

## 8. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ

За фізичними властивостями і призначенню кольорові метали умовно можна розділити на благородні, важкі, легкі й рідкі.

До благородних металів відносять метали з високою корозійною стійкістю: золото, платина, паладій, срібло, іридій, родій, рутеній і осмій. Їх використовують у вигляді сплавів в електротехніці, електровакуумної техніці, приладобудуванні, медицині і т.д.

До важких відносять метали з великою щільністю: свинець, мідь, хром, кобальт і т.д. Важкі метали застосовують головним чином як легуючі елементи, а такі метали, як мідь, свинець, цинк, кобальт частково, використовуються і в чистому вигляді.

До легких металів відносяться метали з щільністю менше 5 грам на кубічний сантиметр: літій, калій, натрій, алюміній і т.д. Їх застосовують як розкислювачів металів і сплавів, для легування, в піротехніці, фотографії, медицині і т.д.

До рідкісних металів відносять метали з особливими властивостями: вольфрам, молібден, селен, уран і т.д.

До групи широко застосовуються кольорових металів відносяться алюміній, титан, магній, мідь, свинець, олово.

Кольорові метали мають цілу низку дуже цінних властивостей. Наприклад, високу теплопровідність (алюміній, мідь), дуже малою щільністю (алюміній, магній), високою корозійною стійкістю (титан, алюміній).

За технологією виготовлення заготовок і виробів кольорові сплави діляться на деформуються і литі (іноді спечені).

На підставі цього поділу розрізняють металургію легких металів і металургію важких металів.

### 8.1 Мідь та її сплави

**Мідь** - метал червоного, в зламі рожевого кольору. Мідь належить до металів, відомим з глибокої давнини.

**Технічно чиста мідь** володіє високою пластичністю і корозійною стійкістю, високою електропровідністю і теплопровідністю (100% чиста мідь-еталон, то 65%-

алюміній, 17% залізо), а також стійкістю проти атмосферної корозії. Дозволяє використовувати її в якості покрівельного матеріалу відповідальних будівель.

Температура плавлення міді 1083 ° С. Кристалічна решітка ГЦК. Щільність міді 8,94 г / см<sup>3</sup>. Завдяки високій пластичності мідь добре обробляється тиском (з міді можна зробити фольгу товщиною 0,02 мм), погано різанням.

Ливарні властивості низькі через велику усадки.

На властивості міді великий вплив мають домішки: всі, крім срібла та берилію погіршують електропровідність.

Вартість чистої міді постійно підвищується, а світові запаси мідної руди, за різними оцінками, виснажаться в найближчі 10-30 років.

Мідь маркують буквою М, після якої стоїть цифра. Чим більше цифра, тим більше в ній домішок. Найвища марка М00 - 99,99% міді, М4 - 99% міді.

Після позначення марки вказують спосіб виготовлення міді: к-катодна, б - безкиснева, р - раскисленная. Мідь вогневого рафінування не позначається.

М00к - технічно чиста катодна мідь, що містить не менше 99,99% міді і срібла.

МОЗ - технічно чиста мідь вогневого рафінування, містить не менше 99,5% міді.

### 8.1.1 Сплави міді

У техніці застосовують 2 великі групи мідних сплавів: латуні та бронзи.

**Латуні** - сплави міді з цинком (до 50% Zn) і невеликими добавками алюмінію, кремнію, свинцю, нікелю, марганцю (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80). Мідні сплави, призначені для виготовлення деталей методами лиття, називають ливарними, а сплави, призначені для виготовлення деталей пластичним деформуванням - сплавами, оброблюваними тиском.

Латуні дешевше міді і перевершують її по міцності, в'язкості і корозійної стійкості. Володіють хорошими ливарні властивості.

Латуні, застосовуються в основному для виготовлення деталей штампуванням, витяжкою, розкочуванням, гнуття, тобто процесами, які вимагають високої пластичності матеріалу заготовки. З латуні виготовляються гільзи різних боєприпасів.

У залежності від числа компонентів розрізняють прості (подвійні) і спеціальні (багатокомпонентні) латуні.

Прості латуні містять тільки Cu і Zn.

Спеціальні латуні містять від 1 до 8% різних легуючих елементів (Л.Е.), що підвищують механічні властивості і корозійну стійкість.

Al, Mn, Ni підвищують механічні властивості і корозійну стійкість латуней. Свинець покращує оброблюваність різанням. Крем'янисті латуні мають гарну жидкотекучість і зварюваність.

### 8.1.2 Бронзи

**Бронзи** - це сплави міді з оловом (4-33% Sn), свинцем (до 30% Pb), алюмінієм (5-11% Al), кремнієм (4-5% Si), сурмою, фосфором та іншими елементами.

Бронзи - це будь-мідний сплав, крім латуні. Це сплави міді, в яких цинк не є основним легируючим елементом. Загальною характеристикою бронз є висока корозійна стійкість і антифрикційні (від анти-і лат. Frictio-тертя). Бронзи відрізняються високою корозійною стійкістю і антифрикційними властивостями. З них виготовляють вкладиші підшипників ковзання, вінці черв'ячних зубчастих коліс і інші деталі.

Високі ливарні властивості деяких бронз дозволяють використовувати їх для виготовлення художніх виробів, пам'ятників, дзвонів.

За хімічним складом поділяються на олов'яні бронзи і без олов'яні (спеціальні).

**Олов'яні бронзи** мають високі механічні, ливарними, антифрикційними властивостями, корозійною стійкістю, оброблюваністю різанням, але мають обмежене застосування через дефіцитності і дорожнечі олова.

**Спеціальні бронзи** не тільки служать заміниками олов'яних бронз, а й у ряді випадків перевершують їх за своїми механічними, антикорозійним і технологічним властивостям:

Алюмінієві бронзи - 5-11% алюмінію. Мають більш високі механічні та антифрикційні властивості, ніж в олов'яних бронз, але ливарні властивості - нижче. Для підвищення механічних і антикорозійних властивостей вводять

залізо, марганець, нікель (наприклад, БрАЖ9-4). З цих бронз виготовляють різні втулки, що направляють, дрібні відповідальні деталі.

Берилієві бронзи містять 1,8-2,3% берилію відрізняються високою твердістю, зносостійкістю і пружністю (наприклад, БрБ2, БрБМН1, 7). Їх застосовують для пружин в приладах, які працюють в агресивному середовищі.

Крем'янисті бронзи - 3-4% кремнію, леговані нікелем, марганцем, цинком за механічними властивостями наближаються до сталей.

Свинцюваті бронзи містять 30% свинцю, є хорошими антифрикційними сплавами і йдуть на виготовлення підшипників ковзання.

Мідні сплави позначають початковими буквами їх назви (Бр або Л), після чого слідує перші літери назв основних елементів, що утворюють сплав, і цифри, що вказують кількість елементу у відсотках.

Приклади:

- БрА9Мц2Л - бронза, що містить 9% алюмінію, 2% Мп, решта Сu («Л» вказує, що сплав ливарний);
- ЛЦ40Мц3Ж - латунь, що містить 40% Zn, 3% Мп, ~ 1% Fe, решта Сu;
- Бр0Ф8 ,0-0, 3 - бронза містить 8% олова і 0,3% фосфору;
- ЛАМш77-2-0, 05 - латунь містить 77% Сu, 2% Al, 0,055 миш'яку, решта Zn (у позначенні латуні, призначеної для обробки тиском, перше число вказує на вміст міді).

У нескладних за складом латунях вказують тільки вміст у сплаві міді:

- Л96 - латунь містить 96% Сu і ~ 4% Zn (томпак);
- Л63 - латунь що містить 63% Сu і 37% Zn.

Висока вартість міді і сплавів на її основі призвела в 20 столітті до пошуку матеріалів для їх заміни. В даний час їх успішно замінюють пластиками, композиційними матеріалами.

## 8.2 Алюміній і його сплави

**Алюміній** - метал сріблясто-білого кольору. Температура плавлення 650°C. Алюміній має кристалічну ГЦК грати. Алюміній має електричну провідність, складовою 65% електричної провідності міді. Алюміній займає 3 місце

з поширення в земній корі після кисню і кремнію. Алюміній стійкий проти атмосферної корозії завдяки утворенню на його поверхні щільної окисної плівки. Найбільш важливою особливістю алюмінію є низька щільність - 2,7 г / см<sup>3</sup> проти 7,8 г / см<sup>3</sup> для заліза і 8,94 г / см<sup>3</sup> для міді. Має хорошу тепло-і електропровідність. Добре обробляється тиском.

Маркується літерою А і цифрою, що вказує на вміст алюмінію. Алюміній особливої чистоти має марку А999 - вміст АІ в цій марці 99,999%. Алюміній високої чистоти - А99, А95 містять АІ 99,99% і 99,95% відповідно. Технічний алюміній - А85, А8, А7 і ін

Застосовується в електропромисловості для виготовлення провідників струму, в харчовій і хімічній промисловості. Алюміній не стійкий у кислому і лужному середовищі, тому алюмінієвий посуд не використовується для маринадів, солінь, кисломолочних продуктів. Застосовується як розкислювача при виробництві сталі, для алітірованія деталей з метою підвищення їх жаростійкості. У чистому вигляді застосовується рідко через низьку міцності - 50 МПа.

### 8.2.1 Деформуємі алюмінієві сплави

У залежності від можливості термічного зміцнення деформуються алюмінієві сплави поділяються на не зміцнюється і зміцнюється термічною обробкою.

До сплавів, неупрочняємих т / о відносяться сплави АІ с Мп (АМц1), і сплави АІ с Мg (Амг 2, АМг3). Цифра - умовний номер марки.

Ці сплави добре зварюються, мають високі пластичні властивості і корозійною стійкістю, але невисокою міцністю, зміцнюють ці сплави нагартівка. Сплави даної групи знайшли застосування в якості листового матеріалу, що використовується для виготовлення складних за формою виробів, одержуваних холодної та гарячої штампуванням і прокаткою. Вироби, одержувані глибокої витяжкою, заклепки, рами і т.д.

Сплави, що зміцнюється т/о, широко застосовуються в машинобудуванні, особливо в літакобудуванні, тому що володіють малою питомою вагою при досить високих механічних властивостях. До них відносяться:

Дуралюмін - основні легуючі компоненти - мідь і магній:

Д1 - лопаті повітряних гвинтів, Д16 - обшивки, шпангоути, лонжерони літаків, Д17 - основний заклепувальний сплав.

Високоміцні сплави - В95, В96 поряд з міддю і магнієм містять ще значна кількість цинку. Застосовують для високонавантажених конструкцій.

Сплави підвищеної пластичності та корозійної стійкості - АВ, АД31, АД33. Лопаті вертольотів, штамповані і ковані деталі складної конфігурації.

### **8.2.2 Ливарні алюмінієві сплави**

Найбільш широко поширені сплави системи Al-Si-силуміни.

Силумін має поєднання високих ливарних і механічних властивостей, мала питома вага. Типовий силумін сплав АЛ2 (АК12) містить 10-13% Si, Піддається загартуванню і старіння (АК7 (АЛ9), АК9 (АЛ4).

### **8.3 Цинк і його сплави**

**Цинк** - в'язкий метал голубувато-сірого кольору. Метал з невеликою температурою плавлення (419 градусів С) і високою щільністю (7,1 г / см<sup>3</sup>). Міцність цинку низька (150 МПа) при високій пластичності.

Цинк застосовують для гарячого та гальванічного оцинкування сталевих листів, у поліграфічній промисловості, для виготовлення гальванічних елементів. Його використовують як добавку в сплави, в першу чергу в сплави міді (латуні і т.д.), і як основу для цинкових сплавів, а також як друкарський метал.

У залежності від чистоти цинк ділиться на марки ЦВ00 (99,997% Zn), ЦВ0 (99,995% Zn), ЦВ (99,99% Zn), Ц0А (99,98% Zn), Ц0 (99,975% Zn), Ц1 (99,95% Zn), Ц2 (98,7% Zn), Ц3 (97,5% Zn).

Цинкові сплави широко застосовуються в машинобудуванні і поділяються на сплави для лиття під тиском, в кокіль, для відцентрового лиття та на антифрикційні сплави. Основними легуючими компонентами цинкових сплавів є алюміній, мідь і магній. Відлиття з цинкових сплавів легко поліруються і сприймають гальванічні покриття.

Склад, властивості та застосування деяких цинкових сплавів:

- ЦА4 містить 3.9-4.3% Al, 0,03-0,06% Mg, тимчасовий опір 250-300 МПа, пластичність 3-6%, твердість 70-90НВ). Застосовується при литті

під тиском деталей, до яких пред'являються вимоги стабільності розмірів та механічних властивостей.

- ЦАМ10-5Л містить 9,0-12,4% Al, 4,0-5,5% Cu, 0,03-0,06% Mg, тимчасовий опір не менше 250 МПа, пластичність не менше 0,4%, твердість - не менш 100НВ. З сплаву виготовляють підшипники і втулки металообробних верстатів, пресів, що працюють під тиском до 200-10000 Па.

- ЦАМ9-1.5 містить 9,0-11,0% Al, 1,0-2,0% Cu, 0,03-0,06% Mg, тимчасовий опір не менше 250 МПа, пластичність не менше 1%, твердість не менш 90НВ. Сплав застосовують для виготовлення різних вузлів тертя і підшипників рухомого складу.

#### **8.4 Магній та його сплави**

**Магній** - метал сріблясто-білого кольору. Температура плавлення магнію 650 ° С. Кристалічна решітка гексагональна. Відрізняється низькою щільністю (1,74 г / см<sup>3</sup>), хорошою оброблюваністю різанням, здатністю сприймати ударні і гасити вібраційні навантаження.

У залежності від вмісту домішок встановлені наступні марки магнію: Mg96 (99,96% Mg), Mg95 (99,95% Mg), Mg90 (99,90% Mg), магній високої чистоти (99,9999% Mg).

Магній хімічно активний метал, легко окислюється на повітрі. Чистий магній з-за низьких механічних властивостей (тимчасовий опір 100-190 МПа, відносне подовження 6-17%, твердість 30-40НВ) як конструкційний матеріал практично не застосовують. Його використовують в піротехніку, в хімічній промисловості для синтезу органічних сполук, в металургії різних металів і сплавів як розкислювач, відновник і легуючий елемент.

##### **8.4.1 Сплави на основі магнію**

Перевагою магнієвих сплавів є висока питома міцність. Межа міцності магнієвих сплавів досягає 250-400 МПа при щільності менше 2 грамів на кубічний сантиметр. Сплави в гарячому стані добре куються, прокочуються і пресуються. Магнієві сплави добре обробляються різанням (краще, чим стали, алюмінієві

та мідні сплави), добре шліфуються і поліруються. Задовільно зварюються контактної і дугового зварювання в середовищі захисних газів.

До недоліків магнієвих сплавів поряд з низькою корозійною стійкістю і малим модулем пружності слід віднести погані ливарні властивості, схильність до газонасичення, окислювання і займання при їх приготуванні.

За механічними властивостями магнієві сплави поділяють на сплави невисокою і середньої міцності, високоміцні і жароміцні, по схильність до зміцнення за допомогою термічної обробки - на зміцнюється і неупрочняєміе.

Деформуємі магнієві сплави. У сплавах МА1 і МА8 основним легируючим елементом є марганець. Термічною обробкою ці сплави не упрочняються, мають гарну корозійною стійкістю і здатністю до зварювання. Сплави МА2-1 і МА5 відносяться до системи Mg-Al-Zn-Mn. Алюміній і цинк підвищують міцність сплавів, надають хорошу технологічну пластичність, що дозволяє виготовляти з них ковани і штамповані деталі складної форми (крильчатки і жалюзі капота літака). Сплави системи Mg-Zn, додатково леговані цирконієм (МА14), кадмієм, рідкісноземельними металами (МА15, МА19 та ін) відносять до високоміцних магнієвим сплавам. Їх застосовують для незварюваний сильно навантажених деталей (обшивки літаків, деталей вантажопідйомних машин, автомобілів, ткацьких верстатів та ін.)

Ливарні магнієві сплави. Найбільше застосування знайшли сплави системи Mg-Al-Zn (МЛ5, МЛ6). Вони широко застосовуються в літакобудуванні (корпуси приладів, насосів, коробок передач, ліхтарі і двері кабін і т.д.), ракетній техніці (корпуси ракет, обтічники, паливні й кисневі баки, стабілізатори), конструкціях автомобілів, особливо гоночних (корпусу, колеса, помпи та ін), в приладобудуванні (корпуси і деталі приладів). Внаслідок малої здатності до поглинання теплових нейтронів магнієві сплави використовують в атомній техніці, а завдяки високій демпфирующей здібності - при виробництві кожухів для електронної апаратури.

Більш високими технологічними і механічними властивостями володіють сплави магнію з цинком і цирконієм (МЛ 12), а також сплави, додатково леговані кадмієм (МЛ8), рідкісноземельними металами (МЛ9, МЛ10). Дані сплави застосовують для навантажених деталей літаків і авіадвигунів (корпусів компресорів, картерів, ферм шасі, колонок управління та ін.)



Магнієві сплави піддаються таким видам термічної обробки: T1 - старіння, T2 - відпал, T4 - гомогенізація і гарт на повітрі, T6 - гомогенізація, гарт на повітрі і старіння, T61 - гомогенізація, загартування у воду і старіння.