

## Мідь та сплави на її основі

За обсягами виробництва мідь посідає третє місце після заліза та алюмінію. Запаси її у земній корі дорівнюють 0,01 %, у сульфідних рудах ( $\text{CuFeS}$  – мідний колчедан,  $\text{Cu}_2\text{S}$  – халькопірит,  $\text{CuS}$  – халькозин) – від 0,5 до 5 %. Мідь має ГЦК-кристалічну ґратку, температура плавлення становить 1038 оС, густина  $\rho=8,9$  г/см<sup>3</sup>.

Одержують мідь із збагаченого концентрату (11 - 35 % Cu), який спочатку обпалюють при 600 - 850 °С для часткового зниження вмісту сірки, а потім для відділення від рудних домішок плавлять при 1300 - 1500 °С на штейн (сплав сульфідів  $\text{Cu}_2\text{S}$  і Fe). Мідний штейн містить 16 - 60 % Cu, а також S і Fe. Штейн переплавляють у спеціальному конверторі з продувкою розпаву повітрям при 950 - 1050 °С і одержують чорнову мідь, що містить до 1 - 2 % домішок. Очищують чорнову мідь шляхом вогневого або електролітичного рафінування. Чиста мідь має 11 марок – М00б, М0б, М1б, М1у, М1, М1р, М1ф, М2р, М3р, М2, М3. Сумарна кількість домішок у марці найвищої чистоти М00б – 0,01 %, а в марці М3 – 0,5 %.

Залежно від механічних властивостей розрізняють також тверду (нагартвану) мідь – МТ і м'яку (відпалену) – ММ. Механічні властивості чистої відпаленої міді такі:  $\sigma_{\text{в}}=220 - 240$  МПа, 40 - 80 НВ,  $\delta=45 - 50$  %,  $\psi=60 - 75$  %. Цінними властивостями міді є її висока електро- та теплопровідність, пластичність, низька окислюваність. Для електротехнічних потреб чисту мідь постачають у вигляді дроту, прутка, стрічки, листа, смуги і труб. Як конструкційний матеріал використовують сплави міді з оловом, цинком, алюмінієм, кремнієм, марганцем тощо. Легування міді підвищує її механічні, технологічні та експлуатаційні властивості. Залежно від хімічного складу розрізняють три основні групи сплавів міді: бронзи, латуні і сплави міді з нікелем.

**Бронзи** – це сплави міді з оловом, алюмінієм, марганцем, кремнієм, берилієм, свинцем. Залежно від основного легуючого елемента бронзи називають олов'янистими, алюмінієвими, берилієвими та ін. Для підвищення механічних і особливих властивостей бронзи додатково легують Fe, Ni, Ti, Zn, P, для підвищення корозійної стійкості – Mn, пластичності – Ni, міцності – Fe, оброблюваності різанням – Pb. Маркують бронзи літерами Бр, далі літерами позначають елементи, що входять до складу бронзи: О – олово, Ц – цинк, А – алюміній, С – свинець, Ж – залізо, Мц – марганець, Б – берилій та ін. Після цього цифрами вказують середній вміст елементів у процентах (вміст міді цифрами не вказують). Наприклад, марка БрОЦ4-3 означає, що бронза містить 4 % олова, 3 % цинку, решта – мідь; БрОЦ5-5-5 – бронза містить олова, цинку та свинцю по 5 %, решта – мідь. Олов'яністі бронзи (БрОЗ, БрОБ, БрОС25-8 та ін.), залежно від вмісту олова і фазового стану, поділяють на однофазні (до 5 % Sn) із структурою  $\alpha$ -твердого розчину і двофазні (більше 5 % Sn).

Однофазні бронзи пластичні і добре піддаються деформуванню, з них виготовляють фольгу, сітки, дріт, прутки, стрічки тощо у нагартваному (твердому) і відпаленому (м'якому) станах.

Двофазні олов'яністі бронзи з більшим вмістом олова (до 15 - 20 %) використовують як ливарні матеріали для виготовлення різних фасонних виливків. Їх також додатково легують цинком (4 - 10 %), свинцем (3 - 6 %), фосфором (0,4 - 1,0 %). Олов'яністі бронзи корозійно стійкі у морській воді, NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , стійкі у розчинах  $\text{HNO}_3$  і HCl, мають досить високі механічні властивості:  $\sigma_{\text{в}}=150 - 350$  МПа, 60 - 90 НВ,  $\delta=3 - 5$  %, добре оброблюються різанням. Олов'яністі бронзи типу БрОЦНЗ- 7-5 використовують для арматури, яка експлуатується на повітрі, у прісній воді, маслі, парі і при температурах до 250 °С; бронза типу БрОЦ5-5-5 – для антифрикційних деталей, арматури тощо.

Алюмінієві бронзи (4 - 11 % Al) мають високу корозійну стійкість, високі механічні та технологічні властивості (БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, БрКМц3-1, БрС30 та ін.). Однофазні бронзи з вмістом алюмінію до 8 - 9 % добре обробляються тиском у гарячому і холодному стані. Двофазні бронзи з вмістом алюмінію 9 - 11 %, а також заліза, нікелю, марганцю мають більшу міцність, піддаються обробці тиском у гарячому стані. З алюмінієвих бронз виготовляють арматуру трубопроводів для різних середовищ (окрім морської води) і температур до 250 °С (БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л); деталі для експлуатації в середовищі морської води, гвинти, лопасті (БрАМц9-2Л0; втулки, підшипники ковзання (БрАМц10-2); фланці, шестерні та інші відповідальні деталі (БрАЖМц10-3-1,5).

Марганцеві бронзи (БрМц5, БрМцС20-5) мають порівняно невисокі механічні властивості, але високу пластичність, корозійну стійкість, жароміцність. З них виготовляють деталі для теплоелектростанцій, котли, вентилі, засувки, арматуру тощо. Берилієві бронзи містять у своєму складі 2 - 2,5 % Ве (БрБ2), мають дуже цінний комплекс властивостей: високу хімічну стійкість, теплостійкість, високий порог пружності, добре обробляються різанням, мають високі механічні властивості:  $\sigma_B = 1100 - 1300$  МПа, 370 НВ,  $\delta = 1$  %. Берилієві бронзи гартують у воді за температур не вище 800 °С і піддають штучному старінню при 350 °С. Використовують берилієву бронзу для виготовлення виробів відповідального призначення: пружні контакти, пружини, мембрани, без іскровий інструмент для ведення вибухонебезпечних гірничих робіт.

Кремнієві бронзи містять у своєму складі 1 - 3 % Si (БрКН1- 3, БрКМц3-1), слугують заміниками олов'янистих бронз (наприклад, БрОЦС6-6-3). Вони мають високі ливарні властивості, корозійну стійкість, пружність, допускають гарячу обробку тиском і обробку різанням. З кремнієвих бронз виготовляють прутки, смугу, виливки, заготовки для виробів, які працюють за температур до 500 °С.

Свинцева бронза (БрС30) широко використовується у машинобудуванні як антифрикційний матеріал.

**Латуні** – це подвійні або багатокомпонентні сплави міді, у яких основним легуючим елементом є цинк (до 45 %). При більшому вмісті цинку в латуні знижується міцність і зростає крихкість. Вміст інших легуючих елементів у спеціальних латунях не перевищує 7 - 9 %. Маркують латуні літерою Л, після якої цифрою вказують вміст міді у процентах (наприклад, сплав Л62 містить 62 % міді і 38 % цинку). 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 – за- лізо, Ф – фосфор). 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.

Залежно від вмісту Zn і структури при кімнатній температурі латуні поділяють на однофазні  $\alpha$ -латуні (до 39 % Zn) і двофазні  $\alpha+\beta$ -латуні (більше 39 % Zn). Якщо цинку в сплаві більше 39 %, утворюється крихка  $\beta$ -фаза – твердий розчин на основі електронної сполуки CuZn з ОЦК-ґраткою.

Однофазні латуні (Л62, Л68, Л80) пластичні, легко деформуються. Постачають їх у вигляді напівфабрикатів – прутки, дріт, смуга, стрічки тощо. З латуней типу Л62, Л68 виготовляють стрічки, гільзи патронів, радіаторні трубки, дріт, фольгу. Латунь марки Л80 (томпак) має колір золота. Використовують її при виготовленні ювелірних і декоративних виробів, а також для відповідальних деталей. Механічні властивості однофазних латуней (Л68, Л80, Л90) такі:  $\sigma_B = 260 - 320$  МПа, 53 - 55 НВ,  $\delta = 45 - 55$  %.

Двофазні  $\alpha+\beta$ -латуні мало пластичні, і вироби з них виготовляють в основному методом лиття. З ливарних латуней виробляють арматуру, фасонне лиття, втулки (ЛС59-

1Л); антифрикційні деталі (ЛМц58-2-2); корозійностійкі деталі (ЛА67-2,5); гребні гвинти, лопасті, арматуру, що експлуатується до 300 °С (ЛМцЖ55-3-1).

Додаткове легування латуней різними елементами підвищує їхні експлуатаційні властивості. Так, легування 1 - 2 % свинцю поліпшує оброблюваність сплаву різанням (ЛС59 – автоматна латунь); олово підвищує корозійну стійкість у морській воді; алюміній і нікель підвищують механічні властивості. ЛАН59-3-2).

Сплави міді з нікелем (основний легуючий елемент) використовують як конструкційні та електротехнічні матеріали.

Куніалі (Cu-Ni-Al) містять у своєму складі до 15 % Ni, 1,5 - 3 % Al, решта – мідь. Такі сплави піддають термічній обробці – гартуванню з наступним старінням. Куніалі використовують для виробництва деталей підвищеної міцності, виготовлення пружин, а також різних електромеханічних виробів.

Нейзильбери (Cu-Ni-Zn) містять у своєму складі до 15 % Ni, до 20 % Zn, решта – мідь. Мають колір близький до срібла, стійкі до атмосферної корозії. Ці сплави використовують у приладобудуванні, виробництві годинників.

Мельхіори (Cu-Ni+ невеликі добавки до 1 % Fe і Mn) мають високу корозійну стійкість, зокрема у морській воді. Використовуються для виготовлення теплообмінних апаратів, посуду, декоративних штампованих і карбованих виробів.

Копель (Cu-Ni-Mn) містить у своєму складі 45 % Ni, 0,5 % Mn, решта – мідь. Сплав з високим питомим електроопором використовують в електротехніці, а також для виготовлення електронагрівальних елементів.

Манганін (Cu-Ni-Mn) – МНМц3-12 відносять до реостатних сплавів, використовують в електротехніці. Таке саме застосування має і константан.

Константан (Cu-Ni-Mn) – 40 - 43 % Ni, 0,5 - 1,5 % Mn, решта – мідь (МНМц40-1,5).

### **Завдання**

1. Назвати основні сплави на основі міді.
2. Латунь, її властивості та застосування.
3. Бронза, її властивості та застосування.
4. Маркування бронз і латуней.
5. Які сплави міді з нікелем використовують як конструкційні електротехнічні матеріали?