.

Машинобудівні ливарні чавуни за формою графітових включень діляться на:

- білі чавуни — вуглець міститься в хімічно зв'язаному стані у вигляді цементиту;
- сірі чавуни — форма графітових включень у вигляді пластин;
- високоміцні — включення графіту кулеподібної форми;
- ковкі чавуни — включення графіту пластівчастої форми.

Діаграма стану «залізо-вуглець».

Діаграма стану або діаграма фазової рівноваги у зручній формі показує фазовий склад і структуру сплаву в залежності від температури та концентрації.



Загальні відомості про виробництво сталі

Для одержання сталі необхідно видалити з чавуну вуглець. Це досягається шляхом його окислення. Одночасно з вуглецем вилучаються інші домішки, що містяться в чавуні — кремній, марганець, фосфор та інше.

Сталь виплавляється з чавуну в конвертерах, мартенівських і електричних печах. Таким чином, за способом виробництва розрізняють сталь мартенівську, конвертерну і електросталь. Конвертерний спосіб отримання сталі, у свою чергу, підрозділяється на бесемерівський, томасівський і киснево-конвертерний способи виробництва сталі.

Характерною особливістю вказаних способів є отримання сталі в рідкому вигляді. Таку сталь називають литою.

Бесемерівський і томасівський способи виробництва сталі

Бесемерівську сталь одержують в конвертері. Конвертер є судиною грушовидної форми, викладеною всередині кислим вогнетривким матеріалом. Дно конвертера має ряд дрібних отворів, через які з повітряної коробки подається повітря під тиском 1,5-2,5 атм.

Кисень повітря із залізом утворює оксид заліза, який розчиняється в рідкому металі і окислює інші складові чавуну: кремній, марганець і вуглець. При цьому виділяється теплота, якої достатньо не тільки для підтримки чавуну в рідкому стані під час плавки, але і нагріву металу.

Для переробки фосфоровмісних чавунів футеровка конвертера викладається з основного вогнетривкого матеріалу. Такий спосіб виробництва сталі має назву томасівського, при якому в конвертер разом з рідким чавуном додають обпалене вапно в кількості 12—18% від маси чавуну. Спочатку окислюються кремній і марганець, потім - вуглець і в останню чергу - фосфор. У кінці процесу додають дзеркальний чавун або феромарганець для розкислювання і навуглецьовування.

Киснево-конвертерна плавка

Для киснево-конвертерної плавки використовуються кисневі конвертери місткістю до 250 т. Вони футеруються доломітовою або магнезитовою цеглою. Кисневий конвертер має суцільне дно і кисневе дуття подається зверху за допомогою кисневої фурми, що вводиться в конвертер через горловину.

Спочатку в конвертер завантажують тверду шихту (металевий лом, руду, окалину), потім заливають розплавлений чавун, додають флюси і починають продування киснем.

У результаті окислення домішок чавуну киснем температура досягає 2000°C, тому процес не потребує додаткового палива.

Після закінчення продувки одержана сталь розкислюється і зливається з конвертера через спеціальний отвір, а шлак - через горловину.

Одержана цим способом сталь за якістю не поступається мартенівській. При цьому зберігаються всі переваги конвертерного способу отримання сталі, з'являється можливість використовувати металеві відходи, регулювати процес за рахунок зміни складу твердої шихти.

Виробництво сталі мартенівським способом

При мартенівському способі сталь виплавляється в мартенівських печах за рахунок нагріву шихти і плавлення металу спалюванням рідкого або газоподібного палива.

Залежно від складу шихти розрізняють скрап-процес і рудний процес.

При скрап-процесі шихта складається з металевого лому (приблизно 75%) і твердого чавуну у вигляді чушок. Цей процес застосовується там, де є сталевий лом - на машинобудівних заводах. Такий різновид мартенівського процесу має назву - плавка на твердій шихті.

При рудному процесі в піч заливається рідкий чавун і додається 20-25% руди. Окислення домішок чавуну йде за рахунок кисню руди. Оксиди кремнію, марганцю і інших елементів, що утворюються, переходять в шлак, вуглець у вигляді CO, CO₂ - в газову фазу. Рудний процес застосовується на великих металургійних заводах з повним циклом, де є рідкий чавун.

Використовують також скрап-рудний процес, при якому шихта складається з руди, рідкого чавуну і металевого лому.

Основною характеристикою мартенівської печі є її місткість - кількість сталі, що виплавляється за одну плавку. Мартенівські печі мають місткість від 50 до 500 т і більше.

Перевага мартенівського способу виробництва сталі в отриманні якісного металу заданого хімічного складу, можливості виплавки сталей будь-якої марки, навіть легованих.

Недоліком способу є неможливість повного видалення сірки і фосфору і наявність в сталі газових включень.

Мартенівську сталь одержують в полум'яній печі, де спалюють газоподібне (суміш генераторного, колошникового або коксівного газів) або рідке (нафта, мазут) паливо. Для підтримки горіння в піч подається підігріте повітря.

Основна частина мартенівської печі - робочий простір, куди завантажуються шихтові матеріали і де проводиться плавка. Завантаження шихти проводиться через спеціальні вікна.

Регенератори для підігріву повітря і палива мають вигляд камер, викладених зсередини вогнетривкою цеглою та утворюють насадку з вертикальними каналами. Регенератори в нижній частині сполучені каналами, по яких поступають повітря і газ і відводяться продукти горіння. Періодично напрями подачі палива і відведення продуктів горіння змінюються.

У разі застосування газоподібного палива використовуються по два регенератори з кожної сторони: в одному підігрівається повітря, в іншому - паливо. Печі, що опалюються рідким паливом, мають по одному регенератору - для підігріву повітря, а паливо подається в піч форсунками.

З робочого простору мартенівської печі продукти горіння, що мають температуру біля 1600 °С, поступають в регенератори, і нагрівають їх насадки до температури 1000-1200 °С.

Через нагріті регенератори, що розташовані по іншу сторону печі, проходять газоподібне паливо і повітря. Останні нагріваються до температури 900-1000 °С і поступають в мартенівську піч.

У піч завантажують шихтові матеріали, подають паливо і повітря. Потрапляючи в піч, гаряче повітря і паливо утворюють факел. Температура в робочому просторі підіймається до 1700-1800°С.

Мартенівський процес підрозділяється на три періоди: плавлення (тривалість 3-5 год), кипіння (1-3 год) і розкислювання. Загальна тривалість плавки сталі в мартенівських печах 5-8 годин.

Виплавка сталі в електропечах

Для отримання високоякісних сортів сталі застосовуються електричні печі, в яких температура досягає 3000°С. Це дає можливість краще видаляти шкідливі домішки - сірку і фосфор. Висока температура, можливість регулювати її в широких межах дозволяють виплавляти сталі, що містять тугоплавкі елементи.

Електрична плавка не вимагає подачі в піч повітря, окислювальна здатність печі невисока, кількість оксиду заліза незначна. В електросталі міститься значно менша кількість шлакових включень і розчинених газів.

Електричні печі для виплавки сталі підрозділяються на дугові, індукційні і печі опору.

Дугова електрична піч має сталевий кожух і всередині викладена вогнетривкою цеглою. Зверху через склепіння печі пропущені електроди (вугільні або графітні). Спереду в печі знаходиться оглядове вікно, а ззаду - отвір з жолобом для випуску сталі і шлаку. Завантаження печі ведеться зверху. Для плавки сталі частіше використовують дугові електропечі.

Індукційна електропіч - це тигель з вогнетривкого матеріалу, який оточений мідною трубчастою спіраллю (індуктором), до якої подається електричний струм високої частоти, що нагріває і розплавляє метал. Під дією електричного струму відбувається циркуляція металу, що забезпечує отримання однорідної сталі заданого складу.

Електричні печі опору мають нагрівальні елементи, через які пропускається електричний струм. Тепло, що утворюється при цьому, передається металевій ванні.

Електричні печі бувають з кислотою (динас і кварц) і основною (хромомagneзит) футеровкою. Найбільш поширені печі з основною футеровкою.

Класифікація сталей

За хімічним складом сталь підрозділяється на вуглецеву і леговану.

Вуглецева сталь - сплав заліза з вуглецем (вміст вуглецю до 2%). Окрім заліза і вуглецю, до складу вуглецевої сталі входять також кремній, марганець, сірка і фосфор.

Вуглець в сталі знаходиться у вигляді цементиту. Із збільшенням вмісту вуглецю до 1,2% збільшуються твердість, міцність і пружність сталі, при цьому, зменшуються пластичність і ударна в'язкість, погіршуються оброблювальні і зварювальні якості.

Кремній в невеликих кількостях (звичайний вміст його в сталі 0,05-0,35%) не дуже впливає на властивості сталі. При підвищенні вмісту кремнію підвищуються пружність, корозійна стійкість і жаростійкість сталі.

У звичайній сталі вміст марганцю складає 0,3-0,8%, що мало впливає на її властивості. При високому вмісті марганцю сталь набуває твердість та зносостійкість.

Сірка - шкідлива домішка, що додає сталі червоноламкість і знижує корозійну стійкість. Вміст сірки в сталі не повинен перевищувати 0,06%.

Фосфор (не більше 0,07%) додає сталі підвищену крихкість в холодному стані. Він трохи покращує оброблюваність сталі.

Кисень - шкідлива домішка, утворюючи закис заліза, який додає сталі крихкість.

По використанню сталі діляться на сталі загального призначення, що йдуть на виготовлення деталей машин, і інструментальні, призначені для виготовлення інструментів.

Конструкційні сталі містять іноді до 0,7% вуглецю. Ці сталі повинні володіти достатньою міцністю і пластичністю. Конструкційні сталі в свою чергу діляться на сталі звичайної якості і якісні.

Вуглецеві інструментальні сталі містять більше 0,7 % вуглецю. Порівняно великий вміст вуглецю додає цим сталям високу твердість і міцність.

Залежно від вмісту вуглецю сталі підрозділяються на три групи: низьковуглецеві (до 0,25% вуглецю), середньовуглецеві (0,25-0,6%) і високовуглецеві (0,6-2%).

Легованими називають сталі, до складу яких, окрім заліза, вуглецю і звичних домішок, входять легуючі елементи, що підвищують їх фізичні, хімічні і механічні властивості.

Конструкційні вуглецеві сталі

Широко застосовуються при виготовленні конструкцій масового призначення в будівництві та машинобудуванні, як відносно дешеві, технологічні і що характеризуються необхідними властивостями. В основному ці сталі використовують в гарячекатаному стані без додаткової термічної обробки з феритно-перлітною структурою. Залежно від подальшого призначення конструкційні вуглецеві сталі звичайної якості поділяють на три групи: А, Б, В.

Сталі групи А

Постачаються з певними регламентованими механічними властивостями. Їх хімічний склад не регламентується. Ці сталі застосовуються в конструкціях, вузли яких не піддаються гарячій обробці — куванню, гарячому штампуванню, термічній обробці і т. д. У зв'язку з цим механічні властивості гарячекатаної сталі зберігаються.

Сталі групи Б

Постачаються з певним регламентованим хімічним складом, без гарантії механічних властивостей. Ці сталі застосовуються у виробках, що піддаються гарячій обробці, технологія якої залежить від їх хімічного складу, а кінцеві механічні властивості визначаються самою обробкою.

Сталі групи В

Постачаються з регламентованими механічними властивостями і хімічним складом. Ці сталі застосовуються для виготовлення зварних конструкцій. Їх зварюваність визначається хімічним складом, а механічні властивості поза зоною зварювання визначені в стані постачання. Такі сталі застосовують для відповідальніших деталей.

За ступенем розкислення вуглецеві сталі звичайної якості поділяються на спокійні (сп), напівспокійні (пс), киплячі (кп). Ступінь розкислення визначається вмістом кремнію (Si) у цій сталі:

- спокійні — 0,12...0,03% (Si),
- напівспокійні — 0,05...0,17% (Si),
- киплячі — менше 0,07% (Si).

Маркування

Основні марки конструкційних вуглецевих сталей звичайної якості: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

- Ст — показує, що сталь звичайної якості.
- Перша цифра — номер за ДСТУ 2651:2005 (від 0 до 6) марки, залежить від хімічного складу сталі (збільшення номера від 1 до 6 означає підвищення вмісту вуглецю в сталі від 0,06...0,12% до 0,38...0,49%, для сталі Ст0 вміст вуглецю не більше 0,23%).
- Буква Г після першої цифри — підвищений вміст марганцю (Mn) (служить для підвищення прогартовуваності сталі).
- **сп; пс; КП** — ступінь розкиснення сталі.

Вуглецева якісна конструкційна сталь

Металопрокат з вуглецевої якісної конструкційної сталі виробляється згідно з ДСТУ 7809:2015^[8].

Вуглецева якісна конструкційна сталь поділяється на категорії:

- машинобудівну — 08, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60;
- автоматну — А12, А20, А30^[9];
- котельну — 15К, 16К, 18К, 20К^[10].

У позначенні марки сталі цифри означають середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

Машинобудівні конструкційні сталі використовуються для виготовлення деталей машин, конструкцій приладів. Автоматні конструкційні сталі використовуються для невідповідальних деталей масового виробництва (дрібне кріплення тощо), що виготовляються на верстатах-автоматах. Котельні конструкційні сталі використовуються для виготовлення котлів та посудин, що працюють під тиском і при температурах до 450 °С.

Вуглецеві інструментальні сталі

За призначенням інструментальні сталі діляться на сталі для ріжучого, вимірювального і штампового інструменту. Окрім сталей, для виготовлення ріжучого інструменту застосовуються металокерамічні тверді сплави і металокерамічні матеріали. Ріжучий інструмент працює в складних умовах, схильний до інтенсивного зносу, при роботі часто розігрівається. Тому матеріал для виготовлення ріжучого інструменту повинен володіти високою твердістю, зносостійкістю і теплостійкістю. *Теплостійкість* — це здатність зберігати високу твердість і ріжучі властивості при тривалому нагріванні.

Вуглецеві інструментальні сталі містять 0,7-1,3% вуглецю. Вони маркуються буквою У і цифрою, що показує вміст вуглецю в десятих частках відсотка (У7, У8, У9 ..., У13). Буква А в кінці марки показує, що сталь високоякісна (У7А, У8А... У13А). Попередня термообробка цих сталей — відпал на зернистий перліт, потім — гартують у воді або розчині солі і низький відпуск. Після цього структура сталі є мартенситом з включеннями зернистого цементиту. Твердість лежить в інтервалі HRC 56-64.

Для вуглецевих інструментальних сталей характерні низька теплостійкість (до 200°C) і низька прогартваність (до 10-12 мм). Проте в'язка незагартована серцевина підвищує стійкість інструменту проти поломок при вібраціях і ударах. Крім того, ці сталі достатньо дешеві і в незагартованому поляганні самі добре обробляються.

Сталі У7 - У9 застосовуються для виготовлення інструменту, що витримують ударні навантаження (зубила, молотки, сокири). Сталі У10 - У13 йдуть на виготовлення інструменту, що володіє високою твердістю (напилки, хірургічний інструмент). Сталі У8 - У12 застосовуються також для вимірювального інструменту.

ТЕМА 4.

Мідь і її сплави

Як конструкційний матеріал мідь не використовується через високу вартість і низькі механічні властивості. Маркується буквою М і цифрами, залежними від вмісту домішок. Мідь марок М00 (0,01 % домішок), М0 (0,5%) і М1 (0,1%) використовується для виготовлення провідників електричного струму, мідь М2 (0,3%) — для виробництва високоякісних сплавів міді, М3 (0,5%) — для сплавів звичайної якості. Основні сплави міді — латунь і бронза.

Латунню називають сплави міді з цинком. Цинк підвищує міцність і пластичність сплаву, але до певних меж. Найбільшою пластичністю володіє латунь, що містить 30% цинку, а найбільшою міцністю — 45%. Тому більше 45% цинку в латуні міститися не може. Крім того, цинк здешевлює сплав, оскільки він дешевше за мідь. Латунь характеризується високою електропровідністю і теплопровідністю, корозійною стійкістю, добре обробляються різанням.

По технологічній ознаці латунь діляться на ті, що деформуються і ливарні. По хімічному складу латунь ділиться на прості (подвійні), в яких присутні тільки мідь і цинк і складні (багатокомпонентні), в які для поліпшення різних властивостей додають інші елементи. Найбільш поширені добавки алюмінію, олова, кремнію, нікелю і ін.

Латунь маркується буквою Л. В латуні, що деформується, указується вміст міді і легуючих елементів, які позначаються відповідними буквами (О — олово, А — алюміній, К — кремній, Н — нікель, Мц — марганець, Ж — залізо і т.д.). Вміст елементів дається в % після всіх буквених позначень. Наприклад, латунь Л63 містить 63% міді і 37% цинку. Латунь ЛАЖ 60-1-1 містить 60% міді, 1%, алюмінію, 1% заліза і 38% цинку. В марках ливарної латуні указується вміст цинку, а кількість легуючих елементів (в %) ставиться після букв, що їх позначають. Наприклад, ливарна латунь ЛЦ40МцЗА містить 40% цинку, 3% марганцю, менше 1% алюмінію і 56% міді.

Бронзою називаються сплави міді з оловом, алюмінієм, свинцем і іншими елементами, серед яких цинк не є основним.

Бронза володіє високою корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями, добре обробляються тиском і різанням. По назві основного легуючого елементу бронзи діляться на олов'яні, алюмінієві, крем'янисті, берилієві, свинцеві та ін.

По технологічній ознаці бронзи ділять на ті, що деформуються і ливарні. Маркується бронза буквами Бр, за якими показується вміст легуючих елементів в %. Позначення легуючих елементів і відмінності в марках сплавів, що деформуються і ливарних, біля бронзи такі ж, як біля латуні. Наприклад, бронза

БрОФ 6,5-0,4, що деформується, містить 6,5% олова і 0,4% фосфору, а ливарна бронза Бр03Ц7С5Н — 3% олово, 7% цинку, 5% свинцю, менше 1% нікелю.

Олов'яна бронза, що деформується, володіє високою пластичністю і пружністю. З них виготовляють прутки, труби, стрічки. Ливарна олов'яна бронза має: хороші ливарні властивості, високу корозійну стійкість. З них виготовляють арматуру, що працює в умовах прісної і морської води. Олово — відносно дорогий метал, тому його прагнуть частково або повністю замінити у складі бронзи іншими.

Алюмінієва бронза (БрА7, БрАЖН 10-4-4) володіє більш високими механічними властивостями і корозійною стійкістю в порівнянні з олов'яними. Крем'яниста бронза (БрКМц 3-1) має хорошу пружність і тому використовується для виготовлення пружинячих деталей. Свинцева бронза (БрС30) володіє високими антифрикційними властивостями і застосовується в підшипниках ковзання. Берилієва бронза (БрБ2) відрізняється високою твердістю, міцністю, пружністю і зносостійкістю.

Алюміній та його сплави

Назва *алюміній* походить від слова *alumen* (галун), яке в свою чергу виникло за Ісідором (VII ст. до н. е.), у зв'язку з застосуванням цієї речовини як протрави для фарбування: «*Alumen vocatur a lumen, quod lumen coloribus praestat tingendis*». Пліній описує галуни і їх застосування і знаходить згадку про них ще в Геродота (V ст. до н. е.) під назвою $\sigma\tau\tau\lambda\tau\tau\rho\iota\alpha$. Однак в той час галуни (тобто $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) не відрізняли від сполук з аналогічною дією, наприклад залізного купоросу. В чистому вигляді галуни були отримані, очевидно, алхіміками. Земля, яка була в основі галунів, тобто оксид алюмінію, була вперше отримана в 1754 році Маргграфом, і пізніше отримала назву *глинозем*.

Гемфрі Деві в 1808 році визначив існування металу основи галунів, і назвав його *алюмініум*, а пізніше *алюмінум*. Протягом 1808—1810 років він намагався електролітично виділити цей метал з глинозему, проте це йому не вдалось.

Вперше отримати металічний алюміній вдалося данському фізику Гансу Крістіану Ерстеду в 1825 році, термічним відновленням безводного хлориду алюмінію амальгамою калію.

Алюміній має кубічну гранецентровану кристалічну ґратку (просторова група $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$). Найближча відстань між двома атомами становить 2,863 Å. Прийнятий період кристалічної ґратки алюмінію $a = 4,0414$ Å при кімнатній температурі^[7]. Кристалічна ґратка стабільна при температурах від 4К і до температури плавлення 933К. Параметр ґратки дуже слабо змінюється від наявності домішок.

Атомний радіус алюмінію визначений як половина між найближчими атомами-сусідами в кристалічній структурі і рівний 1,43 Å. В кристалічній структурі алюмінію металічний зв'язок.

Густина

Теоретична густина алюмінію обрхована за параметрами його кристалічної ґратки становить 2,69872 г/см³. Експериментальні дані густини для полікристалічного алюмінію 99,996 % чистоти становлять 2,6989 (при 20 °С) г/см³, а для монокристалів — на 0,34 % вище.

Так, густина розплавленого алюмінію чистотою 99,996 % на 6,6 % менше, ніж у твердого металу, і при температурі 973 К становить 2357 кг/м³ і майже лінійно знижується до 2304 кг/м³ при температурі 1173 К.

Термічне розширення

Коефіцієнт термічного розширення α відпаленого алюмінію чистотою 99,99 % при температурі 293 К становить $23 \cdot 10^{-6}$ і практично лінійно зростає до $37,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при температурі 900 К.

Теплопровідність

Теплопровідність повністю відпаленого алюмінію в твердому стані знижується з ростом температури від 2,37 (298 К) до 2,08 Вт·см⁻¹·К⁻¹ (933,5 К) і при температурах вище 100 К вона малочутлива до чистоти металу.

При нагріванні алюмінію і переході його з твердого стану в рідкий у нього різко зменшується теплопровідність: з 2,08 до 0,907 Вт·см⁻¹·К⁻¹, а далі з ростом температури вона збільшується і при температурі 1000 °С становить вже 1,01 Вт·см⁻¹·К⁻¹.

Електропровідність

Питомий опір алюмінію високої чистоти (99,99 %) при температурі 20 °С становить $2,6548 \cdot 10^{-8}$.

Провідність алюмінію сильно залежить від його чистоти, причому вплив різних домішок залежить не тільки від концентрації цієї домішки, а й від того чи вона знаходиться в твердому розчині чи поза ним.

Найбільш сильно підвищують опір алюмінію домішки хрому, літію, мангану, магнію, титану і ванадію. Питомий опір ρ (мкОм·м) відпаленого алюмінієвого дротика в залежності від вмісту домішок (%) можна приблизно визначити за наступною формулою:

Сучасна техніка використовує більше 5000 сплавів. Особливо виділяються алюмінієві сплави:

- 1) дюралюміни (від французького слова *dur* – твердий і *aluminium* – твердий алюміній). Дюралюміни в своєму складі можуть містити: а) 1,4–13% Cu; б) 0,4–2,8% Mg; в) 0,2–1% Mn; г) 5–7% Zn; д) 0,8–1,8% Fe; е) 0,02–0,35% Ti, іноді 0,5–6% Si. Дюралюміни міцні і легкі, теплопровідні, корозійно стійкі використовують в авіабудуванні для виготовлення деталей турбореактивних двигунів;
- 2) магналії – сплави алюмінію з великим вмістом магнію (5–13%), Mn (0,2–1,6%), Ni (1,75–2,25%), Be (до 0,15%), Ti (до 0,2%), Zr (0,2%) іноді Zn (3,5–4,5%). Магналій відрізняються високою міцністю і стійкістю до корозії в прісній і навіть в морській воді, стійкі до кислот. Застосовують для виготовлення арматури будівельних споруд, деталей холодильних установок, декоративних побутових предметів, в авіа-, судно- і машинобудуванні;
- 3) силуміни – сплави на основі алюмінію з високим вмістом Si. До складу силумінів входять: Si (3–26%), Cu (1–4%), Mg (0,2–1,5%), Mn (0,2–0,9%), Ni (0,8–2%) іноді Zn (2–4%), Cr (0,1–0,4%), Ti (0,05–1,5%) та ін. Силуміни використовують в авіабудуванні, вагонобудуванні, автомобілебудуванні, будівництві сільськогосподарських машин, деталі коліс, корпусів і деталей приладів;
- 4) САП – сплав Al і Al_2O_3 (20–22%) володіє підвищеною стійкістю до окиснення, незмінний там, де температура експлуатації перевищує 400°C.

Титан і сплави на його основі

Титан - елемент IV групи періодичної системи елементів Д. І. Менделєєва, порядковий номер - 22. Титан - метал сріблясто-білого кольору. Температура плавлення - 1670 ° С. Цей метал має дві поліморфні модифікації. Низькотемпературна модифікація - $Ti\alpha$, решітка ГПУ, існує до 882 ° С. Високотемпературна модифікація - $Ti\beta$, решітка ОЦК. Щільність α -титану становить 4,5 г / см³, а щільність β -титану - 4,3 г / см³ при 900 ° С.

Промислові марки технічного титану - ВТ1-00 (99,53% Ti) і ВТ1-0 (99,48% Ti). Особливості титану - мала щільність, висока питома міцність і корозійна стійкість. Однак титан має низький модуль пружності (майже в 2 рази менший, ніж у заліза), що не дозволяє виготовляти з нього жорсткі конструкції. До недоліків титану відносяться також низькі антифрикційні властивості і погана різанням (див. 11.5.3).

Технічний титан широко застосовується в хімічній промисловості для виробів, що працюють в агресивних середовищах.

Основними перевагами титанових сплавів є: невелика щільність (~ 4,5 г / см³), висока стійкість проти корозії та високі властивості; вони не схильні до хладноломкості і зберігають механічні властивості навіть при дуже низьких температурах. Для деяких сплавів титану характерні, крім того, хороші жароміцні властивості (але вони нижчі, ніж у жароміцних сталей).

Титанові сплави перевершують мідні сплави по стійкості проти корозії в морській воді, а також в інших агресивних середовищах. Недоліки титанових сплавів ті ж, що у чистого титану, - погана оброблюваність різанням, високий коефіцієнт тертя, порівняно невисокий модуль пружності.

Легуючі компоненти по їх впливу на структуру сплавів поділяють на α -стабілізатори (Al, Sn) та β -стабілізатори (Mo, V, Mn, Cr і ін.). Перші розширюють область існування α -фази, підвищуючи температуру поліморфного $\alpha \rightarrow \beta$ перетворення, дія друге протилежно.

Нікель і його сплави

Нікель кристалізується в кубічній системі, має графентрированную грати, плавиться при +1455 ° С, а при 360 ° С відчуває магнітне перетворення.

Щільність - 8,93 г / см³

HV - 200-400

Основними характерними властивостями нікелю є його велика хімічна стійкість, Ферромагнітність, тугоплавкість і висока міцність, що поєднується з великою пластичністю.

Ці цінні властивості нікелю проявляються і в його найважливіших сплавах. З дуже багатьма елементами нікель дає подвійні і потрійні тверді розчини на всьому протязі або в значній частині концентрацій. Ці

тверді розчини мають цінні механічними і фізичними властивостями. Серед кислотостійких і жаростійких сплавів нікелю належить основне місце.

Основні властивості Ni-сплавів:

1. Висока хімічна стійкість в агресивних середовищах, висока жаростійкість.
2. немагнітними.
3. Висока пластичність від мінусових температур до 1200°C.
4. значення σ_B , HB і електричного опору в 1,5-2 рази вище, ніж у сталі 12X18H10T.
5. коефіцієнт лінійного розтягування і ν в 1,5 - 2 рази вище, ніж у корозійних сплавів на основі заліза.
6. Висока оброблюваність механічними способами.
7. Хороша зварюваність.

Більшість електротехнічних сплавів для нагрівальних і вимірювальних приладів містить нікель в якості однієї з найважливіших складових. Цілий ряд сплавів зі специфічними властивостями, як, наприклад, сплави, що не змінюють обсягу при нагріванні, набувають ці властивості завдяки нікелю. Значна кількість високоякісних чорних і кольорові сплавів містить нікель. Сюди відносяться: спеціальні нікелеві і хромонікелеві сталі, аустенітні чавуни, спеціальні латуні і бронзи.

Нижче розглядаються будова і властивості самого нікелю і тих його сплавів, в яких нікель є основою (МОНЕЛЬ, ніхром), а також будова та властивості електротехнічних сплавів для нагрівальних приладів, реостатів і вимірювальних апаратів, у багатьох з яких нікель є одним з основних компонентів. Найбільш чистий сорт нікелю - **електролітичний нікель**. Однак в процесі приготування високоякісних сплавів електролітичний нікель зарекомендував себе гірше, ніж нікель (дріб), отриманий через карбоніт нікелю. Ймовірно, це пояснюється тим, що в електролітичному нікелі є значна кількість водню, що не віддаляється повністю навіть при переплавки. З інших сортів нікелю треба відзначити як найбільш чистий сорт карбонільний нікель.

Властивості нікелю істотно залежать від вмісту в ньому C, S, P, O₂ та ін.

Постійні домішки:

1. C = 0-0,3%; 2. Fe = 0-0,7%; 3. Co = 0,1-1,0%;
4. S = 0-0,01%; 5. Si = 0-0,2%; 6. Cu = 0,06%.

Звичайними домішками в нікелі є вуглець (від 0 до 0,3%), залізо (від 0 до 0,7%), кобальт (від десятих часток відсотка до 1,0%), сірка (від 0 до сотих часток відсотка), кремній (від 0 до 0,2%) і мідь (від 0 до 0,6%). Слід мати на увазі, що при переплавки кількість вуглецю, а іноді і заліза, кремнію та сірки може підвищитися.

Ті кількості кобальту, заліза, міді і кремнію, які можуть бути присутніми в нікелі, завжди знаходяться в твердому розчині і тому не можуть надати шкідливого впливу на властивості нікелю.

Вуглець до 0,3% також знаходиться в розчині, але при великих кількостях може виділитися в формі графіту. Графіт в нікелі, так само як і в залізних сплавах, робить прокатку скрутній, а при великому вмісті і неможливою. На жаль, діаграма стану нікель - вуглець досі відома недостатньо

ТЕМА 5.

Основи термічної обробки

— технологічний процес, сутність якого полягає у зміні структури металів і сплавів при нагріванні, витримці та охолодженні, згідно зі спеціальним режимом, і тим самим, у зміні механічних та фізичних властивостей останніх. Застосовують також різні види хіміко-термічної обробки, сутність якої полягає в легуванні поверхневого шару виробів вуглецем, азотом або деякими металами (алюмінієм, хромом, берилієм) з подальшою термічною обробкою.



Наприклад в основі термічної обробки сталей лежить перекристалізація аустеніту при охолодженні. Перекристалізація може відбутися дифузійним або бездифузійним способами. У залежності від переохолодження аустеніт може перетворюватися у різні структури з різними властивостями. Повний дифузійний розпад аустеніту відбувається при незначному переохолодженні. У даному випадку утворюється пластинчастий перліт (механічна суміш фериту і цементиту вторинного). Якщо переохолодження збільшити до 373...393 К, пластинки фериту і цементиту встигають вирости тільки до товщини (0,25...0,30 мкм), таку структуру називають сорбітом. Твердість сорбіту вища за твердість перліту.

Коли переохолодження досягає 453...473 К, ріст пластинок припиняється на товщині 0,1...0,15 мкм, така структура називається трооститом. Твердість трооститу вища від твердості сорбіту.

При значному переохолодженні аустеніту (до 513 К) дифузійний розпад його стає неможливим, перекристалізація має бездифузійний характер. У такому випадку утворюється перенасичений твердий розчин вуглецю в α -залізі, який називається мартенситом. Твердість мартенситу вища від твердості трооститу.

Структура перліту є рівноважною, а структури сорбіту, трооститу і мартенситу є не рівноважними. ре залежно від мети термічної обробки існують різні її види, що відрізняються температурою нагрівання, тривалістю витримування та швидкістю охолодження. Розрізняють такі види термічної обробки: Відпалювання, нормалізація, загартування і відпуск.

- Відпалювання (відпал). Відпалювання — вид термооброблення, який полягає в нагріванні матеріалу (метал тощо) до температури вище критичної точки, тривалій витримці за цієї температури і подальшому повільному охолодженні. Основними видами відпалювання є гомогенізувальне, графітизувальне, перекристалізаційне, рекристалізаційне, релаксаційне та сфероїдизувальне¹¹. Графітизувальне та сфероїдизувальне відпалювання характерне тільки для сталей. Відпалювання підвищує пластичність, зменшує внутрішні напруження, понижує твердість сталей.
- Нормалізація. Нормалізацією називають нагрівання до високої температури, видержування і повільне охолодження на повітрі. Нормалізація доводить сталь до дрібнозернистої та однорідної структури. Твердість і міцність сталі після нормалізації вищі, ніж після відпалу.
- Загартування (гартування). Загартуванням називають нагрівання до високої температури, витримування і швидке охолодження (у воді, мінеральній оліві та інших охолоджувачах). Є такі види загартування: в одному охолоджувачі; перервне; ступінчасте; ізотермічне; поверхневе та ін. Загартування сталей забезпечує підвищення твердості, виникнення внутрішніх напружень і зменшення пластичності. Твердість збільшується у зв'язку з виникненням таких структур: сорбіт, тростит, мартенсит. Практично загартуванню піддаються середньо- і високовуглецеві сталі.
- Відпуск. Відпуском називають нагрівання до температури нижчої за 700° С, витримування та повільне охолодження на повітрі. Розрізняють три види відпуску: низький (нагрівання до температури 200° С; середній (300-500° С); високий (500-700° С). Після відпуску певною мірою зменшується твердість і внутрішні напруження, збільшується пластичність і в'язкість сталей. До цього приводить зміна структур після відпуску. Структура мартенситу сталі переходить відповідно в структуру трооститу і сорбіту. Чим вища температура відпуску, тим менша твердість відпущеної сталі і тим більша її пластичність та в'язкість.

Відпуск, в основному, проводять після загартування для зняття внутрішніх напружень. Низький відпуск застосовують при виготовленні різального інструменту, вимірювального інструменту, цементованих деталей та ін; середній — при виробництві ковальських штампів, пружин, ресор; високий — для багатьох деталей, що зазнають дії високих напружень (осі автомобілів, шатуни тощо).

Види ТО. Їх характеристика

Вид ТО	Призначення	Нагрівання	Охолодження
Відпалювання 1го роду (без структурних змін)	Зняття внутрішніх напружень заготовки після штампування для уникнення під час обробки на верстатах тріщин та деформацій.	200-700°C	Поступове разом з піччю.
Відпалювання 2го роду (із структурними змінами)		до 700°C	
Нормалізація	Для поліпшення обробки різальним інструментом.	від 750°C до 950°C	На повітрі.
Гартування	Для підвищення твердості, міцності інструментів та інших виробів.	від 750°C	Швидко в воді, маслі.
Відпускання низьке.	Для обробки різального інструменту, при якій зберігається висока твердість але зменшується крихкість.	від 100°C до 250°C	На повітрі.
Відпускання середнє.		від 250°C до 400°C	
Відпускання високе.	Для інструментів з великою міцністю та пружністю при середній твердості. Для пружин.	від 450°C до 650°C	
	Для зняття внутрішніх напружень та надання високої в'язкості при достатній твердості у зубчастих колесах, валив тощо.		

Термічна обробка сталі та чавуну.

Термічна обробка сталі - це сукупність операцій нагріву, витримки та охолодження твердих металевих сплавів з метою надання їм певних властивостей за рахунок зміни внутрішньої будови і структури.

Мета термообробки - це надання сплавів таких властивостей, які потрібні в процесі експлуатації цих виробів. Є зміцнення металу (наприклад: колінчастий вал в двигуні автомобіля - до нього пред'являється підвищена міцність при експлуатації). Але є й такі технологічні процеси, в яких термообробка не є кінцевою операцією, а проміжною і її мета - зниження твердості сталі, сплаву для подальшої обробки. Процес термообробки складається з нагрівання до якихось певних температур, витримки деталі, заготовки при цих температурах і наступному охолодженні з певною швидкістю. Термообробці піддають заготовки (ковані, штамповані і т.д.), деталі машин і різний інструмент. Для заготовок термообробка полягає в зниженні твердості, поліпшення їх структури, а для деталей - це надання їм певних властивостей (твердості, міцності, зносостійкості). Поліпшення механічних якостей дає можливість використовувати сплави більш простих складів, розширити сферу їх застосування. Термообробкою можна підвищити допустимі напруження, зменшити масу деталей і механізмів, а також істотно підвищити їх надійність і довговічність, що дуже важливо в машинобудуванні. Наприклад, зміцнення термообробкою піддаються до 10% загальної виплавки в країні, а в машинобудуванні до 40%. У термообробці є наступні види цього процесу: відпал, загартування, відпустка, а також є хіміко-термічна і термомеханічна обробка.

Термічна обробка чавунів - сукупність операцій теплового нагріву на матеріали з єдиною метою зміни структури та властивостей у потрібному напрямку¹. Від правильного виконання термічної обробки залежить якість і стійкість виготовлених деталей машин та правових механізмів, інструменту та іншої продукції. Для проведення термічної обробки потрібні лише глибокі знання теорії та практики, а й уміння самостійно вибрати розробити і найефективніший технологічний процес термічної обробки щодо різноманітних деталей і інструментів, вміння вибрати найраціональніший метод контролю, встановити причин дефектів, методи їхньої організації попередження й виправлення, використовувати усі технічні можливості і організувати .

При термічній обробці внаслідок нагріву до певної температури і охолодження відбувається зміна структури як наслідок цього, зміна механічних і фізичних властивостей.

Усі перетворення, які у результаті нагрівання до певної температури і охолодження в сталях і чавунах, можна простежити по діаграмі залізо – вуглець (Fe – C), що є фундаментом науки про сталі та чавуні. Углерод з залізом утворює хімічну сполуку - цементит чи може у сплаві у вільному стані вигляді графіту. Відповідно є дві діаграми сплавів залізо – вуглець: цементитна і графітна

Хіміко-термічна обробка

Хіміко-термічною обробкою (ХТО) називають процес зміни хімічного складу, мікроструктури та властивостей поверхневого шару заготовки під дією теплоти.

Хіміко-термічна обробка полягає у дифузійному насиченні поверхневих шарів сталевих виробів різними елементами для зміни структури і властивостей.

Цей вид обробки ґрунтується на дифузії (проникненні) в атомно-кристалічну ґратку заліза атомів інших хімічних елементів при нагріванні сталевих виробів у середовищі, багатому на ці елементи.

Основними видами хіміко-термічної обробки є цементація, азотування, ціанування і дифузійна металізація. Крім цих видів застосовують хромування, алітування (насичення алюмінієм), силіціювання (насичення силіцієм) та ін.

Азотування — це процес насичення поверхневих шарів сталей азотом для підвищення твердості (1100...1200 НВ), стійкості до спрацювання і корозії.

Азотування застосовують при виготовленні точних деталей дизельної апаратури, вимірювальних інструментів, поршневих пальців авіадвигунів, шестерень, гільз циліндрів, клапанів. Процес азотування проводять у спеціальних герметичних печах за температури 500...650 °С. Через піч пропускають аміак NH_3 , попередньо підсушений хлоридом кальцію. Внаслідок дисоціації аміаку атомарний азот, який дифундує в сталь, утворює з її компонентами дуже тверді сполуки — нітриди (AlN , Mn_2N , VN). Тому азотована поверхня (1200 НВ) твердіша за цементовану (900 НВ) і, крім того, має підвищену корозійну стійкість. Азотування зазнають готові вироби, які вже пройшли термічну обробку (гартування з високим відпусканням) і були відшліфовані до точних розмірів. Азотуванню піддають сталі, які містять хром, молібден, ванадій, титан тощо (наприклад, 35ХМА).

Одним із недоліків азотування є його значна тривалість (до 90 год). За цей час утворюється зміцнений шар, глибина якого досягає 0,9 мм.

Ціанування — процес одночасного насичення поверхневого шару сталі вуглецем і азотом для підвищення твердості, стійкості до спрацювання і корозії.

Співвідношення між кількістю вуглецю й азоту в поверхневих шарах можна регулювати зміною температури цього процесу. При зниженні температури (500...600 °С) відбувається насичення переважно азотом, а при підвищенні (800...950 °С) — вуглецем.

Застосовують два види ціанування: рідке і газове.

Рідке ціанування проводять у ваннах з розплавлених ціанистих солей за температури 820...850 °С.

Витримування впродовж 0,5... 1,0 год забезпечує глибину ціанування 0,15...0,30 мм. Після ціанування поверхневий шар сталі містить близько 0,5...0,7% С і 0,6...0,8%N.

Переваги рідкого ціанування: мала витрата часу, дуже висока твердість і стійкість до спрацювання; недоліками є висока вартість і отруйність ціанистих солей.

Газове ціанування полягає в тому, що деталі нагрівають у суміші газів, до складу яких входять вуглець і азот (наприклад, $\text{CO} + \text{NH}_3$).

Температура нагрівання 800...950 °С, час витримування 0,5...3,0 год. Газове ціанування часто називають нітроцементацією.

Перевагами газового ціанування є безпечність роботи, можливість точного регулювання глибини ціанування і автоматизації процесу.

При виготовленні деталей (поршневих пальців, втулок і пальців ресор) у ремонтних підприємствах і майстернях проводять тверде ціанування. Деталі змащують спеціальною пастою шаром завтовшки 3... 4 мм. Після висушування вироби укладають у металеві ящики з піском і ставлять у піч з температурою 900...930 °С. Після належного витримування деталі загартовують, охолоджують у воді або мінеральній оліві.

Дифузійна металізація — процес насичення поверхневого шару сталі алюмінієм (алітування), хромом (хромування), силіцієм (силіціювання) та іншими металами.

Алітування — це поверхнєве насичення сталевих і чавунних виробів алюмінієм з утворенням твердого розчину алюмінію в залізі і підвищення жаростійкості. Його застосовують переважно для деталей, які працюють за високих температура (колошників, деталей муфельних печей та ін.).

Для алітування деталі укладають в ящик і пересипають сумішшю порошоків: 49 % алюмінію, 49 % оксиду алюмінію і 2 % хлориду амонію. Закриті і обмазані глиною ящики витримують у полум'яних печах за температури 900... 1100 °С протягом 5... 10 год.

Хромування — насичення поверхневих шарів виробів хромом з метою підвищення твердості, стійкості до спрацювання і корозії. Хромування може відбуватися в твердому, рідкому і газоподібному середовищі.

При твердому хромуванні деталі пересипають порошком такого складу: 65 % ферохрому, 30 % глинозему, 5 % хлориду амонію. Температура хромування 1000... 1160°C; час витримання 7... 12 год, глибина шару хромування 0,10...0,25 мм.

Силіціювання — насичення поверхневого шару сталевих виробів силіцієм для підвищення стійкості до корозії і розчинення в кислотах. Застосовують для деталей, які використовуються в хімічній промисловості.

ТЕМА 6.

. Зварювальний дріт.

Зварювальний дріт призначений для всіх видів зварювання плавленням і виготовлення електродів (ГОСТ 2246-70). Стандарт поширюється на холоднотягнутий гладкий дріт із низьковуглецевої й легованої сталі, що поставляється в мотках із внутрішнім діаметром від 150 до 750 мм, масою від 1,5 до 40 кг. Кожний моток перев'язують м'яким дротом у трьох місцях. Мотки однієї партії зв'язують у бухти масою не більше 80 кг. Кожний моток обгортають водонепроникним папером і маркують металевою біркою, на якій вказують назву заводу, умовне позначення дроту, клеймо технічного контролю. За узгодженням із постачальниками, дріт може надходити в мотках прямокутного перерізу на котушках і касетах.

Сталевий низьковуглецевий, легований та високолегований зварювальний дріт виготовляють діаметром 0,3 мм; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 мм

Порошковий дріт для зварювання сталі складається з низьковуглецевої сталеві оболонки, в яку запресовуються порошки феросплавів (для легування металу), залізні порошки (для підвищення продуктивності та які є наповнювачем), газо- і шлакоутворюючі компоненти (для захисту розплавленого металу від повітря шляхом виділення газів при розплавленні осердя).

Порошковий дріт виготовляють діаметром від 1,6 до 3,6 мм різних конструкцій. Найчастіше використовуються дроти кільцевого перерізу. Для підвищення коефіцієнта наплавлення використовують дріт із однією або двома загнутими кромками. Кращий захист зварної ванни від зовнішнього середовища і вищі механічні властивості шва одержують при застосуванні двошарових порошкових дротів. У якості порошків (шихти) використовують: рутило-целюлозні, карбонатно-флюоритні (флюорит-плавиковий шпат CaF_2), флюоритні, рутилові, рутило-флюоритні. Останні два види застосовують для зварювання з додатковим захистом у вуглекислому газі. Порошковим дротом зварюють у захисних газах, під шаром флюсу або відкритою дугою. Зварювання відкритою дугою застосовується у випадках, коли утруднене використання ручного, дугового або механізованого зварювання у захисних газах і під флюсом. Після тривалого використання порошковий дріт перед зварюванням необхідно просушити при температурі 200-250°C протягом 1,5-2 год для уникнення утворення у шві пор. Порошковий дріт використовується для зварювання і наплавлення сталей, зварювання з примусовим формуванням металу шва, зварювання дефектів сталевих і чавунних лиття, наплавлення міді, бронзи й мідно-нікелевих сплавів на сталь та ін.

Для зварювання сталей використовують порошкові дроти таких марок:

1. Самозахисні дроти загального призначення — ПП-АН1, ПП-1ДСК, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН11, ПП-АН2М, ПП-АН23, ПП-2ДСК, СП-2, ППВ-4, ППВ-5 (ПП-порошковий дріт);
2. Порошкові дроти загального призначення для зварювання у вуглекислому газі -- ПП-АН8, ПП-АН10, ПП-АН21, ПП-АН13, ПП-АН4, ПП-АН9, ПП-АН18, ПП-АН22, ПП-АН20, ПП-АН54;

Покриті електроди

Покриті електроди класифікують: за призначенням, за типом покриття, за механічними властивостями металу шва, за товщиною покриття, за допустимими просторовими положеннями зварювання, за родом струму й полярністю, а також за діаметром стрижня та іншими ознаками. Види покриттів:

Кисле покриття складається з кислих компонентів (кремнезем, марганцева руда, феромарганець, гематит).

Основне покриття складається з плавикового шпату, карбонатів кальцію й магнію (крейда, магнезит, мармур).

Рутилове покриття складається з титанових сполук (рутил, титановий концентрат, ільменіт), які призначені для шлакового захисту, а також целюлози, крейди, мармуру, декстрину - для газового захисту.

Целюлозне покриття складається з органічних складових (целюлоза, крохмаль, харчове борошно, декстрин), які призначені для газового захисту шлакоутворюючих складових (рутил, карбонати, марганцева руда, алюмосилікати, титановий концентрат).

Неплавкі електроди.

Неплавкі електроди призначені тільки для підведення зварювального струму до дуги, а присаджувальний метал подається окремо. До неплавких відносяться вольфрамові, вугільні та графітові електроди.

Вольфрамові електроди використовують при дуговому зварюванні в інертних газах, плазмовому зварюванні, а також для різання та наплавлення.

Для зменшення витрат електродів, інертний газ необхідно подавати до вмикання зварювального струму, а припиняти після вимикання та охолодження електрода до його потемніння. Коли зварюють на постійному струмові всі електроди заточують на конус, а коли використовують змінний — електроди марок ЭВИ і ЭВЛ повинні мати плоску заточку, електроди марки ЭВЧ — сферичну.

Довжина заточування повинна дорівнювати 2-3 діаметрам електрода.

Вугільні електроди (стрижні) виготовляють із електротехнічного вугілля (кокс, сажа, смола) шляхом дроблення, пресування й відпалу. Графітові електроди виготовляються з вугільних шляхом додаткової високо термічної обробки — графітизації. Такі електроди мають високі температури плавлення й кипіння та малу теплопровідність. Електропровідність графітових електродів у 3 рази вища вугільних, вища стійкість проти окиснення, менші витрати. Для підвищення стійкості електродів їх покривають тонким (0,06-0,07 мм) шаром міді. Графітові електроди використовуються для зварювання низько вуглецевих сталей, кольорових металів і сплавів, а також заварювання дефектів чавунних деталей. Кінець електродів заточують на конус довжиною 10-20 мм із притупленням 1,5-2 мм. Поверхня має бути рівною без тріщин. Електроди високої якості не залишають слідів на папері, а при ударі по них видають металевий звук. Графітові електроди для зварювання і наплавлення згідно з ГОСТом 10720-75 виготовляють марки СК довжиною 250 мм, діаметром 4 мм, 6, 8, 10, 15 і 18 мм. Зварюють на постійному струмі прямої полярності, що покращує стійкість горіння дуги і зменшує витрати. Для покращення стабілізації горіння дуги застосовують вугільні електроди з гнітом, які мають осьовий отвір, заповнений легко іонізуючими речовинами.

Захисні гази.

Захисні гази призначені для захисту зварювальної дуги й ванни від шкідливого впливу навколишнього середовища. В якості захисних газів використовують інертні та активні гази, а також їх суміші.

До інертних захисних газів відносяться аргон і гелій. Хімічно вони не взаємодіють із металом і не розчиняються у ньому та забезпечують захист дуги й металу шва від повітря.

Аргон є одноатомним інертним газом, без кольору та запаху, важчий за повітря, чим забезпечує надійний захист зварної ванни.

Залежно від домішок (кисень, азот, водень) він поділяється на такі сорти:

1. аргон газоподібний і рідкий (ГОСТ10157-79) — вищого сорту (не менше 99,992% Ar) та першого сорту (99,987% Ar) для плазмового різання і зварювання плавким і неплавким електродом;
2. аргон високої чистоти (ТУ 6-21-12-79) — рідкий першого сорту (99,998% Ar), рідкий другого сорту (99,995% Ar) і газоподібний (99,995% Ar).

Зберігають і транспортують аргон у сталевих суцільнотягнутих балонах у газоподібному стані під тиском 15 МПа (150 кгс/см²). У повному стандартному балоні місткістю 40 дм³ (л) знаходиться: 150 x 40 = 6000 дм³ (6 м³) газу. Колір балона сірий, а напис — зелений.

Гелій — інертний газ без кольору й запаху, значно легший за повітря і в 10 разів — від аргону.

Одержують гелій шляхом стиснення і охолодження природних газів до температур конденсації з наступним відокремленням домішок. Дуга, що горить у гелію, виділяє більше тепла, ніж в аргоні, чим

забезпечує глибоке проплавлення металу. Оскільки гелій в 10 разів легший за аргон, погіршується захист зварної ванни і в 1,5-2 рази збільшуються витрати.

Залежно від вмісту домішок (азот, кисень, вуглекислий газ) гелій газоподібний (ГОСТ 20461-75) поділяється на такі сорти:

1. особливої чистоти (не менше 99,995% He);
2. високої чистоти (99,985% He);
3. технічний (99,8% He).

Гелій використовують при зварюванні кольорових металів і сплавів, нержавіючих сталей.

До активних захисних газів відносяться вуглекислий газ, азот, водень та ін. Вони хімічно взаємодіють із зварюваним матеріалом і розчиняються в ньому.

Вуглекислий газ (CO₂) є безколірний з незначним запахом. При підвищенні тиску він перетворюється в рідину, яку називають вуглекислою, а при сильному охолодженні (нижче -78,9°C) переходить у твердий стан, який називають «сухий лід». Вуглекислий газ в 1,5 рази важчий за повітря, що забезпечує надійний захист зварної ванни при незначних витратах.

Газ одержують із вапняків, коксу, антрациту методом випалювання в спеціальних печах із природного й котельних газів та іншими способами. Густина рідкої вуглекислоти сильно змінюється при змінах температури і тому вуглекислота постачається за масою, а не за об'ємом. При випаровуванні 1 кг вуглекислоти утворюється 509 дм³ (л) вуглекислого газу.

Випускають двоокис вуглецю газоподібний і рідкий (ГОСТ 8050-85) таких серій:

1. зварювальний (не менше 99,5% CO₂);
2. зварювальний підвищеної якості (99,8% CO₂);
3. технічний (98,5% CO₂).

Зварювальний (просушений) вуглекислий газ відрізняється від технічного меншим вмістом вологи. Рідку вуглекислоту зберігають у балонах під тиском 6-7 МПа. У балоні знаходиться 60-80% рідини, а решта — газ, що випарувався. Колір балона чорний, а напис — жовтий. В балони місткістю 40 л заливають 25 л вуглекислоти, при випаровуванні якої утворюється 15 120 л газу. Зварювальну вуглекислоту забороняється заливати в балони з-під харчової і технічної вуглекислоти тому, що вони можуть мати підвищену кількість пари води. Використовують вуглекислоту до тиску в балоні не менше 0,4 МПа.

Зварювальні флюси.

Зварювальні флюси — це неметалеві матеріали, які слугують для захисту наплавляемого металу від повітря і легування металу шва необхідними присадками. Їх розплав потрібен для стабілізації процесу зварювання і покращення якості шва. Взаємодіючи з рідким металом розплавлений флюс в значній мірі визначає хімічний склад металу і його механічні властивості.

Утворюючи над металом кірку шлаку, флюс сприяє повільному охолодженню метала, виходу на поверхню шлакових включень і утворенню щільного і високоякісного шва. Флюси сприяють стійкому горінню дуги і стабільному протіканню процесу зварювання.

Флюси класифікують за способом виготовлення, хімічним складом і призначенням.

За способом виготовлення — поділяють на плавлені і неплавлені.

До складу плавлених входять лише шлакоутворюючі компоненти. Їх одержують сплавленням складових компонентів. Виготовлення флюсу включає такі процеси: розмелювання до необхідних розмірів сировини (марганцева руда, кварцовий пісок, крейда і ін.); змішування їх в певних пропорціях; плавка в газополум'яних або електropечачах; грануляція з метою утворення подрібненого до певних розмірів зерна флюсу.

Неплавлені — це суміш порошкоподібних і зернистих матеріалів, яка крім шлакоутворюючих містить розкислювачі і легуючі елементи. Поділяються на керамічні — замішені на рідкому склі і спечені — утворені спіканням без розплавлення.

Види флюсів

Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей використовують висококремністі флюси, що містять велику кількість SiO₂ і MnO і мають кислий характер. Для зварювання легуваних сталей — низькокремністі, з підвищеним вмістом CaO, MgO, CaF₂, що мають слабкокислий характер; Для зварювання високолегованих сталей з великим вмістом легкоокислюваних елементів (Cr, Mo, Ti, Al і

ін.) — безкремністі, на основі CaO, CaF₂, Al₂O₃ і безкисневі фторидні флюси, що містять 60-80 % CaF₂ і мають основний або нейтральний характер.

Для зварювання сталей, кольорових металів і сплавів використовують неплавлені керамічні флюси, що містять мармур, шлавіковий шпат, фториди або хлориди лужноземельних металів, феросплави сильних розкислювачів (Si, Ti, Al), легуючі елементи і чисті метали. Такі шлаки мають основний або нейтральний характер і забезпечують в металі шва заданий вміст легуючих елементів.

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ

ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

Рівень кваліфікації: 3 розряду (2 – 3 розряд)

Код модуля	Назва теми (компетентності)		
БК 3	Розуміння та засвоєння основ матеріалознавства		
№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		всього	з них ЛПР
1	Основні відомості про метали і сплави.	5	
2	Властивості металів.	5	
3	Залізовуглецеві сплави.	12	2
4	Кольорові метали і сплави.	7	
5	Основи термічної обробки	8	
6	Зварювальні матеріали	6	
	Директорська контрольна робота	1	
	Підсумковий урок	1	
	Разом:	45	2

ІНТЕРНЕТ-ПОСИЛАННЯ

ТЕМА 1

<https://uk.wikipedia.org/wiki/BE>
https://stud.com.ua/74706/tehnika/istorichni_etapi_rozvitku_budivelnogo_materialoznavstva
<http://www.chemistry.in.ua/grade-10/metals-and-alloys-in-modern-technology>
<https://mehanik-ua.ru/pidruchnik-materialoznavstvo/684-klasifikatsiya-metaliv.html>
<https://sites.google.com/site/rozrobkaurokivzfiziki/kristalicni-ta-amorfni-tila-ridki-kristali>
<https://sites.google.com/site/molekulyarnafizika/osnovni-ponatta-molekularno--kineticnoie-teorii/tverdi-tila-kristalicni-j-amorfni>
https://dentaltechnic.info/index.php/obshie-voprosy/dovdnikzortopedichnostomatolog/2285-kristalizaciya_metaliv
https://studopedia.su/5_4960_kristalizatsiya-metaliv.html

ТЕМА 2.

https://studopedia.com.ua/1_224890_osnovni-vlastivosti-metaliv-i-splaviv.html
<https://studopedia.org/4-33589.html>
<https://mehanik-ua.ru/pidruchnik-materialoznavstvo/691-khimichni-vlastivosti-metaliv.html>
<https://mehanik-ua.ru/pidruchnik-materialoznavstvo/692-tehnologichni-vlastivosti-metaliv.html>

ТЕМА 3.

https://studopedia.com.ua/1_35351_virobnitstvo-chavunu.html
http://bookwu.net/book_metalurgiya_1109/3_2.-virobnictvo-chavunu
<https://ppt-online.org/39548>
<https://uk.wikipedia.org/wiki>
<http://vseznayko.com.ua/vuglecevi-konstrukijni-stali-zasto.html>
<http://vseznayko.com.ua/vuglecevi-instrumentalni-stali-vid.html>

ТЕМА 4.

http://bookwu.net/book_metalurgiya_1108/18_2.5.2.-mid-i-splavi
<https://uk.wikipedia.org/wiki>
<http://ua-referat.com>
https://stud.com.ua/73724/tehnika/titan_splavi_yogo_osnovi
<http://um.co.ua/8/8-17/8-178967.html>

ТЕМА 5.

https://uk.wikipedia.org/wiki/Термічна_обробка
<https://mehanik-ua.ru/pidruchnik-materialoznavstvo/708-osnovi-khimiko-termichnoji-obrobki-stali.html>

ТЕМА 6.

<http://economstroy.com.ua/stroytexnologiy/1523-zvaruvalnuydrit.html>
<https://svyatik.org/ua/view.php?id=63>
http://remontvdome.com.ua/zvaryvalni-elektrodi-harakteristiki-budova_lrus-p5-i4399.html
<https://svyatik.org/ua/view.php?id=86>
http://www.lhz.com.ua/ua/produksiya/zvaryvalni_gazovi_sumishi/
http://svweld.com.ua/ua/product/svarochnye_materialu/fljusy_svarochnye/