

Лекція 11

АЛЮМІНІЙ, МІДЬ ТА СПЛАВИ НА ЇХ ОСНОВІ.

1. Мідь та її сплави.

Латуні

Бронзи

2. Алюміній та його сплави.

Ливарні

Деформовані

1. Мідь та її сплави.

Мідь - метал червоного кольору з гранецентрованою кубічною ґраткою ГЦК, температурою плавлення 1083°C . Питома вага міді - $8,94 \text{ г/см}^3$. У литому стані міцність міді ($\sigma_{\text{в}}$) становить 150 - 200 МПа, пластичність (δ) - 15-20 %, у гарячедеформованому стані - $\sigma_{\text{в}} = 240 \text{ МПа}$, $\delta = 45 \%$. Мідь має високу корозійну стійкість в атмосферних умовах, у прісній і морській воді та інших агресивних середовищах, але низьку стійкість проти сірчаних газів та аміаку. Мідь легко оброблюється тиском, але погано різанням та має невисокі ливарні властивості через велику усадку. Мідь погано зварюється, але легко паяється. Чиста мідь має найбільшу (після срібла) електро- і теплопровідність. Мікроструктура деформованої і відпаленої міді складається з рівновісних зерен з наявністю двійників.

Структура та властивості міді істотно залежать від присутності домішок. *Кисень* з міддю утворює закис міді Cu_2O та підвищує крихкість. При вмісті кисню 0,39 % утворюється крихка подвійна евтектика ($\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$), яка виділяється на границях зерен міді. Під мікроскопом Cu_2O виявляється у вигляді світлих включень.

Сірка практично нерозчинна в міді і при температурі 1067°C утворює крихку евтектику. Вона різко знижує пластичність міді при деформуванні в холодному стані, але покращує обробку різанням.

Свинець утворює з міддю легкоплавку евтектику, яка складається з чистого свинцю та має температуру плавлення 327°C . Свинець не призводить до холодноламкості міді, як вісмут, але через низьку температуру плавлення евтектики викликає червоноламкість.

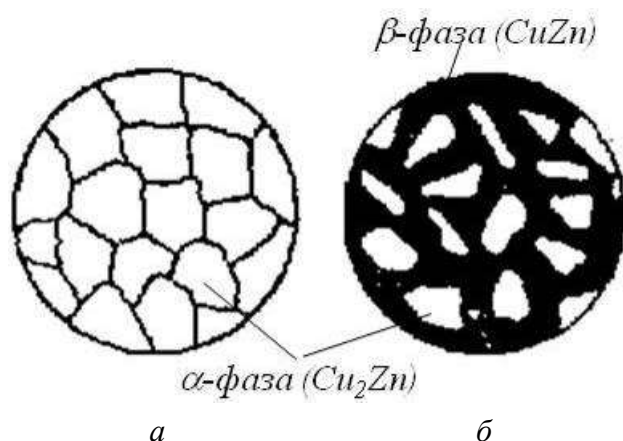
Застосовується мідь як провідниковий матеріал в електротехнічній промисловості та інших галузях народного господарства. Випускається у вигляді напівфабрикату: листа, прутка, смуги, труби та дроту. Маркують мідь залежно від наявності в ній домішок:

M00 – $\text{Cu} > 99,97\%$; M0 - $\text{Cu} > 99,95 \%$; M1 - $\text{Cu} > 99,9 \%$; M2 - $\text{Cu} > 99,8 \%$; M3 - $\text{Cu} > 99,7 \%$; M4 - $\text{Cu} > 99,6$; M5 - $\text{Cu} > 99,5$ та ін.

Латуні - це подвійні або багатокомпонентні сплави міді, у яких основним легуючим елементом є цинк (до 45 %). При вмісті цинку більше 45% в латуні знижується міцність і зростає крихкість. Вміст інших легуючих елементів у спеціальних латунях не перевищує 7-9 %.

При вмісті цинку до 39 % формується однофазна латунь. Структура такої латуні складається з однорідного твердого розчину цинку в міді (α -фаза) α – латуні (рис. 102, *a*). Зі збільшенням вмісту цинку з'являється друга фаза, що являє собою твердий розчин цинку в електронному з'єднанні Cu_2Zn і β -фазою (твердий розчин на базі з'єднання CuZn , ОЦК гратка) з електронним типом зв'язку ($3/2$ =число електронів/число атомів)), яка є твердою і крихкою структурною складовою.

Такі домішки, як вісмут і сурма є шкідливими та викликають червоноламкість латуней.



Структура латуней, що містять цинку від 39 до 45%, буде складатися з твердого розчину цинку в міді (α - фаза), оточеного твердим розчином CuZn (β - фаза) (рис. 1, *б*). Іноді двофазні латуні називають $\alpha + \beta$ -латунями. Наявність у структурі міцнішої і твердішої β - фази сприяє підвищенню міцності латуні, проте різко знижує її пластичність.

Рис.1. Структура латуней з вмістом цинку до 39% (*a*) та від 39 до 45 % (*б*)

Маркують латуні літерою Л, після якої цифрою вказують вміст міді у відсотках (наприклад, сплав Л62 містить 62 % Cu і 38 % Zn). Якщо у складі латуні окрім міді і цинку є ще інші елементи, то для їхнього позначення після літери Л пишуть початкові літери назв цих елементів (О - олово, С - свинець, Ж - залізо, Ф - фосфор, Н-нікель, А-алюміній). Процент вмісту кожного з цих елементів показують відповідні цифри, які стоять після кількісного показника міді в латуні. Наприклад, сплав ЛАЖ60-1-1 містить 60 % Cu, 1 % Al, 1 % Fe і 38%Zn.

Для покращення властивостей латуней їх легують елементами, які сприяють наступному впливу:

- алюміній, олово і нікель підвищують міцність, твердість і корозійну стійкість, але алюміній ускладнює паяння;
- нікель і марганець збільшують міцність і корозійну стійкість латуней;
- свинець поліпшує антифрикційні властивості і оброблюваність різанням, але одночасно надає крихкість однофазним латуням при підвищених температурах.

Латуні діляться на ливарні та деформовані. Ливарні латуні призначені для виготовлення виробів шляхом фасонного литва. Деформовані латуні випускаються у вигляді дроту, прутка, стрічки, смуги, листа, труби та інших прокатаних та пресованих виробів.

Деформовані латуні використовуються у наступних галузях:

- Л90, Л80 для виготовлення деталей трубопроводів, фланців;

- Л68 - теплообмінна апаратура, що працює при 250°C;
 - ЛА77-2, ЛО70-1, ЛН 65-5, ЛО62-1 (корозійностійкі морські латуні) – деталі для роботи у морської воді, наприклад, конденсаторні та манометричні трубки.

З ливарних латуней виготовляють наступні вироби:

- ЛС59-1Л - втулки, арматура, фасонне литво;
- ЛС63-3 - антифрикційні деталі, підшипники, втулки;
- ЛМцЖ55-3-1 - теплообмінна апаратура, що працює при 300°C;
- ЛА67-2,5 - корозійностійкі деталі;
- ЛАЖ-60-1-1 - черв'ячні гвинти, що працюють у важких умовах.

Бронзи - це сплави міді з оловом, алюмінієм, марганцем, кремнієм, берилієм, свинцем, окрім цинку. Залежно від основного легуючого елемента, бронзи називають олов'янистими, алюмінієвими, берилієвими та ін. Для підвищення механічних властивостей бронзи легують Fe, Ni, Ti, Zn, P, для підвищення корозійної стійкості - Mn, пластичності - Ni, міцності - Fe, оброблюваності різанням - Pb.

Маркуються бронзи наступним чином: літери Бр. означає «бронза», наступні літери вказують на наявність легуючих елементів - О - олово, Мц - марганець, Ж - залізо, Ф - фосфор, Б - берилій, Ц - цинк, А - алюміній, С - свинець, тощо. Після цього цифрами вказують середній вміст елементів у відсотках (вміст міді цифрами не вказують). Наприклад, бронза марки Бр.ОФ10-1 має наступний хімічний склад: Sn = 10%, P = 1, Cu - решта (89%); БрОЦ4-3 означає, що бронза містить 4 % олова і 3 % цинку, решта - мідь; БрОЦС5-5-5 - бронза містить олова, цинку і свинцю по 5 %, решта - мідь.

Маркування іноземних бронз наведено у додатку Д.17

Бронзи мають високу корозійну та антифрикційну стійкість, добре працюють в умовах тертя та обробляються різанням, у промисловості використовуються *олов'янисті бронзи* із вмістом олова до 14 %, які складаються з однорідного твердого розчину олова і міді та мають високі механічні властивості. При вмісті олова понад 5 % бронзи стають більш схильними до дендритної ліквідації, у зв'язку із значним температурним інтервалом між лініями ліквідус і солідус, що доводить до зниження їх пластичності.

Якщо олов'янисту бронзу піддати дифузійному відпалу при температурах 700 - 750° С, то відбудеться вирівнювання хімічного складу і структура являтиме собою однорідний твердий розчин.

Одним з характерним представником олов'янистих бронз є бронза марки Бр.О10, що містить до 10% олова, структура якої складається з α -фази (твердий розчин атомів олова у кристалічній ґратці міді) і евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ у вигляді світлих ділянок.

Олов'яністі бронзи мають високі механічні, пружні і антифрикційні властивості, добре обробляються різанням та ллються.

Для покращення властивостей олов'яністі бронзи легують Zn, P, Pb, Ni та іншими елементами. Цинк покращує технологічні властивості бронзи і

робить її дешевшою. Фосфор покращує її рідкотекучість, міцність, пружність і антифрикційні властивості.

Нікель підвищує механічні властивості, корозійну стійкість та щільність зливків і зменшує ліквідацію.

Із олов'янистих бронз виготовляють вкладиші та підшипники ковзання (Бр.О10, Бр.ОФ10-1, Бр.ОЦС5-5-5), арматуру (клапани, задвижки, крани), що працює на повітрі, у воді, оливі, паливі й парі під тиском до 25 атм. (Бр.ОЦН7-5-1, Бр.ОЦС5-5-5), зубчасті колеса (Бр.ОЦС5-5-5), стрічки, штаби, дріт діаметром 0,1-12 мм.

Основним недоліком олов'янистих бронз є їх висока вартість. Для заміни олов'янистих бронз використовують безолов'яні бронзи, які містять алюміній, свинець, марганець, берилій, кремній, залізо та сполуки цих металів.

Алюмінієві бронзи, з вмістом алюмінію від 4 до 11%, використовують, як замітники олов'янистих. Вони мають високу корозійну стійкість, механічні та технологічні властивості. Алюмінієві бронзи добре обробляються тиском в гарячому стані, а при вмісті алюмінію до 8% - і в холодному. При вмісті алюмінію до 9,8% бронзи мають однофазну структуру твердого розчину атомів алюмінію у кристалічній ґратці міді (α -фаза). При вмісті алюмінію від 9,8 до 16% окрім α – твердого розчину утворюється ще й евтектоїд.

Бронзи, що містять від 9 до 11% алюмінію, а також залізо, нікель, марганець, зміцнюються термічною обробкою та піддаються загартуванню та відпуску. Наприклад, бронза Бр.АЖН10-4-4 після гартування з 980 °С та відпуску при 400 °С підвищує твердість з 200 до 400 НВ.

З алюмінієвих бронз виготовляють пружини, поковки, арматуру, черв'ячні та зубчасті колеса, втулки, трубки, стрічки, штаби, прутки діаметром 16-120 мм, монети тощо. Наприклад, з бронзи Бр.АЖ9-4 виготовляють арматуру трубопроводів для різних середовищ (крім морської води), Бр.АМц9-2Л - деталі, що працюють у морській воді (гвинти, лопасті), Бр.АМц10-2 - підшипники ковзання.

Свинцеві бронзи (Бр.СЗО) відрізняються високими антикорозійними властивостями та теплопровідністю (в чотири рази вища, ніж олов'янистих бронз). Мідь зі свинцем утворює просту механічну суміш без формування твердих розчинів і хімічних сполук. Структура свинцевої бронзи складається із зерен міді (тверда і досить пластична структурна складова - світлий фон) і темних включень свинцю, переважно розташованих по границях зерен (м'яка структурна складова).

Застосовують їх для підшипників з великими питомими навантаженнями.

Як сплави для вкладишів підшипникових механізмів, працюючих з великими швидкостями і при підвищеному тиску, застосовується свинцева бронза із вмістом свинцю близько 30%.

Марганцевисті бронзи Бр.Мц5 мають порівняно невисокі механічні властивості, але високу пластичність і стійкість проти корозії, а також зберігають механічні властивості при підвищених температурах.

Берилієві бронзи після термічної обробки мають високі механічні властивості, наприклад Бр.Б2 має міцність 1250 МПа, твердість 350НВ і високі корозійну та теплостійкість. З берилієвих бронз виготовляють пружини, пружинні контакти приладів та деталі особливо відповідального призначення.

Кремністі і кремній-маргенцевисті (Бр.КН1-3, Бр.КМц3-1) бронзи застосовують як замітники дорогих берилієвих бронз.

[На початок](#)

Алюміній та його сплави.

Алюміній - легкий метал з кубічною гранецентрованою ґраткою, не має алотропічних перетворень. Характерними властивостями алюмінію є: мала питома вага $\gamma = 2,7 \text{ г/см}^3$ – у три рази легший за сталь; висока пластичність деформованого і відпаленого алюмінію $\delta = 35\text{-}40\%$, низька твердість 25НВ, міцність $\sigma_b = 80 - 100 \text{ МПа}$; границя текучості $\sigma_T = 30 \text{ МПа}$; низька температура плавлення ($t = 660^\circ\text{C}$).

Алюміній володіє високою тепло- і електропровідністю (електропровідність відпаленого алюмінію складає близько 62 % від електропровідності відпаленої міді марки М1) та стійкістю проти атмосферної корозії, дії концентрованої азотної кислоти, повітря, забрудненого сірчистими газами і т. д. Стійкість алюмінію проти атмосферної корозії приблизно в 20 разів більша стійкості сталі. Висока корозійна стійкість алюмінію пояснюється утворенням на його поверхні щільної і міцної окисної плівки Al_2O_3 , що захищає метал від корозії. Однак алюміній легко руйнується під дією лугів, соляної кислоти і деяких інших мінеральних кислот.

Маркують алюміній літерою А та тризначним числом, яке вказує на вміст алюмінію після коми. Наприклад:

- А999 - вміст алюмінію більш 99,999 %, вміст домішок менш 0,001 %;
- А995 – Al > 99,995 %, вміст домішок < 0,005 %;
- А99 – Al > 99,99 %, вміст домішок < 0,01 %;
- А97 – Al > 99,97 %, вміст домішок < 0,03 %;
- А95 – Al > 99,95 %, вміст домішок < 0,05 %.

Використання чистого алюмінію як конструкційного матеріалу обмежене через низьку міцність і твердість.

Властивості алюмінію залежить від виду та кількості домішок.

Залізо практично не розчиняється в алюмінії і у кількості від 0,0015 до 1,1 % формує евтектику Al - Al_3Fe , яка містить 1,7% заліза. Інтерметаліди Al_3Fe існують у вигляді темних продовгуватих включень, які є концентраторами напружень в сплаві. Формування залізних сполук доводить до того, що при збільшенні кількості заліза в алюмінію знижуються його механічні властивості, корозійна стійкість і погіршується оброблюваність тиском. Тому залізо є шкідливою домішкою в алюмінієвих сплавах і тільки в деякі

алюмінієві сплави спеціального призначення вводять підвищену кількість заліза (до 1,6%), як легуючого елементу.

Кремній у кількості від 0,0015 до 1,0 % не утворює з алюмінієм інтерметалідних з'єднань. Розчинність кремнію в алюмінії при нормальних умовах дуже мала, тому в подвійних алюмінієвих сплавах кремній може зустрічатися у чистому вигляді.

Мідь в кількості від 0,001 до 0,05 % розчиняється в кристалічній ґратці алюмінію, утворюючи з ним твердий розчин заміщення. Розчиняючись в алюмінію, мідь підвищує міцність, не знижуючи його корозійної стійкості.

Марганець потрапляє в алюміній при його виплавці з використанням відходів переробних цехів. Марганець збільшує розмір зерна при відпалюванні алюмінію після деформації, що пояснюється його ліквідацією. Для зменшення цього дефекту в алюміній вводять до 0,2 % титану. Вміст марганцю не повинен перевищувати 0,03 %.

Мала питома вага, висока корозійна стійкість, високі показники питомої міцності (відношення границі міцності до питомої ваги) забезпечують широке використання алюмінієвих сплавів в техніці, як конструкційного матеріалу.

Залежно від технології виготовлення напівфабрикатів і деталей алюмінієві сплави діляться на дві групи: *ливарні* і *деформівні*, які маркуються, відповідно, літерами АЛ і АК та двозначними цифрами, які позначають номери сплавів.

Маркування ливарного іноземного алюмінію та його сплавів, за класифікацією Американського національного інституту стандартів (ANSI) і Асоціації алюмінію (AA), стандарт № H35.1, складається з чотирьохзначного числа та крапки після третього знаку (XXX.X). Перша цифра показує наступні групи сплавів: 1 (1XX.X) - Al $\geq$ 99.00%; 2 (2XX.X) – головний легуючий елемент мідь; 3 (3XX.X) – Si+Cu+Mg; 4 (4XX.X) – Si; 5 (5XX.X) – Mg; 7 (7XX.X) – Zn; 8 (8XX.X) – Sn. Дві наступні цифри в першій групі вказують на мінімальний вміст Al, а в групах 2 - 8 на номер сплаву. Цифра після коми вказує на метод отримання сплаву. 0 (XXX.0), позначає вилівка 1 (XXX.1) або 2 (XXX.2) – зливоч.

Маркування деформованого іноземного алюмінію та його сплавів, за тією же класифікацією, складається з чотирьохзначного числа (XXXX). Перша цифра показує наступні групи сплавів: 1 (1XXX) - Al $\geq$ 99.00%; 2 (2XXX) – головний легуючий елемент мідь; 3 (3XXX) - Mn; 4 (4XXX) – Si; 5 (5XXX) – Mg; 6 (6XXX) – Mg+Si; 7 (7XXX) – Zn; 8 (8XXX) – інші елементи. Друга цифра, у випадку першої групи вказує на спеціальний контроль домішок, а в групах 2 - 8 на номер сплаву. Дві останні цифри в першій групі вказують на мінімальний вміст Al, а в групах 2 - 8 на модифікування сплаву (0- вихідний сплав без модифікування).

До ливарних належать сплави алюмінію з кремнієм, міддю та магнієм. Хімічний склад та властивості ливарних алюмінієвих сплавів показані в таблиці 17.

Найбільш поширеними в машинобудуванні ливарними сплавами є *силуміни* - сплави алюмінію з кремнієм ($\text{Si} = 4 - 14\%$), подвійні і більш складні, для яких характерні малі температурні інтервали кристалізації (нуль для евтектичного складу) і високі ливарні властивості. Для фасонного литва застосовують також сплави на основі $\text{Al} - \text{Cu}$; $\text{Al} - \text{Mg}$; $\text{Al} - \text{Si} - \text{Mg}$; $\text{Al} - \text{Si} - \text{Cu}$.

Силуміни відзначаються високою рідкотекучістю, малою лінійною усадкою ($0,9 - 1,2\%$) й низькою схильністю до утворення тріщин. До складу більшості марок силумінів, крім кремнію, як основного легуючого елемента, входять марганець ($0,2 - 0,6\%$), магній ($0,2 - 0,55\%$), а також титан ($0,1 - 0,3\%$). Розчиняючись в алюмінії, легуючі елементи збільшують міцність і твердість силумінів. Водночас марганець підвищує антифрикційні властивості, а титан виконує роль модифікатора.

Для покращення механічних властивостей силумінів, до рідкого розчину сплаву перед його розливанням додають невелику кількість натрію ($0,01 - 0,02\%$) у сполуках $\text{NaF} + \text{NaCl}$, який подрібнює їх структуру. Процес штучного зменшення розмірів і регулювання форми кристалів називається модифікуванням.

Структура силумінів складається із твердого розчину кремнію в алюмінії (α фаза - світлі ділянки) і евтектики $\alpha + \text{Si}$, яка формується при вмісті кремнію $11,6\%$. Кремній в евтектиці не модифікованого силуміну має вигляд прямих ліній, але після модифікування натрієм відбувається суттєве подрібнення структури силумінів. Найбільш поширено використовуються силуміни марок АЛ2, АЛ6 і АЛ9.

Сплав АЛ2 з вмістом кремнію від 10 до 13% є близьким до евтектичного. Структура доевтектичного сплаву АЛ2 ($\text{Si} < 11,6\%$) складається з евтектики і невеликої кількості надлишкової α - фази, заевтектичного ($\text{Si} > 11,6\%$) – з евтектики ($\alpha + \text{Si}$) та кристалів твердого розчину α . Сплав АЛ2 термічний обробці не піддається.

Силуміни використовують для виготовлення мало- й середньонавантажених литих деталей, часто складної конфігурації.

Для покращення механічних властивостей силуміни легують міддю, магнієм і марганцем (табл. 17).

Сплав АЛ6 — низькокремнистий силумін легований міддю. Мікроструктура сплаву АЛ6 складається з кристалів α -твердого розчину, подвійної та потрійної евтектики. З мідних силумінів виготовляють корпуси компресорів, головки та блоки циліндрів автомобільних двигунів.

Сплав АЛ9 - низькокремнистий силумін ($6,0-8,0\% \text{Si}$) з добавками магнію. Основою магнієвих силумінів є система $\text{Al} - \text{Si} - \text{Mg}$. Основними структурними складовими є первинні кристали α з подвійною евтектикою $\alpha + \text{Si}$, а також вторинні кристали Mg_2Si , що виділяються з твердого розчину. При нерівноважній кристалізації виділяється також потрійна евтектика. Сплав АЛ9 піддається загартуванню і старінню. У структурі загартованого сплаву присутні скоагульовані частинки кремнію евтектичного походження і

компактні включення нерозчинної складової (Al, Mn, Fe, Si). Силіцид Mg_2Si повністю переходить у α -твердий розчин і забезпечує зміцнення сплаву при наступному старінні.

Термічна обробка сплавів АЛ6 і АЛ9 полягає у гартуванні та старінні до максимальної твердості.

До *алюмінієвомідних ливарних сплавів* відносяться сплави АЛ7 і АЛ12.

До *алюмінієвомагнієвих ливарних сплавів* відноситься сплав АЛ8, який називають магналієм. Сплав АЛ8 має високу механічну міцність порівняно з іншими алюмінієвими ливарними сплавами, найменшу питому вагу, високі антикорозійні властивості, але відносно ливарних властивостей, він поступається іншим сплавам. Старіння для цього сплаву шкідливе, оскільки після старіння різко знижується пластичність і корозійна стійкість. Для виливок будівельних конструкцій рекомендується застосовувати сплав марки АЛ8, що містить від 10 до 12% магнію.

Залежно від способу підвищення механічних властивостей, *алюмінієві деформовані сплави* поділяються на: сплави, що не зміцнюються термічною обробкою, та сплави, що зміцнюються термічною обробкою.

До алюмінієвих деформованих сплавів, що не зміцнюються термообробкою, належать сплави алюмінію з марганцем і магнієм.

Вміст марганцю в *алюмінієво-марганцевих* сплавах не перевищує 1,6%. При вмісті марганцю до 0,3% він знаходиться тільки в твердому α - розчині. При більшій кількості він частково (до 0,3%) буде знаходитися в твердому α - розчині та частково у вигляді інтерметалідного з'єднання $Al_6(Mn,Fe)$, що не розчиняється в алюмінію.

Вміст магнію в *алюмінієво-магнієвих* деформованих сплавах коливається від 2 до 7%. При вмісті магнію в сплаві понад 1,4% він знаходиться частково у твердому розчині та частково у вигляді інтерметалідних з'єднань Al_3Mg_4 і Al_3Mg_2 , які розчиняються в алюмінію з підвищенням температури. Евтектика в Al - Mg сплавах утворюється при температурі 448 °C та вмісту $Mg = 17,4\%$.

Al – Mg сплави мають невисоку міцність, високу пластичність і корозійну стійкість, але міцність зварних з'єднань алюмінієво-магнієвих сплавів досягає 92- 97% міцності основного металу, а відносна міцність порівняно зі сталлю марки Ст. 3 становить 1,9; з легованою сталлю марки 15ХСНД – 1,38; марки 10ХСНД – 1,17.

Сплави, що містять магнію більше 3%, можуть зміцнюватися шляхом термічної обробки, але ефект від зміцнення буде невеликий. Більш ефективно зміцнення цих сплавів досягається шляхом холодної обробки тиском (наклепування, нагартування).

Зі сплавів, що деформуються шляхом гарячої або холодної обробки тиском, виготовляють різні профілі (кутники, таври, двотаври, тощо), листи, дріт, труби, плити, що широко застосовуються в будівництві та техніці для виготовлення різних конструкцій, а також напівфабрикати для різних деталей машин.

Структура *алюмінієвих деформованих сплавів, що зміцнюються термічною обробкою*, у рівноважному (відпаленому) стані складається з твердого розчину легуючих елементів в алюмінії і частинок вторинних фаз, що розчиняються в алюмінії з підвищенням температури та виділяються при охолодженні або старінні.

Термічна обробка деформованих алюмінієвих сплавів полягає в загартуванні та старінні. Гартування ґрунтується на існуванні змінної розчинності міді, магнію і деяких інших елементів (Cu, Mg, Si та ін.) у твердому алюмінії при підвищенні температури. Метою гартування є одержання пересиченого твердого розчину декількох легуючих елементів (міді, магнію, кремнію та інших) в алюмінію.

Загартування алюмінієвих сплавів полягає в нагріванні їх до температури, при якій легуючі елементи цілком або частково розчиняються в алюмінію, витримуванні при цій температурі і швидкому охолодженні до низької температури (10-20°C). Значна пересиченість твердих розчинів обумовлює їх нестабільність і розпад з виділенням вторинних фаз при старінні, які зміцнюють алюмінієвий сплав.

До алюмінієвих деформованих сплавів, що зміцнюються термообробкою, в основному, відносяться сплави на Al - Mg - Si, Al - Cu - Mg і Al - Cu - Mg - Zn основах.

Сплави *алюміній - магній - кремній* з додаванням міді, марганцю, хрому називають *авіалями*. До них відноситься сплав марки АК5. Після охолодження в цих сплавах відбувається розпад твердого розчину з утворенням фази Mg_2Si та невеликих кількостей θ фаз (Al_2Cu) і Al_6Mn . Основною зміцнюючою фазою в сплаві є фаза Mg_2Si .

Алюміній - магнієво - кремнієві сплави гартують від температур 515 - 525°C з наступним природним або штучним, при 150-160 °C, старінням. Після старіння протягом 6 годин сплави мають максимальну міцність.

Сплав АК5 добре зварюється, кується та штампується. Застосовується для виготовлення деталей складної конфігурації, яким потрібна висока пластичність в холодному і гарячому стані.

Сплави *потрійної системи алюмінієво - мідно - магнієві*, з добавками марганцю та кремнію, називаються *дюралюмініями*. Ці сплави добре поєднують міцність і пластичність. Головними легуючими елементами дюралюмініїв є мідь і магній.

Сплав Д1 після кристалізації має структуру, що складається з первинних кристалів α -твердого розчину та світлих включень евтектичного походження, що утворюють своєрідну сітку. Кількість евтектичної складової тим більша, чим більший вміст міді та магнію в сплаві. *Сплав Д16* відрізняється від Д1 більш високим вмістом магнію.

Структура сплаву після відпалювання подібна до структури, отриманої після лиття: α - твердий розчин з включеннями вище перерахованих фаз. Після гартування у воді α - твердий розчин і включення різних нерозчинних в алюмінію, при нагріванні, фаз (сполуки заліза і марганцю).

Після старіння сплав Д16 не відрізняється від сплаву Д1 і складається з зерен α -твердого розчину і включень нерозчинних фаз.

Дюралюміній марок Д1, Д6, Д16 рекомендується застосовувати для несучих клепаных конструкцій, споруд і будівель (арки, ферми, балки, а також для елементів конструкцій, що суміщують функції захисних і несучих конструкцій (покрівельні панелі, каркаси панелей для стін, підвісні стелі тощо). Дюралюміній марки Д1 рекомендується застосовувати для елементів конструкцій середньої міцності; Д6, Д16 - для силових елементів конструкцій.

Дюралюміній та інші високоміцні термічно оброблені сплави, окрім авіацій, не рекомендується зварювати у відповідальних конструкціях, оскільки при зварюванні відбувається значне зниження міцності біля шовної зони внаслідок відпалювання. Зварювання можна застосовувати тільки в тих конструкціях, в яких зварні шви знаходяться у малонавантажених зварних зонах.

Жароміцні алюмінієві сплави системи: алюміній - мідь - магній – нікель - залізо. До цієї групи сплавів належать сплави марок АК2 і АК4 та ін.

Жароміцні сплави гартують у воді з подальшим штучним старінням.

З жароміцних алюмінієвих сплавів виготовляють поршні, головки циліндрів, крильчатки, лопатки та диски компресорів турбореактивних двигунів тощо, для роботи при температурах до 350°C.

[На початок](#)