

## Основні поняття про кольорові метали і сплави

### 1. Титан та його сплави

**Титан** - сріблясто-сірий метал з температурою плавлення 1672 °С, з малою питомою вагою ( $\rho=4,5 \text{ г/см}^3$ ) і високою корозійною стійкістю належить до перехідних металів четвертої групи періодичної системи елементів. Механічні властивості технічно чистого титану (марки ВТ1-0, ВТ1-00, ВТ1-1) знаходяться на рівні властивостей звичайних конструкційних сталей. З нього виготовляють катані і пресовані труби, лист, дріт, поковки. Він добре зварюється, має високі механічні характеристики, корозійну стійкість і жароміцність, але важко обробляється різанням, має низькі антифрикційні властивості.

Залежно від структури у рівноважному стані титанові сплави поділяють на  $\alpha$ -сплави (однофазні) і  $\beta$ -сплави (двофазні). Так, основними промисловими сплавами титану зі структурою  $\alpha\beta$  є ВТ5, ВТ8. За технологічним призначенням їх поділяють на ливарні й такі, що піддаються деформуванню.

За міцністю титанові сплави поділяють на три групи:

- низької міцності 300...700 МПа (ВТ1);
- середньої 700... 1000 МПа (ВТ3, ВТ4, ВТ5);
- високої міцності >1000 МПа (ВТ6, ВТ14, ВТ15) після гартування та старіння.

Титанові сплави можна піддавати всім основним видам термічної обробки, а також хіміко-термічній обробці, змінюючи їхні властивості у потрібному напрямку.

### 2. Сплави на основі алюмінію

**Алюміній** - легкий метал третьої групи періодичної системи елементів, сріблясто-білого кольору, з густиною 2,7 г/см<sup>3</sup>, високою електро- і теплопровідністю та корозійною стійкістю (утворює щільну поверхневу плівку оксиду  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Температура плавлення алюмінію, залежно від чистоти металу, становить 660...667°С. Прокатний і відпалений алюміній високої чистоти має міцність  $\sigma_B = 60 \text{ МПа}$ , модуль пружності  $E=1,1 \times 10^3 \text{ МПа}$ , пластичність  $\delta = 50 \%$ , твердість 25 НВ. Алюміній високопластичний, маломіцний матеріал, добре обробляється тиском, зварюється, але погано піддається обробці різанням. Як конструкційний матеріал його не застосовують.

Постійні домішки (Fe, Si, Ti, Mn, Cu, Zn, Cr) знижують фізико-хімічні характеристики і пластичність алюмінію. Залежно від вмісту домішок розрізняють марки алюмінію: А999 (0,001 % домішок), А995 (0,005 % домішок), А99 (0,010 % домішок), а також А97, А95.

Сплави алюмінію, що піддають деформуванню, повинні забезпечувати високу технологічну пластичність для здійснення операцій прокатування, кування, пресування тощо. Тому вони повинні мати однорідну структуру твердого розчину на основі алюмінію. Для підвищення міцності допускають у структурі сплаву невелику кількість кристалів евтектики. Деформовані сплави алюмінію поділяють на такі, що зміцнюються термічною обробкою, і такі, що не зміцнюються.

До незміцнюваних термообробкою належать сплави типу АМц і АМг. У сплавах АМц міститься до 1,5 % Mn, а в АМг - до 7 % Mg і 0,8 Mn. Для підвищення міцності в них додатково вводять до 2 % V, 0,1 % Ti, 0,005 % Be. Ці сплави мають високу пластичність, добре зварюються, корозієстійкі,  $\sigma_B = 200... 300 \text{ МПа}$ . З них виготовляють штамповані і зварні ємкості, баки тощо. До сплавів, що зміцнюються термообробкою, належать дуралюміні. Вони містять 2...5 % Cu, до 1,5 % Mg, 1 % Mn. Позначають дуралюміні літерою Д і умовними номерами, наприклад, Д1, Д16.

Термічна обробка дуралюміні полягає в гартуванні його від температури, близької до 500 °С, і наступному природному старінні при кімнатній температурі протягом 5...7 діб або штучному при температурі 100... 150 °С. Після такої обробки властивості дуралюміні становлять  $\sigma_B = 420... 470 \text{ МПа}$ , 90... 100 НВ,  $\delta = 18...20 \%$ .

До сплавів типу дуралюміні належать також сплави, призначені для обробки куванням і штампуванням - АК2, АК4, АК6 (алюмінієвий ковкий, номер сплаву) тощо. Порівняно з дуралюмінами вони додатково леговані нікелем або титаном.

Ливарні алюмінієві сплави містять підвищену кількість силіцію, міді, магнію, цинку. За складом їх поставляють (ДСТУ 2839-94) 38 марок і поділяють на п'ять груп:

- 1) А1-Si-Mg (Si = 6...13 %, Mg = 0,2...0,5 %); позначення - АК7, АК12 тощо;

- 2) Al-Si-Cu (Si = 3,5...11 %, Cu = 1...8 %); позначення-АК5М, АК5М7 тощо;
- 3) Al-Cu (Cu = 4,5...5,3 %, Cd = 0,07...0,25 %); позначення - АМ5, АМ4,5Кд тощо;
- 4) Al-Mg (Mg = 4,5... 13 %, Si = 0,8... 1,7 %); позначення - АМг4К1,5М, АМг5К тощо;
- 5) Al - інші компоненти (Zn = 3,5...12 %, Mg = 1,5...2 %, Si = 6... 10 %); позначення - АК7Ц9, АЦ4Мг та ін.

У марках алюмінієвих, як і в інших кольорових, сплавів компоненти позначають початковими літерами їх назви: А - алюміній, О - олово, М - мідь, Мн - манган, Мг - магній, Кд - кадмій та ін. За ними подають цифри, які вказують на вміст цих елементів. Наприклад, марка АМ4,5Кд позначає сплав з вмістом 4,5 % Cu, близько 1 % Cd, решта - алюміній.

### 3. Магнієві сплави

**Магній** - метал з мінімальною серед конструкційних металів густиною 1,74 г/см<sup>3</sup>. У зв'язку з малою міцністю (в литому стані  $\sigma_b = 30$  МПа) і малою корозійною стійкістю технічно чистий магній як конструкційний матеріал не використовують.

Магнієві сплави містять до 10 % Al, 2,5 % Mn, 3 % Zn. Іноді у сплави вводять добавки церію, кадмію, берилію, а останнім часом - цирконій, торій, неодим. Алюміній і цинк поліпшують механічні властивості, манган підвищує корозійну стійкість, інші добавки подрібнюють зерно, підвищують пластичність і теплостійкість сплаву.

**Деформівні магнієві сплави** застосовують для виготовлення поковок і штамповок. До цієї групи сплавів (їх позначають літерами МА і умовним номером - МА1, МА8 та ін.) належать сплави магнію, які мають у своєму складі до 9 % Al, 1,5 % Zn, 2,5 % Mn.

Після гартування і штучного старіння вони мають  $\sigma_b = 250...300$  МПа і  $\delta = 9... 18$  %. Добавка 2 % Ti і 3 % Nd до цих сплавів дає змогу підвищити їх теплостійкість при тривалій експлуатації до 350 °С.

**Ливарні магнієві сплави** (їх позначають літерами МЛ і умовними номерами - МЛ4, МЛ6 тощо) містять до 10 % Al, 3 % Zn, 0,5 Mn. Ці сплави мають  $\sigma_b = 150...250$  МПа,  $\delta = 1...9$  %, добру рідкотекучість і широко застосовуються для виготовлення виливків, які працюють при невеликих навантаженнях (кронштейни, корпуси приладів тощо). Сплави, додатково леговані цирконієм і торієм, можна тривалий час експлуатувати при температурі до 350 °С і короткочасно - при температурі до 450 °С.

### 4. Мідь та її сплави

**Мідь** - це метал червоного кольору густиною 8,9 г/см<sup>3</sup> і температурою плавлення 1083 °С.

У відпаленому стані мідь має міцність  $\sigma_b = 250$  МПа, твердість 45 НВ, пластичність  $\delta = 45$  %. Як конструкційний метал чисту мідь в машинобудуванні використовують рідко. Частіше її використовують для утворення сплавів - латуней і бронз.

**Латунями** називають сплави міді з цинком. Цинк у кількості до 39 % утворює з міддю твердий розчин  $\alpha$ , так звану  $\alpha$ -латунь. При більшому вмісті цинку в сплавах утворюється друга фаза -  $\beta$ -твердий розчин. Двофазні латуні називають ( $\alpha + \beta$ )-латунями. Наявність у структурі міцнішої і твердішої  $\beta$ -фази сприяє підвищенню міцності латуні, проте різко знижує її пластичність. Тому однофазні латуні використовують для обробки тиском, а двофазні - в основному різанням або для лиття. Сплави з масовою часткою цинку понад 45 % крихкі, тому застосовують їх рідко.

Для підвищення міцності й корозієстійкості, поліпшення деяких технологічних властивостей до складу латуней вводять Ni, Pb, Sn, Si та інші елементи. Такі латуні називають *складними*.

Оброблювані тиском латуні маркують літерою Л і цифрами, які вказують на масову частку міді в сплаві, наприклад, марка Л80 означає латунь з 80 % Cu, решта - Zn. У марці складних латуней перші дві цифри за літерами вказують середній вміст міді, а наступні - вміст інших елементів (решта - Zn), наприклад: марка ЛЖС58-1-1 позначає латунь з масовою часткою 58 % Cu, 1 % Fe і 1 % Pb, решта - Zn.

Марки ливарних латуней відрізняються від розглянутих. Так, марка ЛЦ40МцЗЖ позначає латунь з масовою часткою 40 % Zn, 3 % Mn, 1 % Fe, решта - Cu.

**Бронзами** називають сплави міді з оловом, алюмінієм, берилієм та іншими елементами, крім цинку як основного компонента. На відміну від цинку ці елементи або мають змінну

розчинність у міді залежно від температури, або утворюють тверді розчини, які зазнають при охолодженні евтектоїдного перетворення. Тому за технологічними властивостями бронзи поділяють на деформівні та ливарні. Крім того, бронзи зі значною розчинністю компонентів або евтектоїдним перетворенням можна піддавати зміцнювальній термообробці.

Бронзи, як і латуні, бувають простими і складними.

Марки деформівних бронз починаються літерами Бр, за якими йдуть літери, що позначають легуючі елементи, а за ними в такому самому порядку цифри, які вказують на вміст цих елементів (решта Cu). Наприклад, до складу бронзи марки БрОЦС-4-4-4 входить по 4 % Sn, Zn і Pb, решта - Cu. У марках ливарних бронз вміст елементів вказують безпосередньо після їх позначення. Наприклад, БрО8Н4Ц2 (8 % Sn, 4 % Ni, 2 % Zn, решта - Cu).

За хімічним складом бронзи поділяють на олов'яні та безолов'яні. Особливе місце належить берилієвим бронзам, які містять близько 2 % Be. Після гартування від температури 780 °С і старінні при 300°С вони мають міцність  $\sigma_b = 1300$  МПа, твердість 370 НВ, високу пружність і добру корозієстійкість. Це дає змогу застосовувати їх для виготовлення таких виробів, як пружини, мембрани, слюсарний інструмент тощо.

### **5. Підшипникові сплави. Припої та легкоплавкі сплави**

**Припої** застосовують при спаюванні металів. Процес спаювання ґрунтується на дифузійному проникненні рідкого припою у твердий метал, що зумовлює міцність спаяного з'єднання.

Припої поділяються на **м'які** та **тверді**, які різняться температурою плавлення.

До м'яких припоїв належать сплави олова та свинцю з температурою плавлення до 350°С. М'які припої відрізняються значною рідкотекучістю. З поміж них знайшли широке використання припої наступних марок: ПОС-90, ПОС-60, ПОС-40, ПОС-30, ПОС-18. Перші букви в цьому позначенні розшифровуються: олов'янисто-свинцевий, цифра - вказує на процентний вміст олова. Припої марки ПОС вміщують сурму в кількості до 3%, решта-свинець.

При підвищенні вмісту свинцю в припоях ПОС знижується міцність спаяного з'єднання. Припої даного класу використовують при спаюванні: побутового посуду, тари для нехарчових продуктів, медичної апаратури, мідних, залізних, латунних та інв'їх виробів, а також для з'єднання деталей електрорадіоапаратури.

Для низькотемпературного спаювання використовують також олов'яноцинкові припої, які маркуються буквами ПОЦ з позначенням цифрою вмісту олова (ПОЦ-90: 90 % Sn, -10 % Zn). Припой ПОЦ-90 має найнижчу температуру плавлення  $T_{пл}=200^{\circ}\text{C}$ . Припої ПОЦ (ПОЦ-60, ПОЦ-70, ПОЦ-90) застосовують для спаювання алюмінію та його сплавів.

До твердих припоїв належать: мідноцинкові, міднофосфористі та мідносрібноцинкові. Тверді припої забезпечують більш міцне з'єднання, що визначається як більшою міцністю самого припою, так і більшим розвитком процесів дифузії за рахунок вищих температур спаювання. Тверді припої служать для спаювання сталі, чавунів, міді та її сплавів. Інколи для спаювання сталей використовують чисту мідь.

Мідноцинкові припої ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 (цифра вказує на вміст міді) мають високу температуру плавлення, яка підвищується з ростом вмісту міді й досягає 880°С.

Міднофосфористі припої, наприклад, ПМФ-7 (цифра вказує на вміст фосфору), дозволяють вести спаювання міді без спеціальних флюсів, що значно спрощує процес спаювання.

Мідносрібноцинкові припої позначають буквами ПСр. Найпоширеніші з них ПСр-10 (36%Cu, 52%Zn, 10%Ag;  $T_{пл}=785^{\circ}\text{C}$ ), ПСр-25(40%Cu, 35%Zn, 25%Ag;  $T_{пл}=765^{\circ}\text{C}$ ), ПСр-45 (30%Cu, 25%Zn, 45%Ag;  $T_{пл}=720^{\circ}\text{C}$ ). Мідносрібноцинкові припої достатньо технологічні, мають високу рідкотекучість, придатні для спаювання різноманітних металів та сплавів. З'єднання відрізняється високою корозійною стійкістю та міцністю.

Для виготовлення вкладишів підшипників застосовують сплави на основі свинцю, олова, цинку або алюмінію, які називають **бабітами**.

Бабіти є м'якими легкоплавкими матеріалами з невеликим коефіцієнтом тертя, добре утримують мастило на поверхні вкладиша.

Цинкові сплави за своїми властивостями рівноцінні з бабітами, але поступається перед бабітами на олов'яній основі.

Алюмінієві бабіти мають низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість і твердість. Їх використовують замість олов'яних і свинцевих бабітів.