

Загальні відомості про матеріали

Матеріалознавство (англ. *materials science*) — міждисциплінарна галузь науки, що вивчає залежність між складом, структурою та властивостями матеріалів у взаємозв'язку з технологією їх отримання та переробки, умовами експлуатації та вартістю, і яка спрямована на створення нових матеріалів, що задовольняли б потреби людини^[1].

Завдання, які вирішуються сучасним матеріалознавством, у значній мірі обумовлюють розвиток енергетики, електроніки, інформаційних та нанотехнологій, хімічної, аерокосмічної та інших галузей промисловості, транспорту, медицини й охорони здоров'я.

Предметом матеріалознавства є встановлення закономірностей взаємозв'язків у системі «склад — структура (електронна, атомна, нано-, мезо-, мікро-, макро-) — технологія отримання та переробки — функціональні (механічні, термічні, електричні, магнітні, оптичні та ін.) властивості» матеріалу, а також цілеспрямоване удосконалення властивостей уже відомих та створення нових матеріалів із заданими властивостями.

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 оцінюванню 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, зниження матеріаломісткості з одночасним збільшенням терміну експлуатації.

Основоположною рисою сучасного матеріалознавства є його міждисциплінарність, так як завдання, що стоять перед ним, не можуть бути вирішені в рамках однієї наукової дисципліни. Фундаментом сучасного матеріалознавства є такі розділи фізики, хімії та біології:

- *статистична фізика, термодинаміка і термодинаміка* (основні об'єкти розгляду — діаграми стану, твердофазові перетворення, стабільність матеріалів при експлуатації);
- *фізика твердого тіла і квантова механіка* (електричні, теплові, магнітні, хімічні, структурні та оптичні властивості матеріалів, дифракційні методи дослідження матеріалів);
- *механіка* (взаємозв'язок мікроструктури і механічної поведінки матеріалів, реологія, трибологія, поведінка потоків рідин та ансамблів частинок);
- *хімія твердого тіла* (теорія хімічного зв'язку, кристалічна структура, точкові та протяжні дефекти, склад матеріалів, методи їх синтезу);
- *колоїдна хімія і хімія полімерів* (полімери і пластмаси, рідкі кристали та колоїдні розчини, нанооб'єкти);
- інтеграція матеріалів у біологічні системи та їх використання у медицині.

Світова тенденція розвитку матеріалів спрямована на їхнє ускладнення та набуття ними багатофункціональності шляхом створення композиційних матеріалів (литі композиційні матеріали, теплозахисні ерозійностійкі композиційні матеріали, товстоплівкові композиційні матеріали тощо)

В основу загальної класифікації матеріалів покладене їхнє розділення за походженням на *природні* і *штучні*. До перших, зазвичай, належать як неорганічні (наприклад, глини, мінерали), так і органічні (деревина, папір, шкіра, природні волокна тощо) матеріали.

За агрегатним станом матеріали поділяють на *газоподібні* (наприклад, пароводяні чи газові теплоносії, топкові гази тощо), *рідинні* (лакофарбові матеріали, мастильні матеріали) і *тверді*. Тверді матеріали — найчисельніша група — можуть бути як кристалічними

(наприклад, оптичні матеріали, метали тощо), так і аморфними (синтетичні смоли, скло, пластмаси); більшість твердих матеріалів є багатокомпонентними і багатофазовими.

До нетрадиційних у матеріалознавстві належить класифікація за типом хімічного зв'язку, що домінує у матеріалі або визначає його властивості: ковалентні, металічні, іонні, Ван дер Ваальсові, водневі тощо.

Серед найпоширеніших матеріалів — метали та сплави, зокрема, залізобуглецеві сплави (сталі й чавуни), феросплави, сплави алюмінію, золота, магнію, міді, молібдену, нікелю, кобальту, титану, хрому, цирконію тощо.

За призначенням і корисними властивостями виділяють абразивні матеріали, антифрикційні матеріали, фрикційні матеріали, будівельні матеріали, зварювальні матеріали, зносостійкі матеріали, інструментальні сталі, інгібітори корозії та інгібовані матеріали, розумні (інтелектуальні, функціональні) матеріали, конструкційні матеріали, лакофарбові матеріали, легкоплавкі матеріали, люмінофори, магнітні матеріали, магнітоелектричні матеріали, матеріали градієнтні, матеріали електретні, матеріали електроізоляційні, матеріали електропровідні, матеріали емісійні, метаматеріали, надпровідники, напівпровідники (зокрема й магніторозчинені напівпровідники), надлегкі матеріали, надтверді матеріали, наплавлювальні матеріали, немагнітні матеріали, оптичні матеріали, п'єзоелектричні та сегнетоелектричні матеріали, піроактивні матеріали, радіаційностійкі матеріали, радіопрозорі матеріали, резистивні матеріали, твердоелектролітні матеріали, термоелектричні матеріали, триботехнічні матеріали

У техніці під металами розуміють як технічно чисті метали, так і їхні сплави.

Застосування металів потребує знання їхніх механічних, фізичних і технологічних властивостей. Вони залежать не тільки від складу металевих матеріалів, а й від їхньої будови (структури). Тому, змінюючи будову металів термічною чи механічною обробкою, можна значно змінити і їхні властивості. Вивчення зв'язків між складом, будовою, обробкою і властивостями металевих матеріалів є завдання металознавства. Знання цих залежностей необхідні при проектуванні металевих заготовок і їх обробки.

Кристалічні решітки металів. Усі метали в твердому стані мають кристалічну будову. Розташування атомів (іонів) у кристалічній речовині звичайно зображують у вигляді елементарних комірок, яка є найменшим комплексом атомів. Багаторазове повторювання її відображає розташування атомів в об'ємі всієї речовини, тобто її кристалічну решітку.

Найхарактернішими для металів є три типи кристалічних комірок:

- об'ємцентрована кубічна (ОЦК) з розміщенням атомів у вершинах і одного атома у центрі об'єму куба (рис. 1,а);
- гранецентрована кубічна (ГЦК) з розміщенням атомів у вершинах і в центрі кожної грані куба (рис. 1,б);
- гексагональна щільноупакована (ГЩУ) з розміщенням атомів у вершинах і в центрі шестикутних основ призм і трьох атомів усередині призми (рис.1,в).

У системі ОЦК, наприклад, кристалізуються Fe, Nb, Cr, Mo, W; у системі ГЦК – Cu, Ni, Pd, Ag; у системі ГЩУ – Mg, Zn, Ti, Cd та ін.

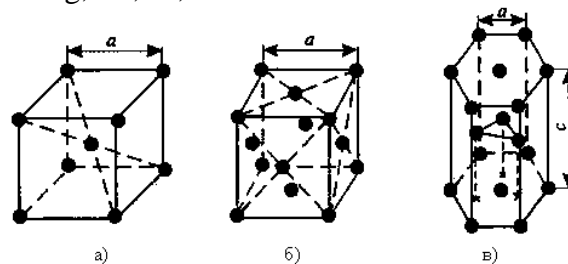


Рис. 1. Основні типи кристалічних комірок: а – об'ємцентрована кубічна; б – гранецентрована кубічна; в – гексагональна щільноупакована.

Поліморфізм металів. У деяких металів (Fe, Sn, Ti) при зміні температури відбувається перебудова атомів у просторі, тобто змінюється форма кристалічної решітки.

Існування однієї і тієї самої речовини в різних кристалічних формах (модифікаціях) називається **поліморфізмом**, а перехід з однієї модифікації в іншу – **поліморфним перетворенням**.

При поліморфних перетвореннях змінюється не тільки будова кристалічної решітки металу, а і його властивості – об'єм, пластичність, здатність розчиняти в собі різні домішки тощо.

Поліморфізм металів має велике практичне значення, оскільки він багато в чому визначає поведінку і властивості металів при механічній і термічній обробці, легуванні та роботі в умовах низьких і високих температур.

Анізотропія властивостей кристалів. У різних кристалографічних площинах, проведених через центри атомів у кристалічних решітках, число атомів і відстані між ними неоднакові. У зв'язку з цим властивості монокристалів у різних напрямках неоднакові. Таке явище називається **анізотропією**.

Анізотропія виявляється в неоднаковості опорів монокристала електричного струму і швидкості розчинення в хімічних реактивах, у відмінності механічних властивостей. Наприклад, міцність зразків, вирізаних у різних напрямках з монокристалку міді, відрізняється приблизно в 3 рази, а пластичність – більше ніж у 5 разів.

Реальні метали є тілами полікристалічними, тобто складаються з великої кількості порізного орієнтованих у просторі кристалів (зерен). Тому властивості таких металів у будь-якому напрямку усереднені, однакові. Проте в тих випадках, коли обробка металів сприяє переважному орієнтуванню окремих кристалів (наприклад, при прокатуванні, куванні), полікристалічні метали стають також анізотропними. Так, міцність зразків, вирізаних з листа вздовж і впоперек напрямку прокатування, різні.

Дефекти кристалічної будови. Кристалічна будова, яку було описано вище, є ідеальною. Насправді ж вона має багато дефектів – точкових, лінійних і поверхневих.

Точкові дефекти (рис. 2,а) характеризуються малим розміром у всіх трьох вимірах. До цих дефектів належать вакансії – вільні вузли **1** у кристалічній решітці, атоми **2**, зміщені в простір між вузлами, і атоми **3** домішок.

Лінійні дефекти мають малий розмір в двох вимірах. Основний вид цих дефектів – це дислокації. На рис. 2,б подано так звану крайову дислокацію **4**, яка становить край “зайвої” кристалографічної півплощини. При іншому характері зміщенні атомів може утворитися складніша дислокація – гвинтова. Дислокації утворюються в процесі твердіння і особливо деформації металу.

Поверхневі дефекти мають малий розмір в одному вимірах.

Дефекти кристалічної будови, зокрема дислокації, відіграють велику роль у пластичній деформації, зумовлюючи значні зміни у властивостях металів. Точкові дефекти виявляються в процесах, пов'язаних із переміщенням (дифузійною) атомів.

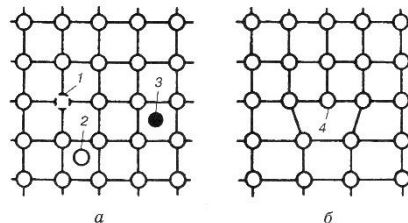


Рис. 2. Дефекти кристалічної будови металів