

А. М. Верховлюк, В. Л. Лахненко, С. В. Гнилокурєнко

Литі сплави

ЛИТІ СПЛАВИ – складні речовини, одержувані поєднанням простих елементів, з яких щонайменше один є металом і надає всьому комплексу металеві властивості. Заг. властивості сплавів суттєво залежать від будови та індивідуал. особливостей компонентів, хім. взаємодії між ними і взаєм. розчинності. Металів, які абсолютно нерозчинні один в одному в твердому стані, немає, тому їх вважають нерозчинними, якщо взаємна розчинність не перевищує сотої долі відсотка. Відповідно до властивостей сплавів розглядають 3 осн. системи: мех. суміші, тверді розчини та інтерметаліди (див. [Інтерметаліди та матеріали на їхній основі](#)). Мех. суміші складаються з суміші окремих кристалів компонентів, тобто зерен невеликих монокристалів. Вони можуть бути утворені металами, які проявляють високу взаємну розчинність у розплавах, але в твердому стані не розчиняються та хімічно не взаємодіють між собою. Їх отримують при спіл. кристалізації металів, які суттєво відрізняються типом кристаліч. ґратки, напр., Pb–Sn, Pb–Sb, Cd–Bi, Sn–Zn. Т-ра кристалізації (або плавлення) таких сплавів залежить від співвідношення компонентів. Склад мікрогетероген. мех. суміші кристаліч. твердих фаз, які мають мін. температуру плавлення, називають евтектикою. Напр., для систем Pb–Sb евтектика складається з 87 % Pb ($t_{пл} = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$) і 13 % Sb ($t_{пл} = 631\text{ }^{\circ}\text{C}$); вона плавиться та кристалізується при $246\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коли у сплаві збігаються температури плавлення та кристалізації, то його називають конгруентним. Для евтектич. сплавів характерні однорідність і досить невеликі розміри кристалів, висока твердість та мех. міцність. Від цих властивостей й залежать сфери їхнього практич. використання. Тверді розчини – це системи, в кутах кристаліч. ґраток яких розміщуються по чергово атоми металів. Вони входять до складу сплаву та мають близькі параметри індивідуал. кристаліч. ґраток і необмежену взаємну розчинність як у розплавах, так і в твердому стані. Тверді розчини, як і рідкі, є фазами змін. складу, які перебувають у термодинаміч. рівновазі. Однак, на відміну від рідких розчинів, твердим властиві далекий порядок, сильніша взаємодія атомів і порівняно великий період досягнення стану рівноваги.

Процес кристалізації Л. с. супроводжується зміною енергет. стану системи та характеризується термодинаміч. функцією – т. зв. вільною енергією. Як і всі процеси, що відбуваються самовільно, кристалізація обумовлена прагненням системи до переходу в

більш стійкий стан з меншим запасом вільної енергії. Із зміною температури вільна енергія для рідкого та твердого (кристаліч.) стану змінюється по-різному. Для кожного металу існує температура, при якій вільні енергії рідкого та твердого станів рівні, вона і є теор. т-рою кристалізації. Практично ж процес кристалізації відбувається при т-рі нижче від неї. Охолодження рідкого металу нижче теор. температури кристалізації називають переохолодженням, різницю між теор. і фактич. т-рою кристалізації – ступенем переохолодження. Процес кристалізації сплавів відрізняється від процесу кристалізації чистих металів. У більшості сплавів він відбувається в інтервалі т-р T_1 – T_2 , де T_1 і T_2 – відповідно температура початку та кінця кристалізації. Процес кристалізації складається з двох елементар. процесів: утворення зародків (центрів кристалізації) та росту кристалів з них. Відповідно швидкість кристалізації обумовлюється двома величинами: швидкістю зародження центрів кристалізації та швидкістю росту кристалів. Процес кристалізації Л. с. залежно від умов тепловідводу можливий: в об'ємі; за механізмом спрямованої кристалізації (утворення плоского фронту кристалізації); при поєднанні цих двох процесів. Об'ємна кристалізація супроводжується формуванням об'єм. усаджув. пористості в литві та зниженням ступеня ліквідації. неоднорідності. При кристалізації з плоским фронтом процес утворення об'єм. усаджув. пористості стримується, але розвиваються явища ліквідації. Зміна меж розчинності елементів у твердому розчині та наявність у складі сплавів компонентів, що мають алотропічні перетворення, обумовлює протікання вторин. кристалізації в процесі охолодження сплавів від т-р кристалізації. Для вторин. нерівноваж. кристалізації твердого розчину порушення рівноваги визначається запізненням дифуз. процесів у вихід. фазах і фазах, що утворюються. Регулюючи швидкість охолодження, можна досягти різного ступеня перетворення (розпаду) твердого розчину, аж до повного пригнічення цього процесу. Наявність явища запізнення дифуз. процесів при вторин. кристалізації дозволяє формувати необхідну структуру та рівень властивостей, застосовуючи до Л. с. термічне оброблення.

Більшість Л. с. на основі заліза побудовано на базовій системі залізо–вуглець. Осн. сплави цієї системи – чавуни та сталі – найважливіші метал. Л. с. для сучас. техніки. Кристалізація чавуна, який найчастіше застосовують у металургії та машинобудуванні, на відміну від сталі характеризується евтектич. перетворенням. На практиці вміст вуглецю в чавунах зазвичай становить від 2,5 до 4,3 %. Залежно від складу, умов кристалізації та швидкості охолодження вуглець в чавуні може перебувати в структурно вільному стані у вигляді графіту (сірий чавун), у хімічно зв'язаному стані у вигляді карбідів (білий чавун) або частково у вільному та частково зв'язаному стані (половинчастий чавун). Форма графіту в структурі чавуну буває пластинчастою (сірий чавун), пластівчастою (ковкий чавун), вермикулярною та кулястою (високоміц. чавун). Структура метал. основи сірих чавунів може бути феритною, перлітною, бейнітною або поєднувати ці структури в різному співвідношенні. Білі чавуни за типом карбиду поділяються на нелеговані (карбід у вигляді

цементиту Fe_3C) і леговані, в структурі яких формуються карбіди $(Fe,Cr)_7C_3$, $(Fe,Cr)_{23}C_6$ або спец. карбіди типу $MeXCu$, які складаються з карбідоутворюючих легуючих елементів. Литі сталі зазвичай містять вуглець у межах 0,12–0,75 %, окремі марки – 1,6 % і більше. У комплекс [легування](#), що використовується для підвищення властивостей литих сталей, входять хром, нікель, молібден, ванадій, мідь, марганець, кремній та ін. За рівноваж. структурою виділяють сталі: доевтектоїдні (мають у структурі надмірний ферит), евтектоїдні (мають перлітну структуру), заевтектоїдні (мають у структурі надлишкові, або вторинні карбіди), ледебуритні (мають у структурі первинні карбіди, які виділилися з рідини при кристалізації). За структурою після охолодження сталі розрізняють перлітні, мартенситні та аустенітні. Поліморфне перетворення заліза обумовлює різноманіття та особливості структуроутворення метал. основи та карбід. фази при кристалізації та подальшому терміч. обробленні литих сталей і чавунів.

Л. с. на основі кольор. металів. Алюмінієві Л. с. характеризуються великою різноманітністю складів і структур. Найпоширеніші Л. с. алюмінію з кремнієм (силуміни). У їхній мікроструктурі наявні евтектика з голчастою структурою і первинні кристали α -твердого розчину на основі алюмінію або $b(Si)$ залежно від положення сплаву щодо евтектич. складу. Силуміни бувають подвійними (на основі системи $Al-Si$) і багатокомпонентними (на основі базових систем $Al-Si-Mg$, $Al-Si-Cu$ і $Al-Si-Mg-Cu$). Л. с. алюмінію з міддю, на відміну від силумінів, не містять у структурі евтектики або мають невелику кількість евтектич. складової $\alpha-Al + CuAl_2$. Алюмінієво-мідні сплави за ливар. властивостями поступаються звичай. силумінам, однак після термооброблення мають більш вищі мех. характеристики та вирізняються жароміцністю. Л. с. алюмінію з магнієм – найміцніші серед алюмінієвих сплавів. Вони мають високу короз. стійкість і найменшу густину порівняно з ін. алюмінієвими сплавами. Однак за ливар. характеристиками значно поступаються силумінам, їм властиві мала рідкоплинність і схильність до утворення ливар. пухкості. Л. с. на основі міді представлено двома осн. групами – латунями та бронзами. До латуней відносять сплави міді з цинком (до 45 %), при цьому в литому вигляді зазвичай використовуються латуні з вмістом цинку до 35 %. За структур. ознакою поділяються на одно- (α -латуні) та двофазні ($\alpha+b$ -латуні). Залежно від виду (комплексу) та ступеня легування латуні утворюють підгрупи за видом додатк. легуючого елемента – свинц., олов'яні, алюмінієві та ін. Бронзи – сплави міді з ін. елементами. Існують олов'яні, свинц., алюмінієві, кремнієві, марганц., берилієві та ін. бронзи. Структура литої олов'яної бронзи складається з дендритів твердого розчину α і евтектоїда $\alpha + Cu_{31}Sn_8$. У структурі свинц. бронз присутні зерна міді та включення свинцю, який практично не розчиняється в міді. Для алюмінієвої бронзи характерна наявність в структурі твердого розчину α і евтектики $\alpha + \gamma$; γ -фаза – хім. сполука $CuAl_2$. Олов'яна бронза вирізняється меншим коефіцієнтом усадження; алюмінієві та кремнієві мають вищі показники міцності; у алюмінієвої бронзи (порівняно з олов'яною) вища хім. стійкість. Найкраща рідкоплинність властива

кремнієцинк. бронзі.

Рекомендована література

1. див. Ливарні сплави.

Бібліографічний опис:

Литі сплави / А. М. Верховлюк, В. Л. Лахненко, С. В. Гнилоскуренко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-55241>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).