

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

**навчальної дисципліни «Хімія»  
вибірковий компонент  
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272 Авіаційний транспорт  
(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)**

**за темою – Хімічні властивості металів. Їх добування та застосування. Сплави.**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*Професор, канд. хім. наук, доцент, викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Козловська Т. Ф.*

**Рецензенти:**

- 1. Викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.;*
- 2. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д-р техн. наук, професор Тамаргазін О.А.*

## План лекції:

1. Класифікація металічних матеріалів.
2. Поняття про внутрішню будову металів і сплавів.
3. Фізичні властивості металів.
4. Сталі і класифікація марок сталей.
5. Класифікація сплавів.

## Рекомендована література:

## Основна

1. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : практикум. Київ : Либідь, 2003. 205 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28898> (дата звернення: 25.07.2023)
2. Кириченко В. І. Загальна хімія : навч. посібник. Київ : Вища школа, 2005. 635 с.
3. Басов В. П., Радіонов В. М. Хімія : навч. посібн. 4-те вид. Київ : Каравела, 2004. 302 с. URL: [https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=174](https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=174) (дата звернення: 16.11.2023)
4. Бочеров А. Д., Жикол О. А., Красовська М. В. Хімія : Довідник з прикладами розв'язання задач. Харків, 2011. 416 с.
5. Григор'єва В. В., Самійленко В.М., Сич А. М., Голуб О. А. Загальна хімія : підручник для студентів нехімічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Київ : Вища школа, 2009. 471 с.
6. Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В. М., Іванов С. В. Загальна та неорганічна хімія. Част. 1. Київ : Педагогічна преса, 2002. 418 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/16542> (дата звернення: 25.11.2023)
7. Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В. М., Іванов С. В. Загальна та неорганічна хімія. Част. 2. Київ : Педагогічна преса, 2000. 783 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/16542> (дата звернення: 25.11.2023)

## Додаткова

8. Панасенко О. І. та ін. Неорганічна хімія : підручник. Запоріжжя : Запорізький державний медичний університет, 2016. 462 с. URL: <https://ru.scribd.com/document/655105683/%D0%9D%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F-%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA> (дата звернення: 12.11.2023)
9. Андрійко О. О. Неорганічна хімія біогенних елементів. Київ : НТТУ «КПІ», 2013. 332 с.

10. Рейтер Л. Г., Степаненко О. М., Басов В. П. Теоретичні розділи загальної хімії. Київ : Каравела, 2012. 303 с.
11. Загальна та неорганічна хімія : підруч. для студентів вищ. навч. закл. / Є. Я. Левітін, А. М. Бризицька, Р. Г. Ключєва; за заг. ред. Є. Я. Левітіна. 3-тє вид. Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2017. 512 с.
12. Гомонай В. І., Мільович С. С. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця, 2016. 448 с.

## Текст лекції

### 1. Класифікація металічних матеріалів.

**Конструкційними** називають матеріали, з яких виготовляють деталі машин, пристосування, елементи різних конструкцій, інструменти, а також матеріали, здатні витримувати значні механічні навантаження.

**За природою** матеріали поділяють на металеві, неметалеві і композиційні. До металів належить більшість (понад 80) елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва. Їх умовно поділяють на **чорні і кольорові**. **Чорні метали** – це залізо і сплави на його основі (чавун, сталь, феросплави). Найбільш уживаними серед **кольорових металів** є легкі (Al, Mg, Ti), легкоплавкі (Zn, Sn, Pb), тугоплавкі (W, Mo, V), благородні (Au, Ag, Pt). Інші кольорові метали мають обмежене застосування, хоча з розвитком техніки їх роль зростатиме. Металам притаманні особливий блиск, непрозорість, а також фізичні, хімічні, механічні та інші технологічні властивості (тепло- і електропровідність, ковкість та ін.). Цим вони відрізняються як від елементарних неметалів таких, як вуглець, сірка, фосфор, так і від складних – скла, паперу, гуми, кераміки, пластмас.

**Композиційні матеріали** (композити) виготовляють об'ємним поєднанням хімічно різнорідних компонентів. Вони складаються переважно з пластичної металевої або неметалевої сполучної основи і армуючих добавок у вигляді порошків, волокон або шарів. Монолітне з'єднання основи і зміцнювачів забезпечує композитам кращі властивості, ніж їх мають складові компоненти. Зміна кількісного співвідношення між складовими композитів дозволяє більше змінювати їх властивості. Так, алюміній можна зробити значно міцнішим, гуму – електропровідною чи магнітною, пластмасу – вогнестійкою. Типовим представниками композитів є металокераміка, склопластики, вуглеметалопластики. Галузь застосування кожного матеріалу з урахуванням економічних вимог визначається його експлуатаційними характеристиками, які в свою чергу залежать від фізико-хімічних властивостей.

**За умовами експлуатації** матеріали можуть бути надтверді, зносостійкі, фрикційні, антифрикційні, корозійностійкі, жаростійкі і жароміцні.

**За технологічним використанням машинобудівні матеріали** бувають деформовані, ливарні, оброблювані різанням, зварювані, паяні, склеювані, спечені.

**За електропровідністю** – високопровідні – срібло, мідь, алюміній, золото.

**З високим опором** – сплави мідно-марганцеві, мідно-нікелеві, залізні, нікелеві, хромові.

**Напівпровідникові:**

– діелектрики – пластмаси, кераміка, скло.

**За взаємодією з магнітним полем:**

– слабомагнітні:

– парамагнетики – алюміній, олово, натрій, платина.

– діамагнетик – мідь, срібло, золото, свинець.

– сильномагнітні – феромагнетики – залізо, нікель, кобальт.

Постачають матеріали на підприємства у вигляді сплавів, прутів круглого, квадратного і шестигранного перерізу, листів, стрічок, дроту, труб і профілів різного асортименту.

## **2. Поняття про внутрішню будову металів і сплавів**

Усі навколишні предмети складаються з речовин, які мають різні властивості. Ці властивості залежать від внутрішньої будови кожної речовини. Сама ж речовина складається з великої кількості дрібних рухомих частинок, які, в свою чергу, складаються з надзвичайно малих атомів. Кожен атом має у своєму складі ядро й електрони. Електрони обертаються навколо ядра. Ядро атома має дуже складну будову і складається з найдрібніших частинок, головні з них – позитивно заряджені протони і нейтральні (без електричних зарядів) – нейтрони. Сукупність атомів, що мають однаковий заряд ядра, називаємо хімічними елементами. Атоми здатні існувати самотійно або групуватися в молекули. Сполучення атомів або молекул утворюють найрізноманітніші речовини, які поділяються на прості й складні. Прості речовини (залізо, мідь, кисень та ін.) складаються з атомів або молекул одного елемента, а складні речовини (сталь, латунь, вуглекислий газ та ін..) – із сполучення атомів двох і більше елементів. У природі складних речовин значно більше, ніж простих. Усі речовини можуть бути в газоподібному, рідкому та твердому станах.

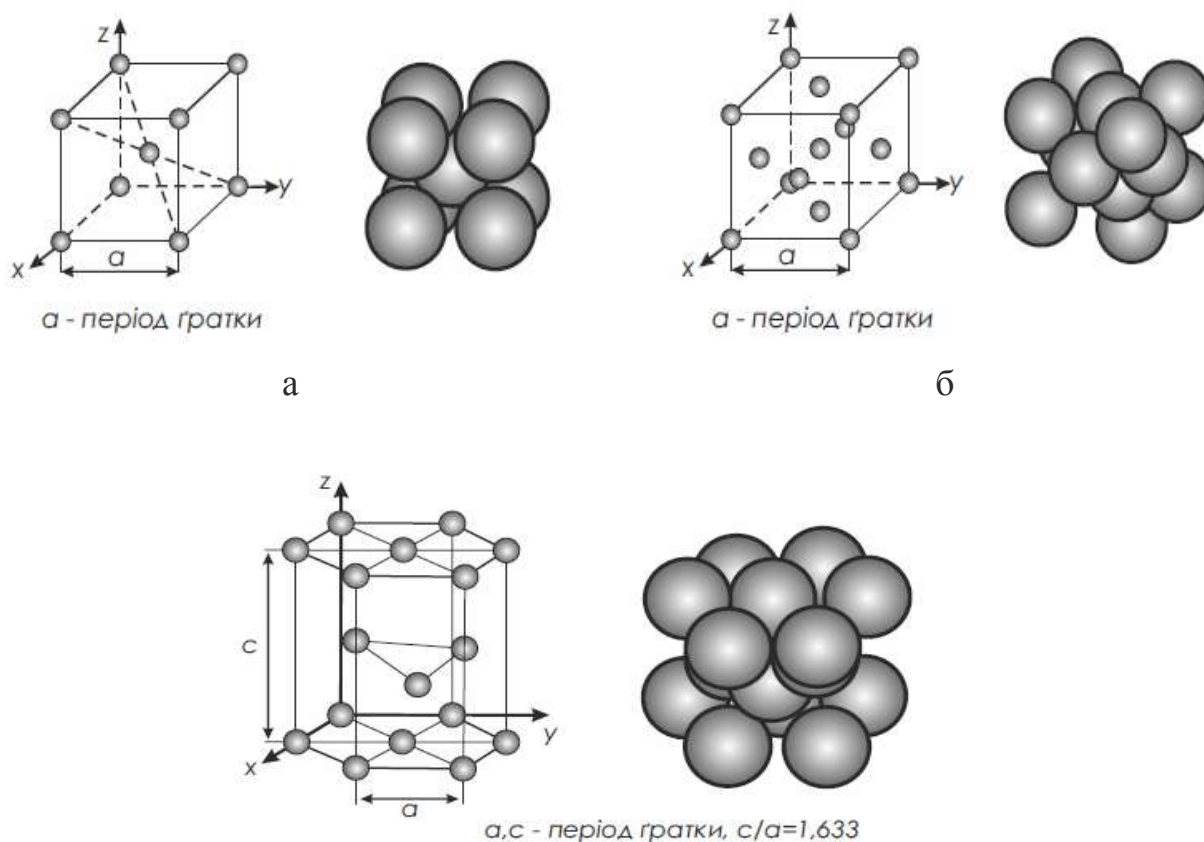
Залежно від внутрішньої будови всі тверді речовини поділяються на **кристалічні та аморфні**.

**Аморфні** речовини (віск, скло та ін.) Характеризуються хаотичним розташуванням атомів і молекул, а в кристалічних атоми розміщуються в певному порядку. Усі метали та їхні сплави є кристалічними речовинами.

**Метали** – це прості речовини, які мають електро- та теплопровідність, придатність до кування, а також характерний металевий блиск. Метал складається з позитивних іонів (атомів, які залишили один або кілька електронів) та вільних електронів. Вільні електрони легко переходять від одного іона до іншого в об'ємі металу. Цим пояснюється електропровідність і ковкість металу.

Будова металів у твердому стані характеризується тим, що атоми (іони), з

яких вони складаються, розташовані на певній відстані один від одного й утворюють кристалічні ґратки. Між атомами, розташованими у вузлах ґраток, існують сили взаємодії, які утримують атоми на певній відстані. При нагріванні металу зв'язок між атомами слабшає, а при значному нагріванні може настільки зменшитися, що метал з твердого стану перейде в рідкий – розплавиться. Не всі метали мають однакову форму кристалічних ґраток. Найчастіше трапляються *об'ємноцентровані кубічні, ґранецентровані кубічні і гексагональні щільно упаковані ґратки.*



В

Рисунок 1 – Схеми кристалічних ґраток металів: а – об'ємноцентровані кубічні (залізо за температури нижче 910 °С і понад 1400 °С, хром, молібден, вольфрам); ґранецентровані кубічні (залізо в інтервалі температур 910–1400 °С, алюміній, мідь, свинець); в – гексагональні (магній, титан)

Властивості кристалічних речовин залежать від розташування атомів у кристалічних ґратках. Через різні відстані між атомами сили взаємодії між ними в різних напрямках будуть неоднакові. Тому властивості кристалічних речовин в одному напрямку відрізняються від їхніх властивостей в іншому напрямку. Така різниця властивостей є однією з найважливіших особливостей

кристалів. Під час удару, наприклад, кристалічна речовина розколюється на дрібні кристали, які зберігають форму великих кристалів. В аморфних речовинах такого явища не спостерігається. Вони від удару розколюються на грудки неправильної форми.

Характерною властивістю **кристалічних речовин** є те, що вони переходять з твердого стану в рідкий, з рідкого в твердий при визначеній **постійній для даної речовини температурі**. Ця температура називається **температурою плавлення**. **Аморфні речовини не мають визначеної температури плавлення**, під час нагрівання вони поступово розм'якшуються і переходять у рідкий стан.

### 3. Фізичні властивості металів

Метали і сплави є основними матеріалами сучасного машинобудування. Щоб правильно вибрати матеріал для виготовлення різних деталей машин та інструментів, треба знати властивості металів. Так, наприклад, для виготовлення ріжучих інструментів потрібні міцні, тверді і витривалі металеві матеріали. Цим вимогам відповідають швидкорізальні сталі, тверді сплави та ін. Всі властивості металів поділяються на *фізичні, хімічні, механічні та технологічні*.

*Фізичні властивості* металів і сплавів визначаються кольором, питомою вагою, щільністю, температурою плавлення, тепловим розширенням, тепло- і електропровідністю, а також магнітністю. Фізичні властивості металів обумовлені будовою металевої кристалічної ґратки. У вузлах ґраток розміщуються атоми і позитивні іони металів, пов'язані за допомогою поєднаних зовнішніх електронів, які належать усьому кристалу. Фізичні властивості металів характеризуються цілком певними числовими значеннями - «фізичними постійними». *Кольором* називають здатність металів відображати світлове випромінювання з певною довжиною хвилі. Наприклад, мідь має рожево-червоний колір, алюміній - сріблясто-білий. Щільність металу характеризується його масою, закладеною в одиниці об'єму. За щільністю всі метали ділять на легкі (менше 4,5 г/см<sup>3</sup>) і важкі. Щільність має велике значення при виборі металевих матеріалів для виготовлення різних виробів. Так, деталі і конструкції в приладобудуванні, в авіа- і вагонобудуванні поряд з високою міцністю повинні мати малу щільність. З металів, найуживаніших у техніці, найменшу щільність мають магній і алюміній. Ось чому в зазначених вище галузях машинобудування широко застосовуються сплави на основі алюмінію і магнію.



Таблиця 1 – Щільність металів при 20 °С

Метал	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Метал	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Метал	Щільність, г/см <sup>3</sup>
Алюміній	2,69	Літій	0,53	Ртуть	13,5
Ванадій	6,12	Магній	1,74	Свинець	11,34
Вольфрам	19,35	Манган	7,43	Срібло	10,5
Графіт	1,9–2,3	Мідь	8,96	Тантал	16,6
Залізо	7,87	Молібден	10,22	Титан	4,51
Золото	19,32	Натрій	0,97	Уран	19,04
Кадмій	8,64	Нікол	8,91	Хром	7,18
Калій	0,86	Ніобій	8,55	Цезій	1,87
Кальцій	1,55	Олово	7,29	Цинк	7,13
Кобальт	8,9	Платина	21,45	Цирконій	6,45
Силіцій	2,33	Плутоній	19,25		

**Температурою плавлення** називають температуру, при якій метал переходить з твердого стану в рідкий. За температурою плавлення розрізняють тугоплавкі метали (вольфрам 3416 °С, тантал 2950 °С, титан 1725 °С) і легкоплавкі (олово 232 °С, свинець 327 °С). Температура плавлення має велике значення при виборі металів для виготовлення литих виробів, зварювальних і паяних з'єднань, термоелектричних приладів та інших виробів. Температури плавлення металів, які найчастіше застосовуються у техніці, наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Температури плавлення металів

Метал	t <sub>плав.</sub> , °С	Метал	t <sub>плав.</sub> , °С
Молібден	2620	Алюміній	660
Мідь	1083	Магній	651
Нікол	1455	Свинець	328
Залізо	1539	Олово	232
Титан	1665	Ртуть	–39

**Теплопровідністю** називають здатність металів передавати тепло від більш нагрітих до менш нагрітих ділянок тіла. Метали на відміну від неметалів є хорошими провідниками тепла. Теплопровідність має велике значення при виборі матеріалу для деталей. Наприклад, якщо метал погано проводить тепло, то при нагріванні і швидкому охолодженні (термічна обробка, зварювання) у ньому утворюються тріщини. Деякі деталі машин (поршні двигунів, лопатки турбін) мають бути виготовлені з матеріалів з хорошою теплопровідністю.

*Тепловим розширенням* називають здатність металів збільшуватися в розмірах при нагріванні і зменшуватися при охолодженні. Теплове розширення характеризується коефіцієнтом лінійного розширення. Теплові розширення треба враховувати при зварюванні, куванні і гарячому об'ємному штампуванні, виготовленні ливарних форм, штампів, прокатних валків, калібрів, виконанні точних з'єднань і складанні приладів, при будівництві мостових ферм, укладанні залізничних рейок.

При вимірах точними вимірювальними приладами (мікрометр, штангенциркуль та ін.) необхідно враховувати вплив, який чинить температура на результати вимірювання.

**Теплоємністю** називають здатність металів при нагріванні поглинати певну кількість тепла. Теплоємність різних металів порівнюють за величиною питомої теплоємності – кількості тепла, вираженого у великих калоріях, потрібного для підвищення температури 1 кг металу на 1 °С.

**Електропровідністю** називається здатність металів проводити електричний струм, який є впорядкованим рухом вільних електронів. Хороша електропровідність потрібна, наприклад, для струмопровідних проводів.

**Електричний опір** – це здатність металів протидіяти проходженню через них електричного струму. Електричний опір металів є результатом зіткнення рухомих електронів з атомами й іонами. Високий електричний опір властивий сплавам нікелю і хрому (ніхроми), тому з них виготовляють нагрівальні пристрої електричних печей, опору і спіралі електронагрівальних приладів. Високий електричний опір вольфраму використовується для виготовлення з нього нитки розжарення електричних ламп.

Електроопір металів залежить від температури – при підвищенні її опір збільшується. У чистих металів при нагріванні до 100 °С електроопір збільшується на 40-50%. У сплавів він збільшується менше.

При дуже низьких температурах, близьких до абсолютного нуля (–273 °С), опір проходження електричного струму у багатьох металів різко падає практично до нуля. Це явище отримало назву **надпровідності**. Ефект надпровідності виявлено у свинцю (при температурі 7,3 К), ртуті (4,12 К), алюмінію, титані, олові та інших металах.

**Магнітні властивості** характеризуються абсолютною магнітною проникністю або магнітною постійною, тобто здатністю металів намагнічуватися. Високі магнітні властивості мають залізо, нікель, кобальт і їхні сплави, які називають феромагнітними. Матеріали з магнітними властивостями застосовують в електротехнічній апаратурі для виготовлення магнітів. У решти металів і сплавів магнітні властивості виражені вкрай слабо,

тому практично вони вважаються немагнітними.

Магнітні властивості феромагнітних матеріалів яскраво проявляються при низькій температурі. При нагріванні заліза, нікелю, кобальту та їх сплавів магнітні властивості стають менш помітними. При певній температурі усі феромагнітні матеріали практично втрачають свої магнітні властивості.

Магнітні властивості дозволяють застосовувати метали для деяких спеціальних робіт, наприклад, в металургії для сортування залізних руд, перенесення чавунних і сталевих заготовок і виробів. Застосування електромагнітів полегшує виконання багатьох трудомістких робіт.

Розглянуті вище фізичні властивості металів є в явищах, що не супроводжуються зміною речовини. Так, наприклад, нагрів металів або проходження через метали електричного струму не супроводжується їх хімічними змінами.

При хімічних же явищах відбувається перетворення металів в інші речовини з іншими властивостями.

**Хімічні властивості** характеризують здатність металів і сплавів опиратися окисленню або вступати у з'єднання з різними речовинами – киснем повітря, розчинами кислот, лугів та ін. Багато металів піддаються хімічній зміні під впливом зовнішнього середовища, тобто руйнуються від корозії.

Хімічне руйнування металів під дією на їхню поверхню зовнішнього агресивного середовища називають **корозією**.

**Корозія металів** може відбуватися в атмосфері, в агресивних середовищах (розчинах кислот, лугів, солей), в сухих газах при високих температурах. Результати корозії металів можна спостерігати, наприклад, у вигляді іржі на сталі і чавуні, зеленого нальоту на міді, білого нальоту на сплавах алюмінію. Метал або сплав вважається корозійностійким, якщо він добре опирається впливові зовнішнього агресивного середовища. Один і той самий метал або сплав неоднаково опирається корозії в різних середовищах. Так, наприклад, алюміній стійкий в атмосфері і прісній воді та нестійкий в розчинах лугів, деяких кислот і в морській воді.

Залежно від корозійної стійкості в тому чи іншому середовищі металеві матеріали поділяють на кілька груп:

**а) корозійностійкі** (нержавіючі) матеріали, стійкі до корозії в атмосфері, ґрунті, в морській і прісній воді та в інших середовищах;

**б) жаростійкі** (окалиностійкі) матеріали, стійкі до корозії в газових середовищах при температурах вище 550 °С і працюють в ненавантаженому або слабо навантаженому стані;

**в) жароміцні матеріали**, що працюють в навантаженому стані при

високих температурах протягом визначеного часу, і які володіють при цьому достатньою жаростійкістю;

**г) кислотостійкі** матеріали, стійкі проти корозії в агресивних кислотних середовищах (в сірчаної, соляної, азотної, фосфорної кислотах і їх сумішах різної концентрації).

Хімічні властивості металів обов'язково враховуються при виготовленні тих чи інших виробів. Особливо це стосується виробів або деталей, які працюють в хімічно агресивних середовищах. Високою корозійною стійкістю в атмосфері і в агресивних середовищах володіють нікель, титан і їх сплави. Титан і його сплави за корозійною стійкістю наближені до благородних металів.

**Механічними властивостями** металів називається сукупність властивостей, що характеризують здатність металевих матеріалів чинити опір впливові зовнішніх зусиль (навантажень). До механічних властивостей металевих матеріалів належать: міцність, твердість, пластичність, пружність, в'язкість і крихкість.

#### **4. Сталі і класифікація марок сталей.**

Сталь – це сплав заліза з вуглецем, вміст якого не повинен перевищувати 2,14 %. Саме завдяки вуглецю сталь має твердість, але надлишок цього компонента призводить до крихкості.

Марочник сталей, в якому міститься комплекс відомостей про класифікацію, хімічний склад і фізичні якості, критичні температурні точки, механічних і ливарних властивостях.

Для кожної групи сталей існує свій довідник, наприклад, інформація про антикорозійні матеріали міститься в марочнику нержавіючих сталей. Приклад маркування нержавіючої сталі (основний хімічний склад) – 12Х18Н10Т. Це вказує на присутність в сплаві вуглецю – 0,12 %, хрому – 18 %, титану – 10 %. Цей сплав підходить для виготовлення виробів, що піддаються взаємодії з хімічно агресивними середовищами – лужними і кислотними розчинами, солями.

##### **Основні марки сталей**

Види і марки сталей класифікуються залежно від хімічного складу, технології виробництва і призначення. Так, на ринку України наразі присутні основні групи такої продукції: конструкційні; інструментальні; жаростійкі і жароміцні сталі. Унаслідок такого розмаїття марок сталей і виникла необхідність в їх маркуванні. Слід звернути увагу, що Марочник сталей і

сплавів в Україні, відрізняється від зарубіжних класифікаторів. Поки що світова промислова індустрія не виробила єдиних стандартів у маркуванні металопродукції, і мають місце різні точки зору, що іноді призводить до недостатньої якості прокату, що поставляється споживачам. У зв'язку з цим актуальним залишається документ – Марочник іноземних сталей і сплавів. Він містить повну інформацію по закордонним аналогам вітчизняних марок металопродукції. Такий довідник допоможе співставити маркування аналогічних за параметрами сталевих сплавів з урахуванням позначень, прийнятих у різних країнах.

В Україні, як і в інших країнах СНД, використовується система позначення марок сталей за допомогою букв – назви хімічних елементів і цифр – їх процентний вміст в сплаві.

Наприклад, *Х* – хром, *С* – кремній, *К* – кобальт, *В* – вольфрам, *Д* – мідь, *Ч* – включення рідкоземельних металів і т.д.

Також за допомогою букв вказується спосіб розкислення стали: *КП* – кипляча; *ПС* – полуспокійна; *СП* – спокійна.

Спокійні сплави мають максимальні показники однорідності структури і хімічного складу по перетину виливки. Звертаємо увагу, що існує Марочник ливарних сталей – металопродукція в маркуванні на кінці містить букву «Л». У цілому, такі матеріали схильні до великої усадки і утворення тріщин. Також їм притаманна низька текучість.

### **Конструкційні сталі**

Сталі, що використовуються для виготовлення конструкцій і деталей в будівництві та машинобудуванні, називаються конструкційними. Якість таких матеріалів визначається кількістю шкідливих домішок сірки (*S*) і фосфору (*P*). Перший елемент надає саме негативний вплив, оскільки надає червоноламкість, а другий – провокує хладоламкість, тобто, крихкість. З урахуванням кількості сірки і фосфору виділяють сталь конструкційну: звичайної якості – до 0,05 % *P*, *S* – прикладом даних сталей можуть слугувати сталі Ст0, Ст3сп, Ст5кп; якісна – до 0,035 % *P*, *S* – приклад 08кп, 10пс, 20; високоякісна – до 0,025 % *P*, *S* – «А» у кінці маркування, приклад 20А, 15Х2МА; особливо високої якості – до 0,015 % *P*, *S* – «Ш» у кінці маркування, приклад 18ХГ-Ш, 20ХГНТР-Ш. Марки сталей конструкційних і тих, що не включають легуючих елементів позначаються буквсполученням «Ст». Далі йде цифра, яка вказує на кількість присутнього у формулі вуглецю в форматі десятих часток відсотка. Наприклад, Ст3. Причому, може зустрічатися позначення Ст3сп або Ст3. Це все один матеріал, але за існуючими правилами, якщо тип не пишеться (КП, ПС, СП), то за замовчуванням мається на увазі Ст3сп.

### **Сталь конструкційна вуглецева звичайної якості загального призначення**

Відрізняється широтою сфер застосування при виробництві: гарячекатаного прокату; холоднокатаного тонколистового прокату; катаних і безперервнолитих заготовок; труб; метизів; дроту; злитків; штампів, ін. Також, цей матеріал використовується в промисловому машинобудуванні і виготовленні металоконструкцій для будівельної галузі. Марки сталей і сплавів дозволяють фахівцям максимально точно підбирати хімічний склад матеріалів з урахуванням тих експлуатаційних навантажень, яким їм доведеться протистояти.

#### **Сталь конструкційна вуглецева якісна**

Тут визначальним показником є вміст вуглецю в компонентній формулі: 0,25 % – низько вуглецева; 0,25 до 0,6 % – середньо вуглецева; 0,6 до 2 % – високо вуглецева. Низько вуглецеві сталі не містять взагалі ніяких легуючих включень. При цьому в них присутні в невеликих кількостях марганець – до 1 % і кремній – до 0,8 %, але в такій концентрації вони не роблять легуючого впливу.

#### **Сталь конструкційна підвищеної оброблюваності**

Леговані марки сталей - розшифровка містить букву «А», що означає автоматна. Якщо для поліпшення експлуатаційних характеристик сплаву використовується свинець, то літерна комбінація має вигляд - «АС». Також, з метою профілактики проявів червоноламкості в матеріали цієї групи додають підвищену кількість марганцю. Окрім того, наявність селену і телуру, забезпечує 2–3 кратне скорочення витрат ріжучого інструменту.

#### **Сталь конструкційна низько легована для зварних конструкцій**

Йдеться про сплави, що містять такі компоненти: С – до 0,22 %; Мп – до 1,8 %; Si – до 1,2 %; Cr – 0,8 % і ін. Марки сталей та їх характеристики також відображаються у вигляді літерно-цифрового коду – 09Г2, 14Г2, 10ХНДП та ін. Листова сталь цієї категорії або сортовий фасонний прокат широко використовуються в машинобудуванні для виготовлення зварних конструкцій, а також в будівництві – для армування залізобетонних об'єктів. Конкурентною перевагою таких матеріалів є добра зварюваність. Наприклад, марка 17ГС застосовується в трубної промисловості – з неї випускають труби великого діаметру. Окрім того, деякі різновиди низьколегованих сплавів для зварних конструкцій використовуються в суднобудуванні, вагонобудуванні, мостобудуванні. Межі температурного режиму, в якому допускається їх експлуатація від –40 до +4500 °С.

#### **Сталь конструкційна легована**

Найчисленніша група сталей. Відмінною особливістю є низький вміст такого компонента, як вуглець – не більше 0,6 %. Також, порівняно в невеликих кількостях в структурі присутні легуючі елементи – від 7 до 8 %. Марки конструкційних сталей цієї групи в довіднику представлені з урахуванням відношення загальної маси легуючих елементів до маси сталі: до 2,5 % – низьколегована; від 2,5 до 0,6 % – середньолегована; від 0,6 % – високолегована.

З конструкційних легованих сплавів випускають великий асортимент металопродукції, наприклад: прокат круглий; прокат квадратний; прокат шестигранний; прутки ковані квадратні й круглі; смуги; профілі для косих шайб; зі спеціальною обробкою поверхні. Приклад маркування: 18-25X2H4M (B) A, 20XH4ФА, 30X2H2BA.

#### **Сталь конструкційна теплотривка**

До цієї групи металопродукції відносяться сталі, що мають достатній ресурс для роботи при підвищених температурах. Діапазон теплотривкості знаходиться в межах 600–6500 °С. Робочий ресурс деталей з матеріалів з такими характеристиками визначається 10000–20000 годинами. Сфера застосування – енергетичне машинобудування, виробництво котлоагрегатів, конструктивних елементів паропроводів, паро нагрівачів і ін. Термообробка таких сталей – це загартування або нормалізація з обов'язковим високим відпуском.

#### **Сталь конструкційна підшипникова**

Марки легованих сталей, з яких виготовляються підшипники, відрізняються спеціальною мікроструктурою. Також, до них пред'являються особливі вимоги щодо кількості та виду неметалевих включень, твердості і глибини знеуглецьованого шару. У готових виробах цей шар не допускається, оскільки наявність хоча б часткової знеуглецьованої поверхні кульки призводить до зминання, збільшення тертя в підшипниках і, як наслідок, виходу деталі з ладу. Для підшипників кочення, які призначені для експлуатації в нормальних умовах, використовуються сталі ШХ15 і ШХ15СГ.

#### **Сталь конструкційна ресорно-пружинна**

Характеризується включенням вуглецю на рівні 0,5–0,75 %. Як легуючі елементи використовуються: кремній – 2,8 %; хром – 1,2 %; марганець – 1,2 %; вольфрам – 1,2 %; ванадій – 0,25 %; нікель – 1,7 %. У процесі виготовлення матеріалу виконується подрібнення зерна, що сприяє збільшенню релаксаційної стійкості сталі.

#### **Сталь інструментальна**

Це група марок сталей, які набувають при термообробці підвищеної

твердості, міцності і зносостійкості. Ці якості необхідні для обробки металопродукції різанням або тиском. Інструментальна вуглецева сталь Матеріал з вмістом вуглецю від 0,7 %. Також в хімічній формулі присутні сірка і фосфор.

Сталі цієї групи діляться на: якісну: сірка – 0,03 % і фосфор – 0,035 %. Високоякісну: сірка – 0,02 % і фосфор – 0,03 %. Сталь має низку недоліків: мала зносостійкість і низька теплостійкість в режимах нагріву ріжучої кромки інструменту вище температури в 250–3000 °С. При перегріві має місце відпуск гарту, що супроводжується втратою твердості. Інструментальна вуглецева сталь випускається у вигляді прутків різної форми перетину – коло, квадрат, шестикутник, а також дроту, листів, смуг.

### **Сталь інструментальна легована**

Легована інструментальна сталь, окрім вуглецю, включає компоненти, що поліпшують її функціональні характеристики – марганець, мідь, нікель і ін. Їх присутність позначається в маркуванні відповідними буквами, наприклад: Г – марганець; З – кремній; Д – мідь; М – молібден. При відсутності в коді цифри кількість легуючого елемента вважається приблизно рівною 1 %. Основне застосування сталей цієї групи – виготовлення різноманітних інструментів.

### **Сталь інструментальна штампова**

Металопродукція, що застосовується для виготовлення інструментів, що задіяні в сфері обробки металів тиском. Тобто, мова йде про штампи, валіки, роліки, пуансони та ін.

Сталі цієї групи поділяються на дві категорії: впливає на холодний метал – тверді, стійкі до стирання; впливає на розігрітий метал – низька чутливість до місцевих нагріву. При використанні сталі в легких експлуатаційних умовах показано застосування матеріалу з вмістом вуглецю в межах 0,6–1,0 %. Найбільш затребувана для таких штамів сталь – У7. У більш важких умовах показано застосування легованих сталей. Найпопулярніша марка – 5ХНМ.

### **Жаростійкі і жароміцні сталі**

Марки жароміцних сталей 12Х1МФ, 12Х1МФ-ПВ, 13Х1МФ, 15Х1М1Ф і ін. відрізняються високою міцністю при достатній пластичності. Ці властивості роблять їх актуальними для виготовлення деталей авіаційних газових турбін, судових газотурбінних установок, газових турбін в вузлах систем перекачування нафти і нафтопродуктів, у нагрівальних металургійних печах і ін. Споживачам варто враховувати, що марки жаростійких сталей найкращі механічні параметри набувають у процесі загартування з наступним відпуском. Разом з тим у цих матеріалів є схильність до різкого загартування і холодним тріщинам. Максимальна температура нагріву деталей із сталей цієї групи



знаходиться в межах 5700–5850 °С.

Розшифровка марок сталей – приклади Марки швидкорізальних сталей включають в позначенні букву Р. Вона вказує на вміст вольфраму. Приклад маркування – Р9, Р18, Р12. Марки нержавіючих сталей відрізняються більш складним кодуванням, наприклад, 10Х13Н17М3Т. Тут вказано, що в складі є хром, нікель, молібден, титан, а цифри – це їх процентний вміст в сплаві.

## 5. Класифікація сплавів.

### Класифікація кольорових металів

Кольорові метали, як правило, мають характерне забарвлення (червоне, жовте, біле), велику пластичність, малу твердість, відносно низьку температуру плавлення. Вони поділяються на такі групи: легкі, важкі, благородні та рідкі.

До легких металів з густиною менше 5,0 г/см<sup>3</sup> належать: магній (1,68 г/см<sup>3</sup>), берилій (1,8 г/см<sup>3</sup>), алюміній (2,7 г/см<sup>3</sup>), титан (4,5 г/см<sup>3</sup>), літій (0,543 г/см<sup>3</sup>), калій (0,862 г/см<sup>3</sup>), натрій (0,971 г/см<sup>3</sup>), кальцій (1,54 г/см<sup>3</sup>) та ін. На практиці ці метали (за винятком алюмінію) застосовуються у вигляді сплавів. Алюміній і сплави на його основі є найпоширенішими.

До важких кольорових металів належать метали з густиною, що перевищує 5,0 г/см<sup>3</sup>, зокрема: свинець (11,3 г/см<sup>3</sup>), вісмут (9,84 г/см<sup>3</sup>), мідь (8,9 г/см<sup>3</sup>), олово (7,29 г/см<sup>3</sup>), хром (7,14 г/см<sup>3</sup>), цинк (7,1 г/см<sup>3</sup>), сурма (6,62 г/см<sup>3</sup>), та ін.

### Властивості і застосування міді

Один з найпоширеніших кольорових металів цієї групи – мідь. Це червоно-рожевий мономорфний метал з питомою густиною  $\gamma = 8,96$  г/см<sup>3</sup> і температурою плавлення  $t_{пл} = 1083$  °С, який має високу електричну провідність, тому він широко застосовується в електротехніці. У відпаленому стані мідь має міцність  $\sigma_b \approx 250$  МПа, твердість НВ  $\approx 45$ , значну пластичність ( $\delta \approx 50\%$ ). Завдяки значній пластичності міді з неї виготовляють, листи, прутки, дріт.

### Характеристика сплавів на основі міді

Основні сплави міді – латунь і бронза. За технологічною ознакою вони поділяються на деформовані та ливарні.

**Латунь** – це сплав міді з цинком (до 43 % Zn). Маркуються латуні буквою "Л" і цифрою, що вказує приблизний вміст міді у відсотках (Л96, Л70 та ін.).

У позначеннях легованих латуней після букви "Л" вказують інші букви і цифри, що показують відповідно назву легуючих елементів та їх процентний вміст. Наприклад, ЛС60–1 (60 % Cu, 1 % Pb, решта – Zn). Для підвищення міцності та корозійної стійкості, покращення технологічних властивостей в

склад латуней вводять Ni, Pb, Sn, Si та інші елементи. З латуні виготовляють листи, прокат, труби, сальфони, втулки тощо.

Легуючі елементи (Sn, Al, Mn, Fe, Si), що входять до складу складних латуней, змінюють їх структуру і властивості, а латуні відповідно називаються олов'янистими, алюмінієвими, марганцевистими, свинцевистими, кремнієвистими або алюмінієвозалізомарганцевистими тощо.

**Бронза** – це сплав міді з усіма елементами (оловом, алюмінієм, берилієм та ін.), крім цинку. Вона має достатньо високі ливарні та антифрикційні властивості, корозійну стійкість в прісній і морській воді, а також у газовій атмосфері при високих температур. Із бронзи виготовляють пружини, підшипники ковзання, арматуру, деталі з високою тепловою та електричною провідністю у поєднанні з достатньою значною корозійною стійкістю, фасонне та художнє литво. Однофазні бронзи добре оброблюються тиском, двохфазні бронзи володіють добрими ливарними властивостями. Бронзи, в залежності від вмісту легуючих елементів, виготовляють олов'яними (4...14 % Sn), алюмінієвими (5...11 % Al), кремнієвими (1...4 % Si), свинцевими (25...30 % Pb), берилієвими (до 3 % Be).

Бронзи маркуються буквами "Бр", після яких записують буквене позначення легуючих елементів і цифри, що вказують їх процентний вміст. Наприклад, Бр 0ЦС8-4-3 (8 % Sn, 4 % Zn, 3% Pb, решта – мідь).

#### **Властивості і застосування алюмінію**

Алюміній (Al) – це метал сріблясто-білого кольору ( $\gamma = 2,7 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{пл}} \approx 660 \text{ }^\circ\text{C}$ ), має високі електро- та теплопровідність, малу густину. У відпаленому стані має міцність  $\sigma_b = 80...100 \text{ МПа}$  невисоку твердість ( $\text{HB} \approx 25...30$ ) та достатню пластичність ( $\delta \approx 45 \%$ ) Висока електрична провідність (60 % від міді) та низька густина чистого алюмінію обумовили його застосування в електротехніці, як провідникового матеріалу, а корозійна стійкість – застосування в хімічному машинобудуванні. Для легування алюмінію застосовують Cu, Si, Mg, Mn, Zn, рідше – Ni, Ti, Cr та ін.

#### **Характеристика сплавів на основі алюмінію**

За технологічною ознакою алюмінієві сплави поділяються на деформовані та ливарні. Серед деформованих відрізняють такі, що зміцнюються термообробкою (дюралюміній, авіаль, алюміній кувальний тощо), та такі, що не зміцнюються (сплави алюмінію з марганцем, магнієм).

Одним з основних деформованих сплавів є **дюралюміній** – сплав, системи Al-Cu-Mg з домішками Mn. Маркується дюралюміній буквами "Д" і цифрами, що вказують номер сплаву. Наприклад, Д1, Д16. Дюралюміній часто застосовується в літакобудуванні як такий, що має значну міцність у поєднанні

з малою густиною.

Ливарні сплави алюмінію відрізняються достатньо високою рідинотекучістю, малою усадкою, досить високою механічною міцністю. Кращі властивості мають так звані **силуміни** (сплави алюмінію з кремнієм). Вони маркуються так: АЛ2, АЛ9 (цифра вказує номер сплаву, а букви означають, що це – алюмінієвий ливарний сплав). Із силуміну виготовляють арматуру, кронштейни, литі деталі приладів, фасонне литво тощо.

Досить широко розповсюджені також **сплави на основі олова та свинцю – бабіти**. Як легуючі елементи до них додаються сурма та мідь. Ці сплави називаються антифрикційними та призначаються для виготовлення підшипників ковзання. Бабіти маркуються буквою "Б" і цифрами, що вказують процентний вміст олова у сплаві (наприклад, Б88, Б83 та ін.). Вони відрізняються гарною припрацьованістю та невеликим коефіцієнтом тертя. Як антифрикційні матеріали використовуються також чавуни, олов'янисті та свинцевисті бронзи, порошкові матеріали.

#### **Титан і характеристика сплавів на основі титану**

Титан – метал сталюого кольору з температурою плавлення  $t_{\text{пл.}} \approx 1665 \text{ }^{\circ}\text{C}$  і питомою густиною  $\gamma = 4,5 \text{ г/см}^3$ , володіє міцністю  $\sigma_{\text{в}} = 250 \text{ МПа}$ , відносним видовженням  $\delta \approx 20\ldots 30 \text{ \%}$ , твердістю  $\text{HB} \approx 100\ldots 140$ , високою корозійною стійкістю. Покращення механічних властивостей досягається легуванням деякими елементами: Al, Cr, Mo, Nb, V, Zr, Sn та ін.

Завдяки малій густині, високій міцності та корозійній стійкості титан та його сплави знаходять широке застосування в суднобудуванні, авіаційній та хімічній промисловості.

#### **Характеристика сплавів на основі магнію**

Магній – сріблясто-білий метал з температурою плавлення  $t_{\text{пл.}} = 651 \text{ }^{\circ}\text{C}$  і питомою густиною  $\gamma = 1,74 \text{ г/см}^3$  (найменшою серед конструкційних матеріалів). Магній в чистому вигляді, як конструкційний матеріал, не використовується. У техніці використовують сплави магнію з Al, Mn, Zn, Zr і ін., які мають покращені властивості порівняно з чистим магнієм. Сплави магнію, наприклад МА8, мають добру рідкотекучість і володіють міцністю в межах  $200\ldots 350 \text{ МПа}$ .