

### 3. Сплави на основі міді

Мідь є основою важливих для промисловості сплавів, до яких належать латуні та бронзи. Латуні – подвійні (прості) або багатокомпонентні (леговані) мідні сплави, у яких цинк є основним легуючим елементом. Подвійні латуні, які містять до 14% цинку, називають томпаком, а від 14 до 20% – напівтомпаком. Порівняно з міддю, латуні характеризуються набагато вищою міцністю (у тому числі при підвищених температурах), корозійною стійкістю та пружністю. Латуні є найбільш дешевими мідними сплавами.

Структура подвійних латуней при кімнатній температурі містить  $\alpha$  та  $\beta$ -фази. Латуні, до складу яких входить до 39% Zn, мають структуру  $\alpha$ -твердого розчину цинку в міді. У латунях з концентрацією цинку від 39 до 45% утворюється двофазна структура – ( $\alpha + \beta$ ). Залежно від структури змінюються механічні властивості латуней. Збільшення вмісту цинку в  $\alpha$ -латуні призводить до підвищення її міцності та пластичності. Поява  $\beta$ -фази супроводжується значним зниженням пластичності. Перехід латуні в однофазний стан зі структурою  $\beta$ -фази призводить до суттєвого зниження її міцності. На практиці використовуються латуні, які в своєму складі мають до 45% цинку. Для збільшення міцності латуней їх часто піддають холодній пластичній деформації. Такий спосіб зміцнення добре реалізується на однофазних  $\alpha$ -латунях, що мають високу пластичність. Холодна пластична деформація підвищує міцність  $\alpha$ -латуней до 450-700 МПа. При цьому зростає й твердість сплавів. Для того, щоб понизити твердість й отримати в напівфабрикатах необхідні властивості (наприклад, пластичність) проводять рекристалізаційне відпалювання латуней за температури 600-700°C. Зміною температурних режимів відпалювання можна регулювати в латунях величину зерна.

У латунях зі вмістом 15-20% цинку можуть зароджуватися тріщини, що призводить до зменшення міцнісних властивостей виробів. Цей ефект називають сезонним розтріскуванням ("season cracking"), тому що він частіше за все проявляється у вологій атмосфері та

в середовищі, у якому наявна пара аміаку або ртуті. Для блокування процесу розтріскування латуней використовують відпалювання їх за температури 250-260°C.

Однофазні латуні в основному одержують у вигляді холоднокатаних напівфабрикатів (смуг, дроту, листів), із яких виготовляють радіаторні трубки, трубопроводи, а також різні деталі (шайби, втулки, ущільнювальні кільця та інше).

Двофазні ( $\alpha + \beta$ )-латуні порівняно з  $\alpha$ -латунями мають більшу міцність і зносостійкість, але меншу пластичність. У зв'язку з цим їх випускають у вигляді гарячекатаних напівфабрикатів. Подвійні латуні мають вузький температурний інтервал кристалізації, тому вони не схильні до утворення дендритної ліквідації та розсіяної пористості; мають високу рідкоплинність і герметичність. Спеціальні латуні використовують як для деформованих напівфабрикатів (листи, смуги, труби, дріт), так і для виготовлення фасонних виливків. Ливарні латуні відрізняються від сплавів, які обробляють тиском, кількістю цинку та інших легувальних елементів. Для легування ливарних латуней використовують елементи, які підвищують міцність сплаву, корозійну стійкість та покращують його антифрикційні властивості (Al, Mn, Sn, Ni, Fe, Si та ін.). Введення вказаних легувальних елементів, окрім Ni, знижує розчинність цинку в міді, що сприяє утворенню  $\beta$ -фази в сплавах.

Для покращення механічної обробки та підвищення антифрикційних властивостей в латунь іноді додають свинець. Добавки міді захищають латунь від нецинкування в агресивних прісних водах. Фосфор підвищує твердість, температуру рекристалізації, прискорює ріст зерна, але знижує пластичність латуней.

Олов'яні латуні (ЛО70-1) називають морськими. Ці сплави широко використовуються в річковому та морському суднобудуванні. В машинобудуванні застосовуються також латуні з високим вмістом міді та добавками (до 4%) алюмінію (ЛА77-2), які мають однофазну структуру та добре обробляються тиском. Алюмінієві латуні легують нікелем, залізом, марганцем, кремнієм. Ці добавки дозволяють зміцнювати такі латуні за допомогою гартування та старіння. Нікелеві латуні (ЛН65-5) добре обробляються тиском у холодному й гарячому станах.

Бронзами називають сплави міді з оловом (олов'яні бронзи), алюмінієм, кремнієм, берилієм, свинцем (безолов'яні бронзи). Безолов'яні бронзи залежно від основного легувального елементу поділяють на алюмінієві, свинцеві, берилієві та інші. Вказані бронзи додатково легують фосфором, залізом, нікелем, марганцем, цинком, титаном.

Олов'яні бронзи зі вмістом олова понад 5% мають знижені в'язкість і пластичність. У зв'язку з цим, не дивлячись на підвищення міцності сплавів при збільшенні в них концентрації олова до 25%, практичне значення мають бронзи з вмістом Sn до 10%. В олов'яних бронзах часто присутній фосфор. Останній підвищує рідкоплинність, зносостійкість, межу міцності та пружність бронз, але знижує їх пластичність. Олов'яні бронзи також часто легують цинком, свинцем, нікелем. Цинк покращує технологічні та механічні властивості цих сплавів і зменшує їх вартість. Із метою економії дорогого олова в бронзи додають від 2 до 15% цинку. Цинк звужує інтервал кристалізації олов'яних бронз, підвищує рідкоплинність сплавів, щільність виливків та здатність до зварювання та паяння. Свинець знижує механічні властивості, покращує механічну обробку та антифрикційні властивості бронз. Нікель сприяє подрібненню структури та підвищенню механічних властивостей і корозійної стійкості олов'яних бронз.

Олов'яні бронзи (BrO10Ц2, BrO3Ц12C5, BrO4Ц4C17) належать до антифрикційних сплавів. Висока корозійна стійкість в атмосферних умовах, прісній та морській воді дозволяє виготовляти з ливарних бронз пароводяну арматуру, що працює під надлишковим тиском.

Алюмінієві бронзи. Збільшення концентрації алюмінію в бронзах біля 4-5% поряд із міцністю й твердістю підвищує їх пластичність. При подальшому зростанні вмісту алюмінію (до 10-11%) пластичність бронз значно зменшується, а міцність литого металу продовжує зростати.

Алюмінієві бронзи мають високі корозійні, механічні та технологічні характеристики, легко оброблюються тиском. Вони відрізняються високими антикорозійними й антифрикційними характеристиками, набагато дешевші за олов'яні бронзи. Невеликий інтервал кристалізації алюмінієвих бронз забезпечує низьку схильність сплавів до дендритної ліквідації, високу рідкоплинність розплаву та герметичність литих виробів.

Однофазні алюмінієві бронзи мають хорошу пластичність і належать до сплавів, які деформуються. У цих сплавах достатньо високі значення міцності ( $\sigma_b = 400-450$  МПа) і пластичності ( $\delta = 60\%$ ). Однофазна бронза BrA5 гарно деформується й відрізняється високою корозійною стійкістю.

До недоліків подвійних алюмінієвих бронз поряд із великою усадкою при кристалізації відносяться також схильність до газонасичення та окислення металу в процесі плавки, утворення грубокристалічної стовпчастої структури у виливках та труднощі пайки цих сплавів. Указані недоліки можна частково або повністю усунути шляхом легування

алюмінієвих бронз залізом, нікелем та марганцем. Добавки марганцю покращують корозійні властивості бронз. Після легування залізом або нікелем зростає міцність сплавів при кімнатній і підвищеній температурах. Зміцнювати алюмінієві бронзи можна також за допомогою термічної обробки. Із таких бронз виготовляють деталі, які працюють у важких умовах зношування при підвищених (400-500°C) температурах, для насосів і турбін, а також шестерні та інші. Високі механічні, антикорозійні й технологічні властивості мають алюмінієві бронзи, що містять залізо та леговані замість нікелю більш дешевим марганцем (BrAJMц10-3-1,5).

Для виготовлення вставок підшипників ковзання широко використовують свинцеву бронзу BrC30. Порівняно з олов'яною бронзою теплопровідність сплаву BrC30 в чотири рази більша. Тому бронзи такого типу добре відводять тепло, яке виділяється в процесі тертя. Через невисокі механічні властивості ( $\sigma_b = 60$  МПа,  $\delta = 4\%$ ) свинцеву бронзу часто наплавляють тонким шаром на сталеві поверхні й одержують біметалеві вироби.

## Сплави на основі цинку

Сплави на основі цинку широко використовують практично в усіх галузях промисловості (автомобільній, тракторній, суднобудівній, електротехнічній та інших). За способом лиття їх поділяють на сплави для різних видів лиття та антифрикційні. Виливки з цинкових сплавів легко поліруються і вкриваються за допомогою гальваніки. Ливарні цинкові сплави мають хорошу рідкоплинність, що дозволяє виготовляти тонкостінні деталі складної форми. Відносно низька температура заливання (440-470°C) сприяє підвищеному терміну експлуатації металевих пресформ і кокілів. До недоліків цинкових сплавів відноситься неможливість експлуатації виробів із них в умовах підвищених і низьких температур. Відомо, що за температури 100°C міцність знижується на 30%. При температурах нижче 0°C цинкові сплави стають крихкими.

Основними легувальними компонентами цинкових сплавів є алюміній, мідь і магній. Практично всі цинкові сплави легують магнієм (до 0,1%), який підвищує розмірну стабільність литих виробів і збільшує їх корозійну стійкість. Цинкові сплави поділяють на ливарні, деформовані, антифрикційні, друккарські та протекторні. Ливарні сплави на основі цинку містять (3,5-4,3)% Al, (0,6-3,5)% Cu і (0,03-0,06)% Mg (табл. 1).

Сплав ЦА4, наприклад, має межу міцності при розриві 250-300 МПа, відносне подовження 3-6% і твердість 70-90НВ (700-880 МПа). Застосовують цей сплав для лиття під тиском виробів, які мають стабільні розміри та підвищені механічні властивості. Сплав ЦА9М1,5 має  $\sigma_b \geq 250$  МПа, відносне  $\delta \geq 1\%$  та твердість не менше 90НВ (880 МПа). Цей сплав застосовують для виготовлення різних вузлів тертя і підшипників.

Таблиця 1.

**Марки та хімічний склад  
найбільш розповсюджених ливарних цинкових сплавів**

Марка сплаву	Вміст основних компонентів у сплаві, %		
	Al	Cu	Mg
ЦА4	3,5–4,5	–	0,03–0,06
ЦА4М1	3,5–4,5	0,7–1,3	0,02–0,06
ЦА4М3	3,5–4,5	2,5–3,7	0,02–0,06
ЦА8М1	7,1–8,9	0,70–1,40	0,01–0,06
ЦА9М1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	0,03-0,06
ЦА30М5	28,5–32,1	3,8–5,6	0,01–0,08

Антифрикційні сплави на основі цинку містять (9-12)% Al, (1,0-5,5)% Cu і (0,03-0,06)% Mg. Структура таких сплавів складається з м'якої і твердої фаз, що забезпечує низький коефіцієнт тертя виробів.

До складу дукарських цинкових сплавів входять (2,2-7,5)% Al, (0,06-4,50)% Cu або (1,2-1,8)% Mg. Такі сплави мають високу рідкоплинність і застосовуються для виготовлення шрифтів ручного або машинного набору в поліграфії. Виготовлення їх дозволило замінити токсичні сплави на основі свинцю.

Протекторні сплави цинку містять (0,2-0,7)% Al і добавки Mg і Mn (по 0,2% кожного). Застосовуються для захисту від корозії зовнішніх і внутрішніх поверхонь у морських суднах, металевих резервуарах та спорудах.