

Сплави на основі магнію. Мідь і її сплави

Магній – метал сріблясто-білого кольору. Він не має поліморфних перетворень та кристалізується у ГЦ решітці з періодами $a = 0,3202$ нм, $c = 0,5199$ нм ($c/a = 1,6209$).

Магній та його сплави відрізняються низькою щільністю, хорошою оброблюваністю різанням, здібністю сприймати ударні та гасити вібраційні навантаження. Питома вібраційна міцність магнієвих сплавів з урахуванням здатності до деформування майже у 100 раз більша, ніж у дюралюмінію, та у 20 раз, ніж у легованих сталей. Теплопровідність магнію у 1,5, а електрична провідність – у 2 рази нижча, ніж у алюмінію. Приблизно у 1,5 рази менше, ніж у алюмінію, і його модуль нормальної пружності. Однак магній та алюміній близькі за питомою жорсткістю.

У залежності від вмісту домішок встановлені наступні марки магнію (ГОСТ 804 – 93: Мг96 (99,96 % Mg), Мг95 (99,95 % Mg), Мг90 (99,90 % Mg). На даний час освоєне виробництво магнію високої чистоти (99,9999 % Mg). Домішки Fe, Si, Ni, Cu знижують і без того низькі пластичність та корозійну стійкість магнію. При нагріванні магній активно окислюється при температурі вище 623 °С на повітрі займається. Це ускладнює плавку та розлив магнію та його сплавів. Порошок, тонка стрічка, мілка стружка магнію представляє велику небезпеку, тому що вони спроможні samozapalюватись на повітрі, горять з виділенням великої кількості теплоти з випромінюванням осліплюючого світла.

Литий магній має крупнокристалічну структуру та низькі механічні властивості: $\sigma_b = 110 \dots 120$ МПа; $\sigma_{0,2} = 20 \dots 30$ МПа; $\delta = 6 \dots 8$ %; твердість – 30 НВ. Модифікування цирконієм та пластична деформація, що призводять до подрібнення структури, дещо покращують його механічні властивості: $\sigma_b = 260$ МПа; $\delta = 9$ % (холоднокатаний лист). Відпал для зняття наклепу проводять при 330 – 350 °С, в результаті чого магній має наступні властивості:

$\sigma_B = 190$ МПа; $\sigma_{0,2} = 98$ МПа; $\delta = 15...17$ %; твердість – 40 НВ. Наклеп для зміцнення магнію застосовують рідко, тому що він викликає виникнення розвиненої текстури деформації та анізотропії властивостей. Магній та його сплави оброблюють тиском при 350 – 450 °С у стані найбільшої пластичності.

Чистий магній через низькі механічні властивості як конструкційний матеріал майже не використовують. Його застосовують у піротехніці, у хімічній промисловості для синтезу органічних з'єднань, у металургії різних металів та сплавів як розкислювач, відновлювач та легувальний елемент.

Перевагою магнієвих сплавів є високо питома міцність. Тимчасовий опір окремих сплавів досягає 250 – 400 МПа при густині менше $2 \cdot 10^3$ кг/м³ (табл. 1). У гарячому стані магнієві сплави добре куються, прокатуються та пресуються.

Основними легуючими елементами магнієвих сплавів є Al, Zn, Mn. Для додаткового легування використовують Zr, Cd, Ce, Nd та інші елементи. Механічні властивості сплавів магнію при 20 – 25 °С покращуються при легуванні Al, Zn, Zr (рис.1), при підвищеній температурі – додаванням Ce, Nd (рис. 2).

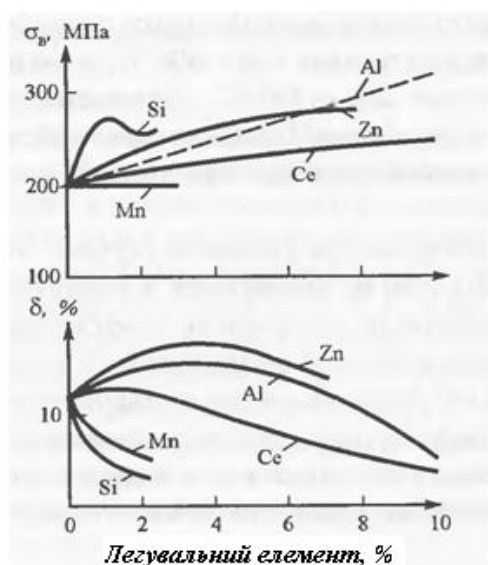


Рис. 1. Вплив легуючих елементів на механічні властивості магнію при 20°C (пресовані прутки).

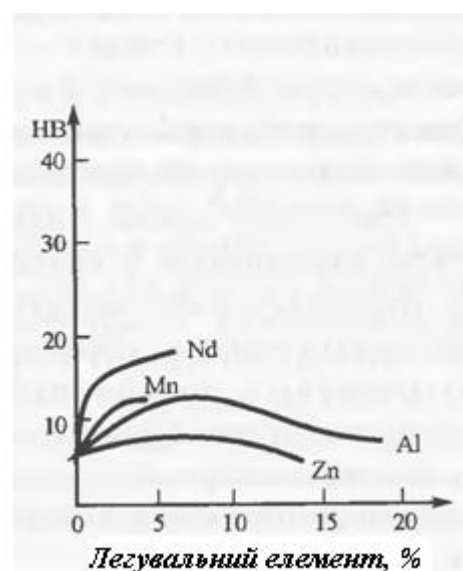


Рис. 2. Вплив легувальних елементів та твердість магнію при 250°C.

Таблиця 1 –

Хімічний склад та механічні властивості магнієвих сплавів

Марка сплаву	Вміст елементів (інше Mg), %				σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	КСУ МДж/м ²	НВ
	Mn	Zn	Al	Інші	МПа		%			
Деформовані сплави (ГОСТ 14957 – 76)										
МА5*	0,15 – 0,5	0,2 – 0,8	7,8 – 9,2	–	320	220	14	–	–	55
МА11*	1,5 – 2,5	–	–	2,5 – 4 Nd, 0,1 – 0,25 Ni	280	140	10	–	0,35	–
МА14*	–	5 – 6	–	0,3 – 0,9 Zr	350	300	9	–	0,6	60
МА19*	–	5,5 – 7	–	0,5 – 1 Zr, 0,2 – 1 Cd, 1,4 – 2 Nd	380	330	5	–	0,5	80
Ливарні сталі (ГОСТ 2856 – 79)										
МЛ5*	0,15 – 0,5	0,2 – 0,8	7,5 – 9	–	255	120	6	15	0,5	25
МЛ8*	–	5,5 – 6,6	–	0,7 – 1,1 Zr, 0,2 – 0,8 Cd	255	155	5	13	–	–
МЛ12*	–	4 – 5	–	0,6 – 1,1 Zr	270	160	6	12	0,4	–
МЛ9	–	–	–	0,4 – 1 Zr, 0,2 – 0,8 Y, 1,9 – 2,6 Nd	200	95	8	–	0,7	–
МЛ10	–	0,1 – 0,7	–	0,4 – 1 Zr, 2,2 – 2,8 Nd	200	95	6	–	0,5	26
МЛ15	–	4 – 5	–	0,7 – 1,1 Zr, 0,6 – 1,2 La	210	130	3	5	0,5	28

* Властивості приведені після гартування та старіння; для інших сплавів – в литому стані.

Цирконій та церій модифікують структуру сплавів магнію. Особливо ефективно модифікує цирконій. Домішка 0,5 – 0,7 % Zr зменшують розмір зерна магнію у 80 –100 раз. Це пояснюється структурною та розмірною відповідністю кристалічних решіток Mg та Zr_{α} (ГЦ з періодами $a = 0,3223$ нм, $c = 0,5123$ нм). Крім того, цирконій та марганець сприяють усуненню або незначному зменшенню впливу домішок заліза та нікелю на властивості сплавів. Вони утворюють з цими елементами проміжкові фази великої щільності, які при кристалізації випадають на дно тиглю, тим самим очищує сплави від шкідливих домішок.

За технологією виготовлення магнієві сплави розділяють на ливарні (МЛ) та деформовані (МА); за механічними властивостями – на сплави з невисокою та середньою міцністю, високоміцні та жароміцні; за схильністю до зміцнення за допомогою термічної обробки – на зміцнювані та незміцнювані. Для підвищення пластичності магнієвих сплавів в них знижують вміст шкідливих домішок Fe, Ni, Cu (сплави підвищеної чистоти). В цьому випадку до марки сплаву додають малі літери «пч», наприклад, МЛ5пч або МА2пч.

Мідь і її сплави. Мідь – метал червонувато-рожевого кольору, що має ГЦК-решітку з періодом $a = 0,3608$ нм, без поліморфних перетворень. Мідь менш тугоплавка, ніж залізо ($t_{пл} = 1083$ °C), але має велику густину ($\rho = 8,9$ г/см³). Мідь дуже технологічна: легко прокачується в тонкі листи та стрічки, з неї витягують тонкий дріт, добре зварюється і паяється, добре полірується. Домішки O₂, H, Bi, Pb погіршують зварюваність. У міді високі теплопровідність і електропровідність, хороша антикорозійна стійкість (рис. 3).

Розчинні в міді елементи Al, Fe, Ni та інші підвищують твердість і міцність, а також використовуються для легування сплавів міді. Нерозчинні елементи Pb, Bi утворюють легкоплавкі евтектики по межах зерна і викликають явища червоноламкості, як у сталей.

Холодна пластична деформація зміцнює мідь, але знижує електропровідність міді (рис. 4).

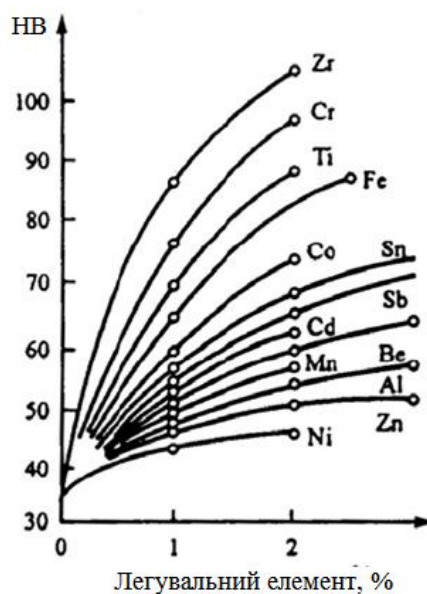


Рис. 3. Вплив легуючих елементів на твердість міді.

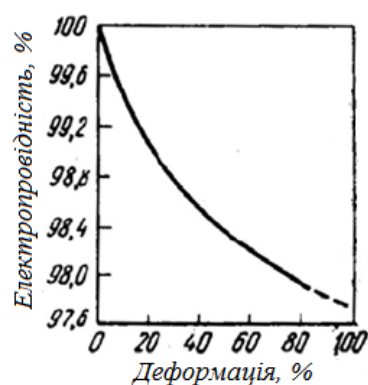


Рис. 4 . Вплив наклепу на електропровідність міді.

У промисловості застосовується мідь технічна і чиста наступних марок (табл. 2).

Таблиця 2 –

Склад технічної міді

Марка	Cu	Домішки (не більше)		
		Bi	Pb	$\Sigma_{\text{доміш.}}$
M000	99,99	0,0005	0,001	0,01
M1	99,9	0,001	0,1	0,1
M2	99,7	0,002	0,01	0,3
M3	99,5	0,003	0,05	0,5

В табл. 2 наведено склад технічної міді. Літера М в маркуванні вказує на «мідь», числа 1, 2, 3 – вказують на ступінь чистоти.

Сплав міді з цинком (латунь). Практичне застосування мають мідні сплави з цинком до 45 %, які називаються латунями. Діаграма стану представлена на рис. 5.

Мідь з цинком утворюють твердий розчин α з граничною концентрацією 39 % цинку. При більшій концентрації утворюється електронне з'єднання Cu-Zn – β -фаза з кристалічною решіткою ОЦК. При 454...468 °С настає впорядкування β' -фази. Ці зміни в структурі підвищують твердість та крихкість фази β' . Якщо вона з'являється в сплаві, то змінюються властивості сплаву (рис. 6).

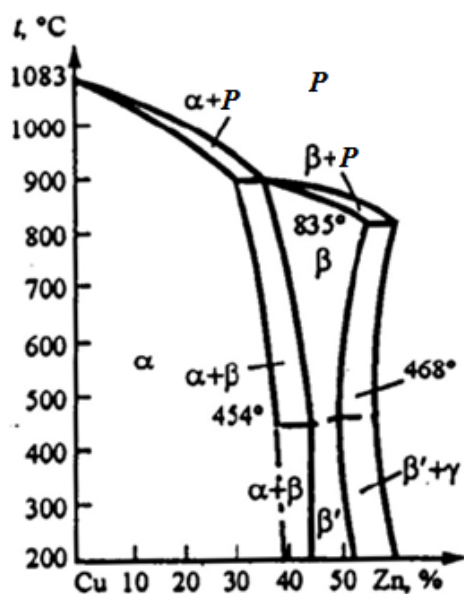


Рис. 5. Діаграма стану мідь цинк (латунь).

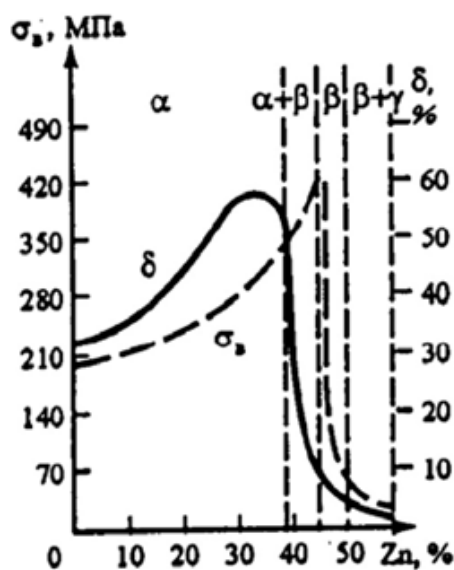


Рис. 6. Вплив цинку на механічні властивості латуні.

Сплави з великим вмістом цинку відрізняються високою крихкістю.

Латуні поділяються на:

- однофазні зі структурою α -твердого розчину;
- двофазні зі структурою $\alpha + \beta$ -фаз.

Однофазні латуні добре деформуються в холодному стані, що значно підвищує твердість. Маркують латуні літерою «Л», за якою слідує цифра, яка вказує вміст цинку. У складних латунях вказують легуючі елементи: С – свинець, Мц – марганець, Ж – залізо (табл. 3).

При вмісті олова близько 6 % у структурі сплаву з'являються продукти розпаду евтектоїду $\gamma \rightarrow \alpha + \delta$. Фаза δ представляє собою електронне з'єднання $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, що має високу твердість і крихкість. Поява δ -фази викликає різке зниження в'язкості і пластичності (рис. 7, рис. 8).

Легувальні елементи Zn, Pb, Ni, P сприяють підвищенню механічних властивостей бронз (табл. 4), поліпшується рідкоплинність, густина виливків; сприяють якісному зварюванню та пайці, обробленню різанням.

Маркуються бронзи наступним чином: Бр03Ц12С5, де Бр – бронза; 03 – 3 % олова; Ц12 – 12 % цинку; С5 – 5 % свинцю.

Таблиця 3 –

Склад і властивості подвійних латуней

Марка латуні	Вміст, ¹ %		Механічні властивості	
	Сu	домішок	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
ЛЦ40С	57...60	2,0	215 (22)	12...20
ЛЦ40Мц1,5	57...60	2,0	372...390 (38...40)	20...30
ЛЦ40Мц3А	55...58	1,5	440 (45)	15
ЛЦ38Мц2С2	57...60	2,4	245...343 (25...35)	10...15
ЛЦ30А3	66...68	2,6	294...392 (30...40)	12...15
ЛЦ23А6Ж3Мц	64...68	1,8	686...705 (70...72)	7
Л96	95...97	0,2	240	52
Л90	88...91	0,2	260	44
Л85	84...86	0,3	280	43
Л80	79...81	0,3	310	52

¹ Інше – цинк.

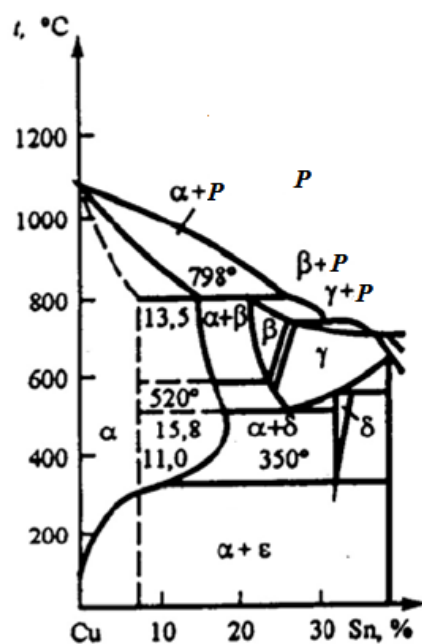


Рис. 7. Діаграма стану мідь-олово.

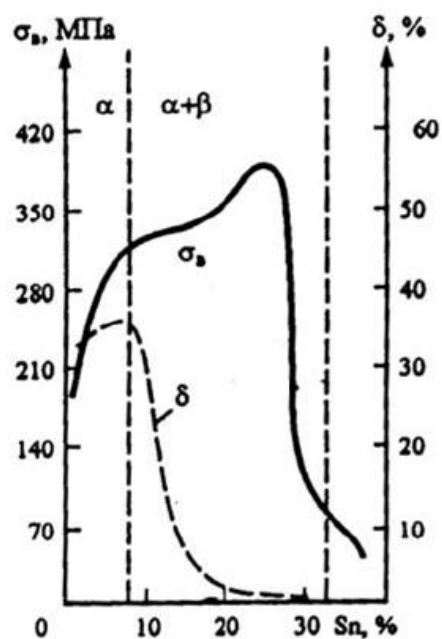


Рис. 8. Вплив олова на пластичність бронз.

Таблиця 4 –

Склад і властивості деяких олов'янистих бронз

Марка бронзи	Вміст елементів, %					Механічні властивості		Основне призначення
	Sn	Zn	Pb	Ni	P	σ_b , МПа	δ , %	
БрО10	9...11	—	—	—	—	250	5	Складне лиття, підшипники, шестерні
БрО10-1	9...11	—	—	—	0,8...1,2	250	5	Те саме
БрОЦСН 3-7-5-1	2,5...4	6...9,5	3...6	0,5...2	—	200	10	Водяна та парова арматура, шестерні
БрОЦС 5-5-5	4...6	4...6	4...6	—	—	170	8	Те саме
Бр-1	4...7	5...8	1,4	—	—	—	—	Художнє лиття
БрОФ 4-0,25	3,5...4	—	—	—	0,1...0,25	350	50	Лист, стрічка, дріт (обробл. тиском)