Лекція № 5,6

Кольорові сплави в с/г техніці

1. Переваги і недоліки кольорових сплавів.
2. Класифікація кольорових сплавів.
3. Характеристика алюмінієвих сплавів.
4. Сплави на основі міді та їх використання.
5. Перспективи використання титанових і магнієвих сплавів.
6. Характеристика й призначення бабітів.

1. Переваги і недоліки кольорових сплавів.

Переваги кольорових сплавів

- Корозійна стійкість
- Мала густина (алюмінієві, титанові, манієві)
- Висока теплопровідність (мідні, алюмінієві)
- Низька теплопровідність (титанові)
- Високі ливарні властивості (силумін)
- Низький коефіцієнт тертя (бабіт)
- Низький коефіцієнт теплового розширення при нагріванні (силумін)

Питома міцність матеріалів*

матеріал	σ_B, МПа	γ, г/см^3	σ_B / γ
Легована сталь	1200	7,85	150
Алюмінієві сплави	500	2,72	180
Магнієві сплави	260	1,74	150
Титанові сплави	1250	4,5	280

*Питома міцність матеріалів – середня міцність на одиницю маси конструкції

Недоліки кольорових сплавів

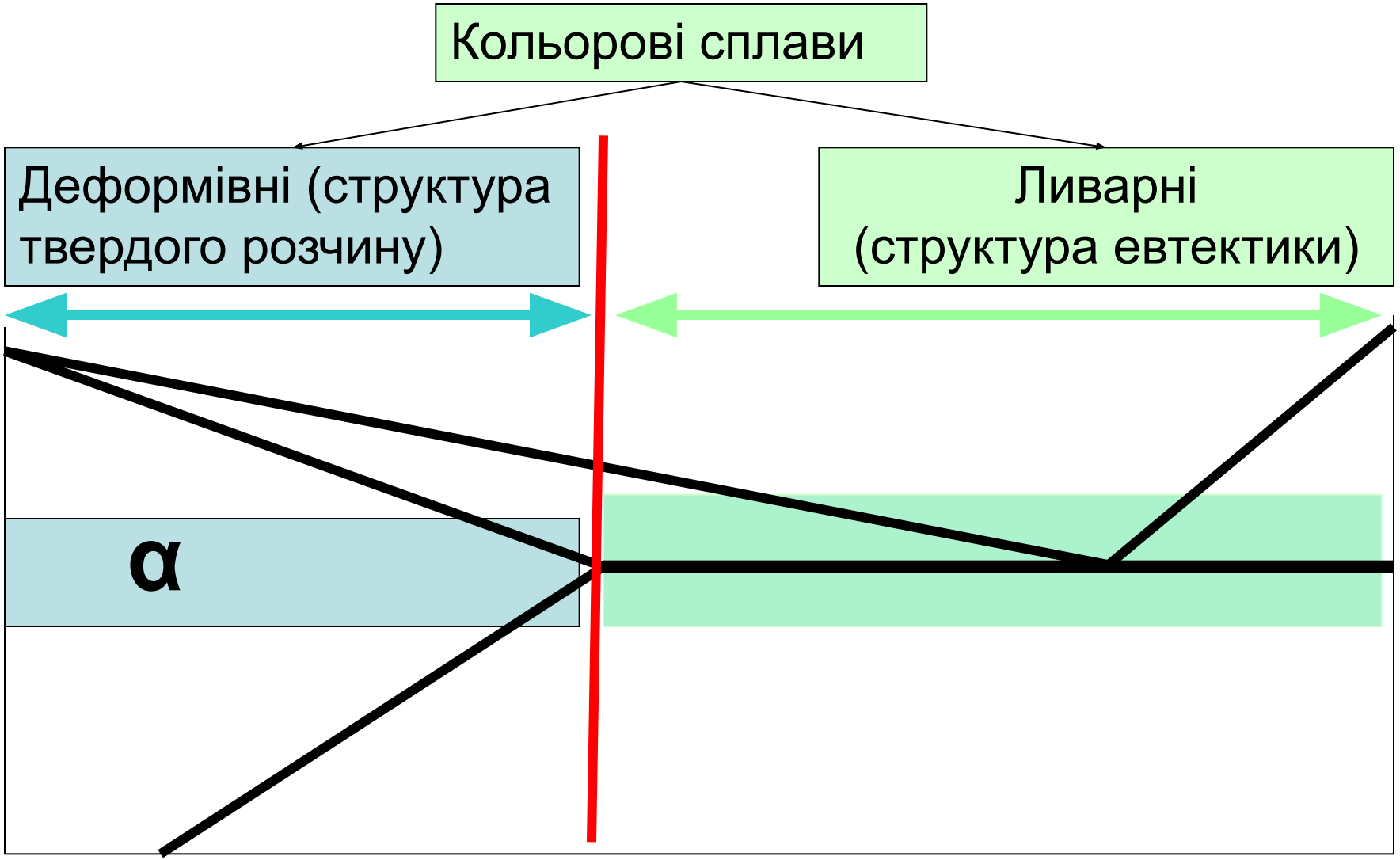
- Висока вартість
- Складність технологічних процесів виробництва
- Низька питома міцність (мідні, олов’яні, свинцеві)

2. Класифікація кольрових сплавів

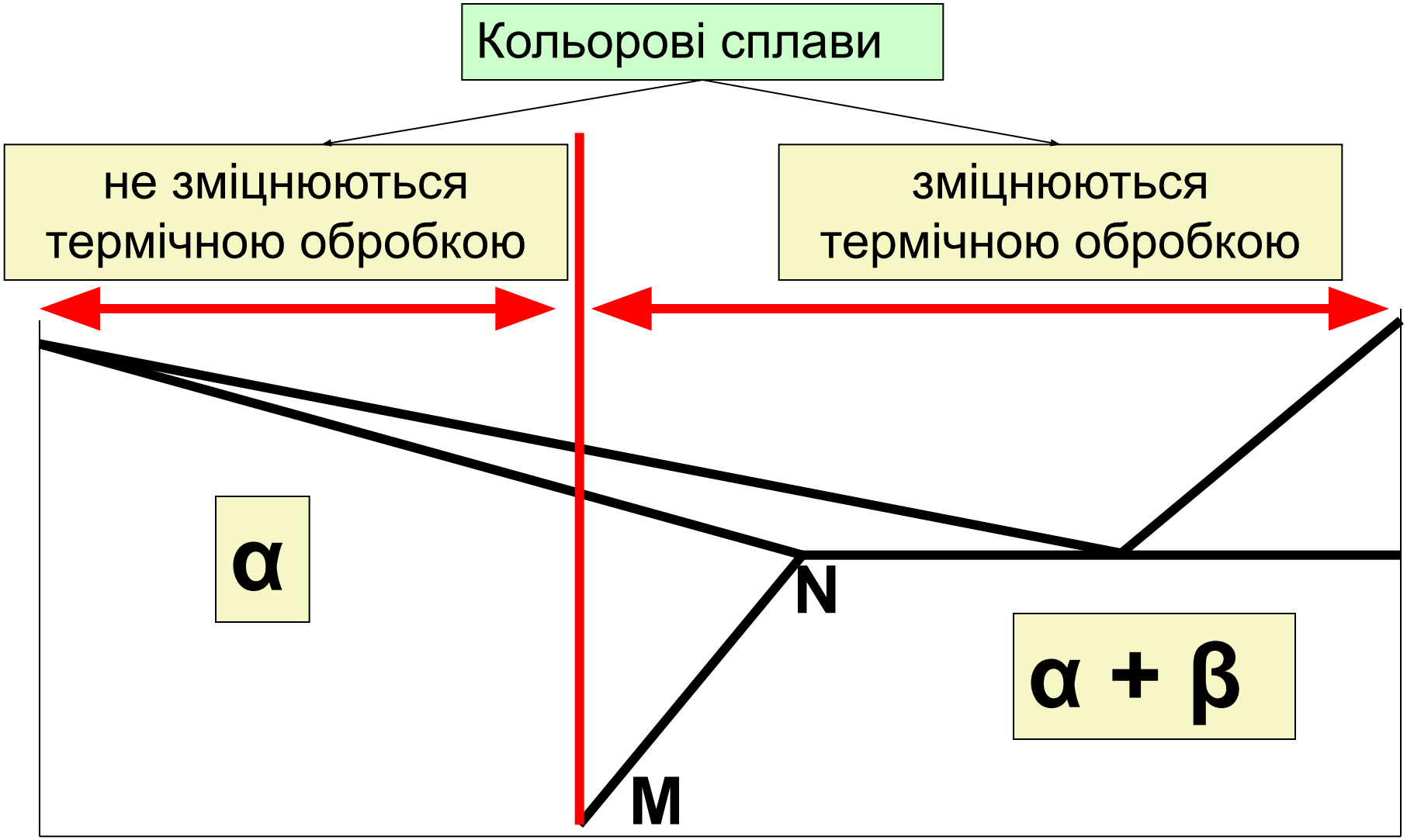
За діаграмами фазової рівноваги кольорові сплави розділяють :

- за технологічними властивостями;
- за здатністю до термічної обробки.

Класифікація за технологічними властивостями



Класифікація за здатністю до термічної обробки



Здатність до термічної обробки

- Не зміцнюються термічною обробкою однофазні сплави

- Зміцнюються термічною обробкою двофазнці сплави за умови, що хоча б одна з фаз має змінну розчинність

4. Характеристика алюмінієвих сплавів.

Характеристика алюмінію.

Алюміній відносять до легких кольорових металів: його густина при кімнатній температурі становить 2,7 г/см^3. Алюміній має ГЦК решітку, температура плавлення 660°С. За електропровідністю займає четверте місце серед металів після срібла, міді та золота: при 25°С його електропровідність становить 65% електропровідності міжнародного еталону відпаленої міді.

Алюміній має **низьку міцність** (близько 40 МПа) та **високу пластичність** (δ досягає 50%).

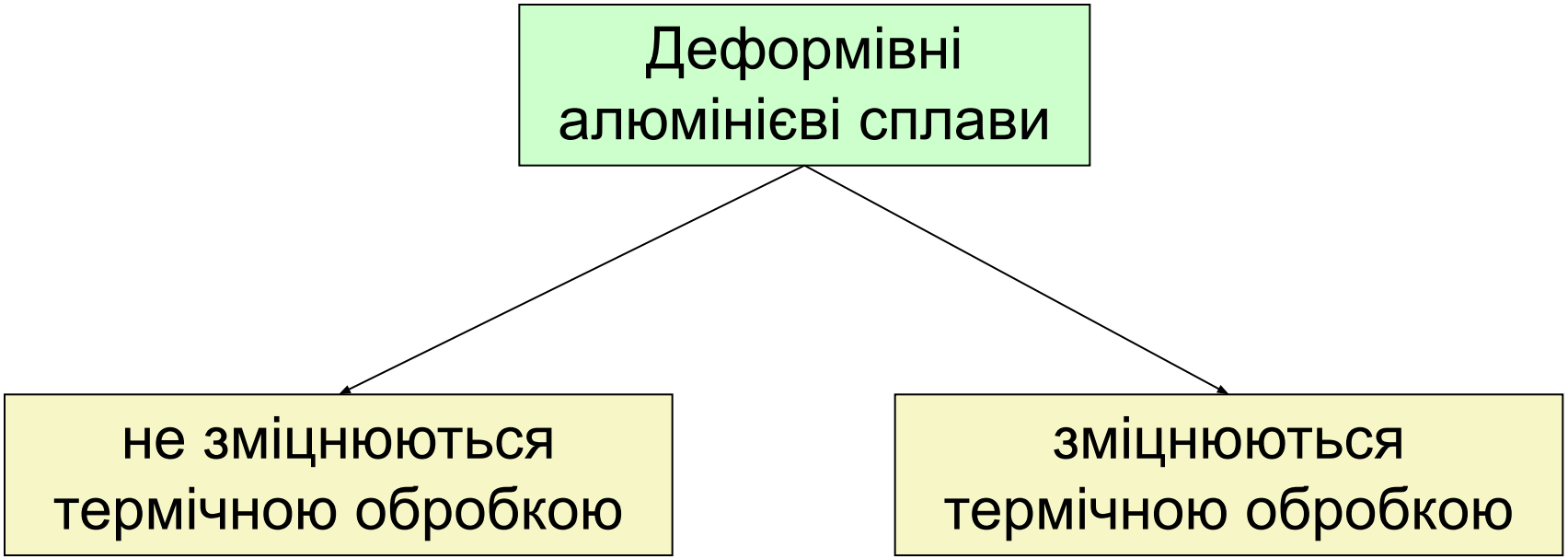
Через тонку (до 5 нм) оксидну плівку, що вкриває поверхню, алюміній має високу стійкість проти атмосферної корозії.

Основна негативна домішка - це залізо.

Властивості алюмінієвих сплавів

- значна корозійна стійкість в багатьох середовищах,
- низька густина, висока питома міцність,
- висока технологічність (сплави виплавляють та обробляють тиском при невисоких температурах в **повітряній** атмосфері),
- добрі ливарні властивості (силумін),
- висока пластичність (дюралюмін),
- висока теплопровідність.

Деформівні алюмінієві сплави



Деформівні алюмінієві сплави, які <u>не зміцнюються</u> термічною обробкою

Сплави на базі системи **Al-Mg** називають *магналіями* (АМг1...АМг6). Цифри в наведених марках означають середню кількість магнію в сплаві, зростання якої веде до зміцнення магналій.

Важливі **<u>переваги</u>** магналій - висока корозійна стійкість та добра зварюваність, що зумовило широке використання цих сплавів для виготовлення зварних конструкцій різного призначення. Їх **<u>недолік</u>** - низька границя текучості, яку можна підвищити нагартовкою в холодному стані та низька тепломіцність, що забороняє використовувати ці сплави при високих температурах.

До цієї групи відносять і сплав АМц, з якого виготовляють зварні бензобаки, мастилопроводи, через його корозійну стійкість та зварюваність.

Типові механічні властивості і склад алюмінієвих сплавів, що деформують

Марка сплаву		Стан	σ,	δ,	Cu	Mg	Mn	Fe	Si
літерна	цифрова		МПа	%				не більше	
Сплави, що не зміцнюються термічною обробкою									
АМц	1400	М	130	25	-	<0,2	1,0-1,6	0,7	0,6
АМг2	1520	М	190	23	-	1,8-2,6	0,2-0,6	0,10	0,10
АМг6	1560	Н	450	11	-	5,8-6,8	0,5-0,8	0,40	0,40

Деформівні алюмінієві сплави, які <u>зміцнюються</u> термічною обробкою

Найбільш поширену групу цих сплавів становлять ***дюралюміни***, що одержали свою назву за назвою німецького міста Duren, де було започатковано промислове виробництво дюралюміну.

Маркірують: Д1, Д16, Д20

“Д” – дюралюмін

1, 16, 20 – номер сплава

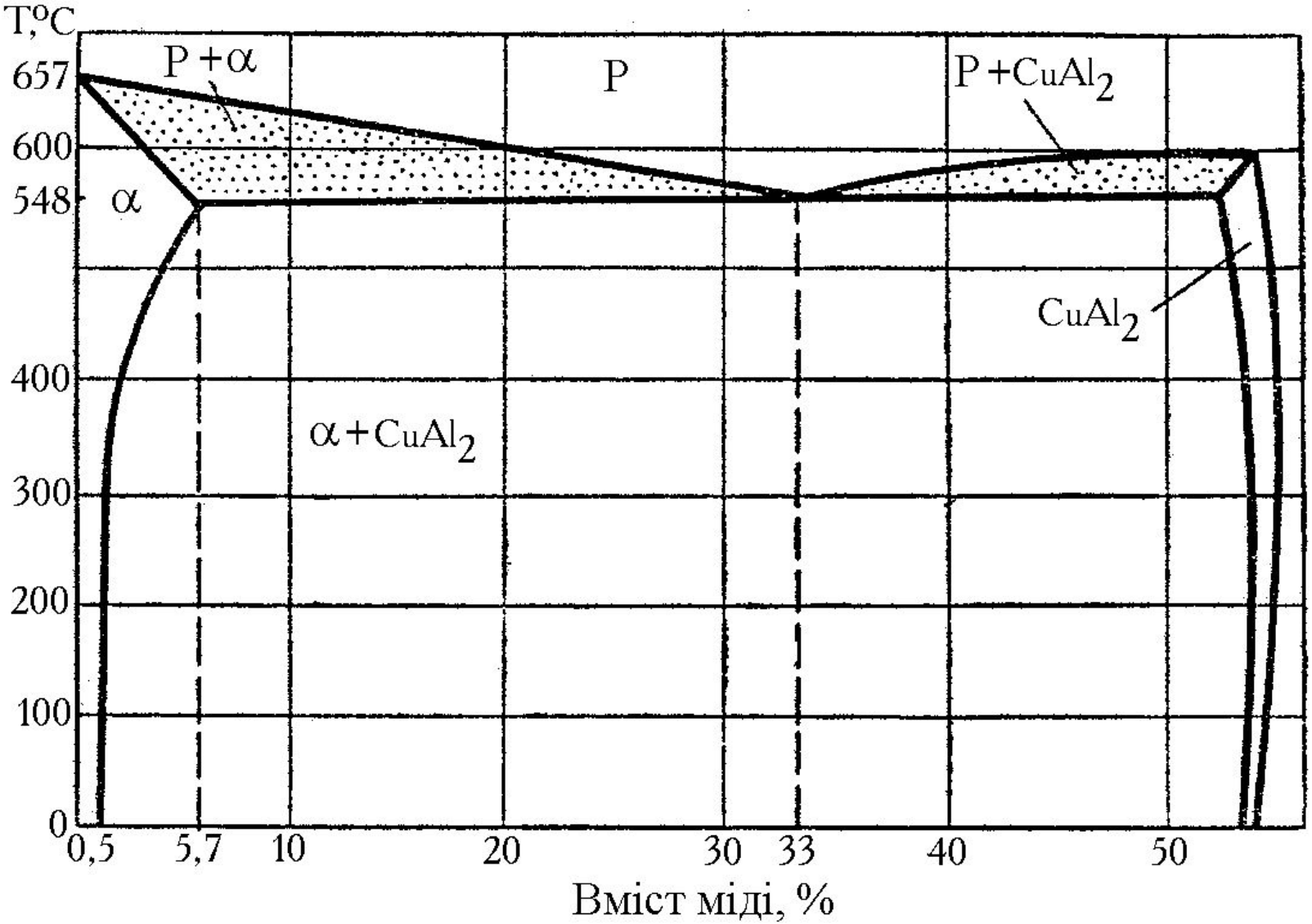
Типові механічні властивості і склад дюралюмінів

Марка сплаву		σ, МПа	δ, %	Cu	Mg	Mn	Fe	Si
літерна	цифрова						не більше	
Д1	1110	480	14	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7	0,7
Д16	1160	520	13	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	0,5	0,5

Використання:

- Дюралюмін задовільно обробляється різанням після термічної обробки, добре зварюється точковим зварюванням.
- Дюралюміни широко використують для деталей літаків (лонжерони, шпангоути, обшивка та ін.), будівельних конструкцій, труб, кузовів вантажних автомобілів та ін. Сплав Д18 є одним з основних матеріалів для заклепок.

Діаграма стану для дюралюміна



Термічна обробка дюралюміна.

Термічна обробка дюралюміна - гартування із старінням.

Температура гартування повинна бути вищою за лінію граничної розчинності відповідно до діаграми стану

Дюралюмін загартовують у воді, при чому час перенесення садки з печі до гартівного середовища не повинен перевищувати 15 с, тому що переохолоджений твердий розчин розпадається дуже швидко.

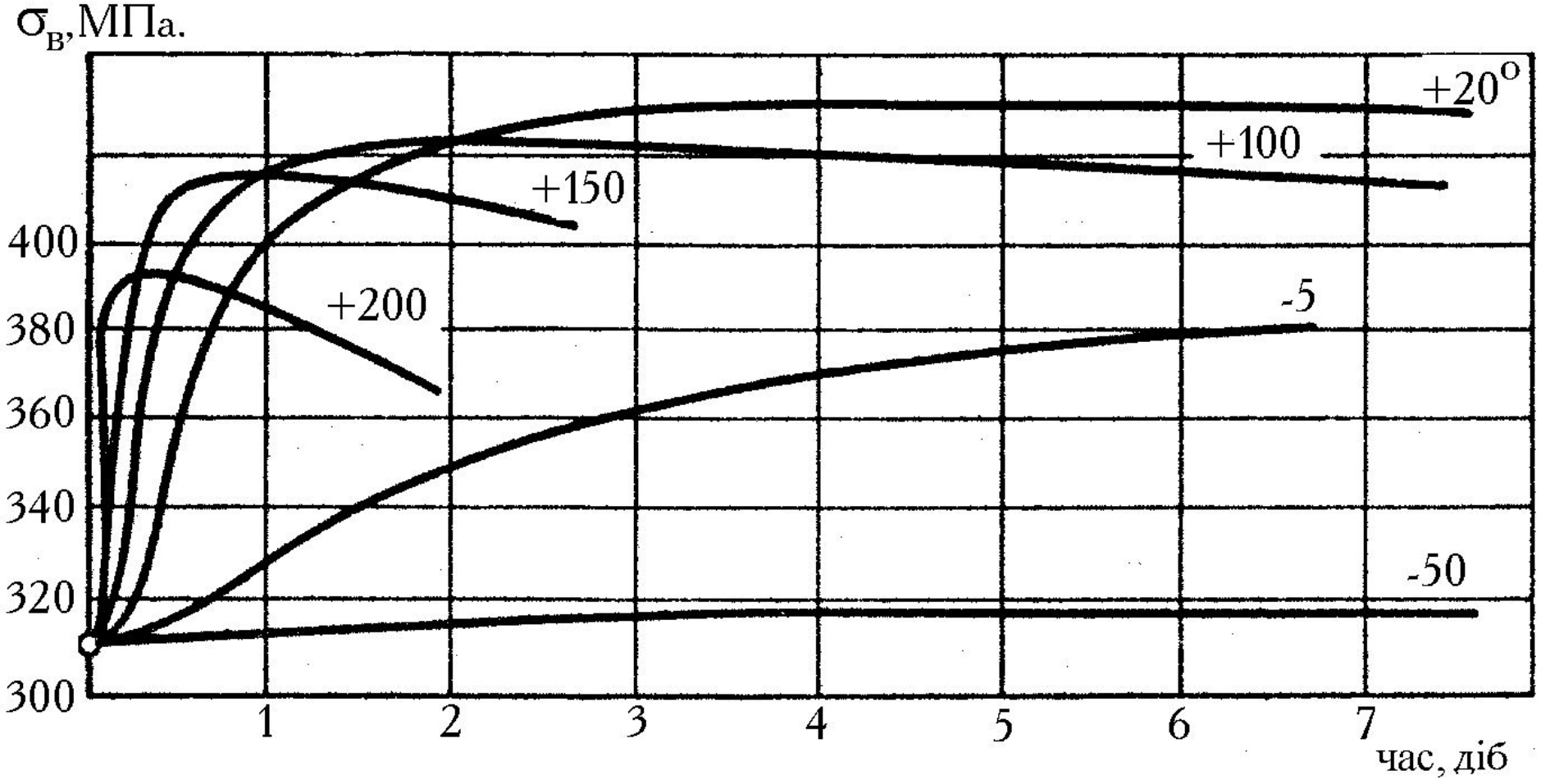
Властивості дюралюміна після термічної обробки

Безпосередньо після гартування дюралюмін має малу міцність (240...260 МПа), низьку твердість (НВ 60...80), але високу пластичність (δ= 20...22%), яка допускає значне деформування при обробці тиском. В процесі подальшого природного (протягом 4...10 діб) або штучного (при температурі 100...150°С) старіння дюралюмін зміцнюється й набуває таких властивостей: σ_{B}= 420...470 МПа, НВ90...100, δ =18%.

Властивості дюралюміна після термічної обробки

Властивості дюралюміна	**$\sigma_в$, МПа**	**δ, %**	**НВ**
Після гартування	240...260	20...22	60...80
Після старіння	420...470	18	90...100

Вплив старіння на міцність дюралюмінів



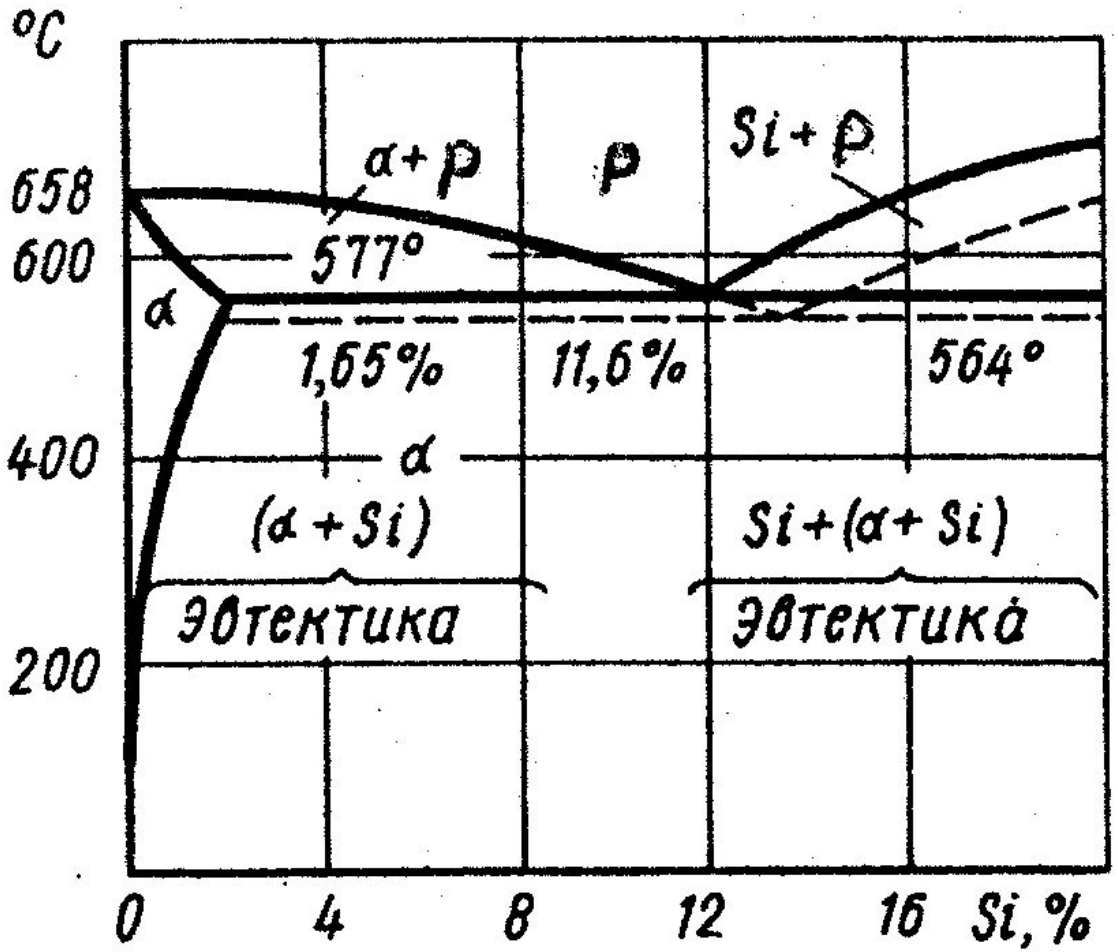
Ливарні алюмінієві сплави

Ливарні алюмінієві сплави класифікують за хімічним складом і, відповідно до ДСТУ, маркирують літерою “А”, за якою йдуть літери, що позначають легуючий елемент:

К - кремній, М - мідь, Мг - магній, Кд - кадмій. Цифри після позначення елемента вказують його середню кількість у відсотках.

Літери “ч” (чистий) і “пч” (підвищеної чистоти) вказують на знижену кількість домішок.

Найпоширенішою групою ливарних алюмінієвих сплавів є ***силуміни*** - сплави на основі системи Al-Si. Більшість силумінів є доевтектичними сплавами, в яких кількість кремнію становить 4...13%.



Модифікування силумінів

Пластинчаста форма **кремнію** в евтектиці зумовлює низькі механічні властивості силуміну. Для підвищення міцності та пластичності силуміни ***модифікують*** доданням приблизно 0,01% ***натрію***, що вводять у вигляді суміші 2/3 NaF і 1/3 NaCl (1...2% від маси розплаву). Оскільки підвищення механічних властивостей при модифікуванні пов'язане із зміною форми кремнію в евтектиці, то чим більше евтектики, тим сильніше вплив модифікування на його властивості. Якщо кількість кремнію не перевищує 5%, силумін **не модифікують**.

Аналогічний вплив має і прискорення процесу кристалізації: в тонкостінних кокільних виливках та деталях, відлитих під тиском, евтектика без додання модифікатору має модифікований вигляд.

Мікроструктура литого (а) і модифікованого (б) силуміну

а)

б)

Використання силумінів

Їх зміцнюють термічною обробкою, вони мають добрі ливарні властивості та достатню міцність. Багато деталей з цих силумінів через високу герметичність працюють в пневмо- та гідросистемах, бо не дають течії під тиском повітря, води або масла. Їх широко використовують для головок циліндрів двигунів, картерів зчеплення, впускних трубопроводів та ін.

Особливу групу складають *поршневі сплави*. Сплав для поршнів двигунів внутрішнього згоряння повинен бути жароміцним (днище поршня може розігріватися до 350^0С), мати низький температурний коефіцієнт лінійного розширення, мати високу стабільність розмірів та високу зносостійкість. Жароміцність забезпечують добавки міді, нікелю і магнію, які утворюють велику кількість інтерметалідів.

Режими термічної обробки та гарантовані властивості силумінів

Марка	**Гартування**		**Старіння**		$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Т, °С	τ, год	Т, °С	τ, год		
АК12	-	-	-	-	160	1,0
АК9	-	-	-	-	160	1,0
	-	-	175	5-17	200	0,5
	535	2-6	175	10-15	250	1,0
АК9ч	535	2-6	175	10-15	230	3,0
АК5М	515	3-5				
	525	1-6	175	5-10	200	1,0
АК8М3ч	510	4-6	160	6-12	400	4,0
	-	-	-	-	300	2,0
АК8М4,5Кд	535	5-9				
	545	5-9	170	6-10	500	4,0

Ливарні сплави на базі системи ***Al-Cu***

Позитивними якостями *ливарних сплавів на базі системи Al-Cu* є **висока міцність** та **жароміцність**, а основний недолік - більш низькі, в порівнянні з силумінами, ливарні властивості. З таких сплавів виготовляють високонавантажені деталі, що працюють при температурах 250...300^{0}С. Найбільш міцним з ливарних алюмінієвих сплавів цієї групи є АМ4,5Кд. Виключну роль в зміцненні цього сплава має додання 0,07...0,25% кадмію, який при старінні за режимом Т6 при температурі 170°С протягом 6...10 годин сприяє виділенню зміцнюючої фази $CuAl_2$ в дуже дисперсній формі.

Ливарні сплави на базі системи ***Al-Mg***

Високу міцність мають і *ливарні магналії* АМг6Л та АМг10 (це типові сплави на основі системи Al-Mg), де магній, що зміцнює сплав, входить до твердого розчину на основі алюмінію. Ці сплави піддають лише гартуванню, тому що старіння, даючи невелике зміцнення, призводить до значного <u>зниження</u> пластичності та корозійної стійкості.

Режими термічної обробки та гарантовані властивості ливарних алюмінієвих сплавів

Марка	Вид термо-	Гартування		Старіння		$\sigma_в$,	δ,
сплаву	обробки	Т, ^oC	τ, год	Т, ^oC	τ, год	МПа	%
АМ4,5Кд	Т6	535	5-9				
		545	5-9	170	6-10	500	4,0
АМг10	Т4	430	20	-	-	320	12

4. Характеристика мідних сплавів.

Характеристика міді.

Мідь - це важкий кольоровий метал: її густина при 20°С дорівнює 8,96 г/см3; вона має ГЦК решітку і плавиться при температурі 1083°С. У міді вісокої чистоти σ_B=220 МПа, δ=50%.

Мідь знаходиться на другому місці серед кольорових металів після алюмінію. **Головні напрямки** використання мідних сплавів визначаються **високими електротехнічними властивостями міді, її стійкістю проти корозії, значною пластичністю.**

Мідь має **найменший після срібла питомий опір**, тому широко використується для виготовлення провідників струму.

Через високу **пластичність** мідь добре обробляється штампуванням в гарячому й холодному стані. Найменша товщина листа або стрічки буває 0,05...0,06 мм, а діаметр дроту може становити 0,02...0,03 мм.

Мідь має задовільну **корозійну стійкість** в повітряній атмосфері. При взаємодії з повітрям на міді утворюється захисна плівка (патина), яка в залежності від вологості та складу атмосфери, а також тривалості перебування в ній має різний склад і різні відтінки.

Шкідливі домішки у мідних сплавах

Шкідливими домішками є **свинець, вісмут та кисень,** які мало розчиняються в міді в твердому стані та погіршують її схильність до деформування.

Свинець і вісмут утворюють по межах зерен легкоплавкі евтектики й підвищують **гарячеламкість.**

Кисень - домішка, яка найчастіше зустрічається в значних кількостях, тому що він легко потрапляє при плавленні. Кисень практично не розчиняється в міді в твердому стані і утворює евтектику, що складається з міді та оксиду міді Cu_2O. Особливо шкідливою домішка кисню стає тоді, коли мідь відпалюють або експлуатують в атмосфері, яка містить водень. Атоми водню, що розчиняються в твердій міді, швидко дифундують по міжвузлях в глибину металу, й під час відновлення оксиду міді утворюється водяна пара, яка розчиняється в міді. Під тиском цієї пари виникають мікротріщини та здуття. Це явище називають *водневою хворобою міді.*

Властивості мідних сплавів

- значна корозійна стійкість в багатьох середовищах,
- велика густина, мала питома міцність,
- добрі ливарні властивості (бронзи),
- висока пластичність (латуні),
- висока теплопровідність,
- малий коефіцієнт тертя (бронзи).

Види мідних сплавів

мідні сплави

латунь

базові елементи: **Cu+Zn**

бронза

базові елементи: **Cu+Al, Si, Sn, …,**

крім Zn і Ni

міднонікелеві

базові елементи: **Cu+ Ni**

Монель

Манганін

Мельхіор

Латуні

Л а т у н я м и називають сплави на основі міді, де основною добавкою є цинк.

Технічні латуні містять до 40...45% цинку.

Ці сплави **добре** обробляються **тиском**. В більшості латунь йде на виробництво **деформованих** напівфабрикатів: листів, стрічок, дротів, труб і т.і.

Частина діаграми стану Cu-Zn.

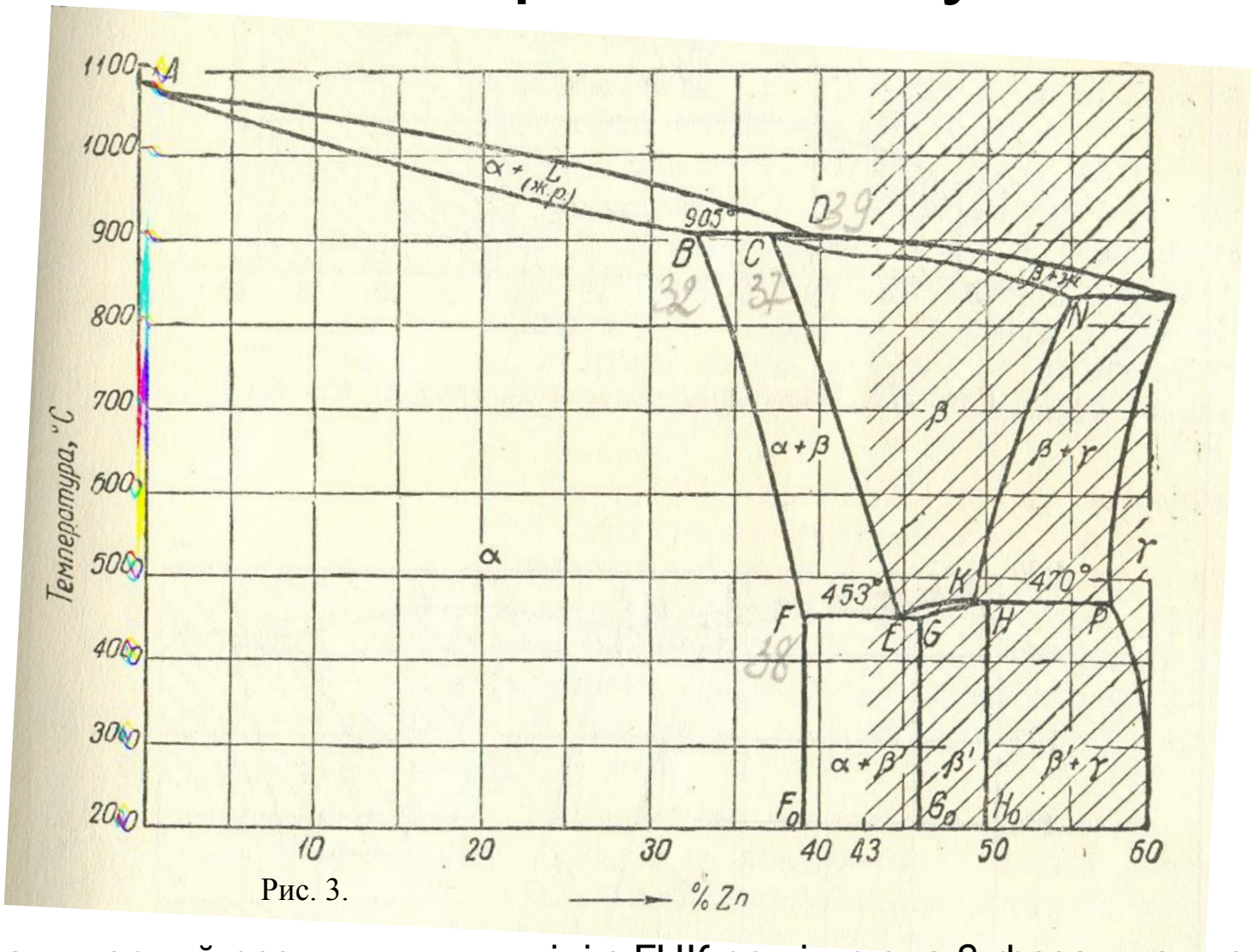
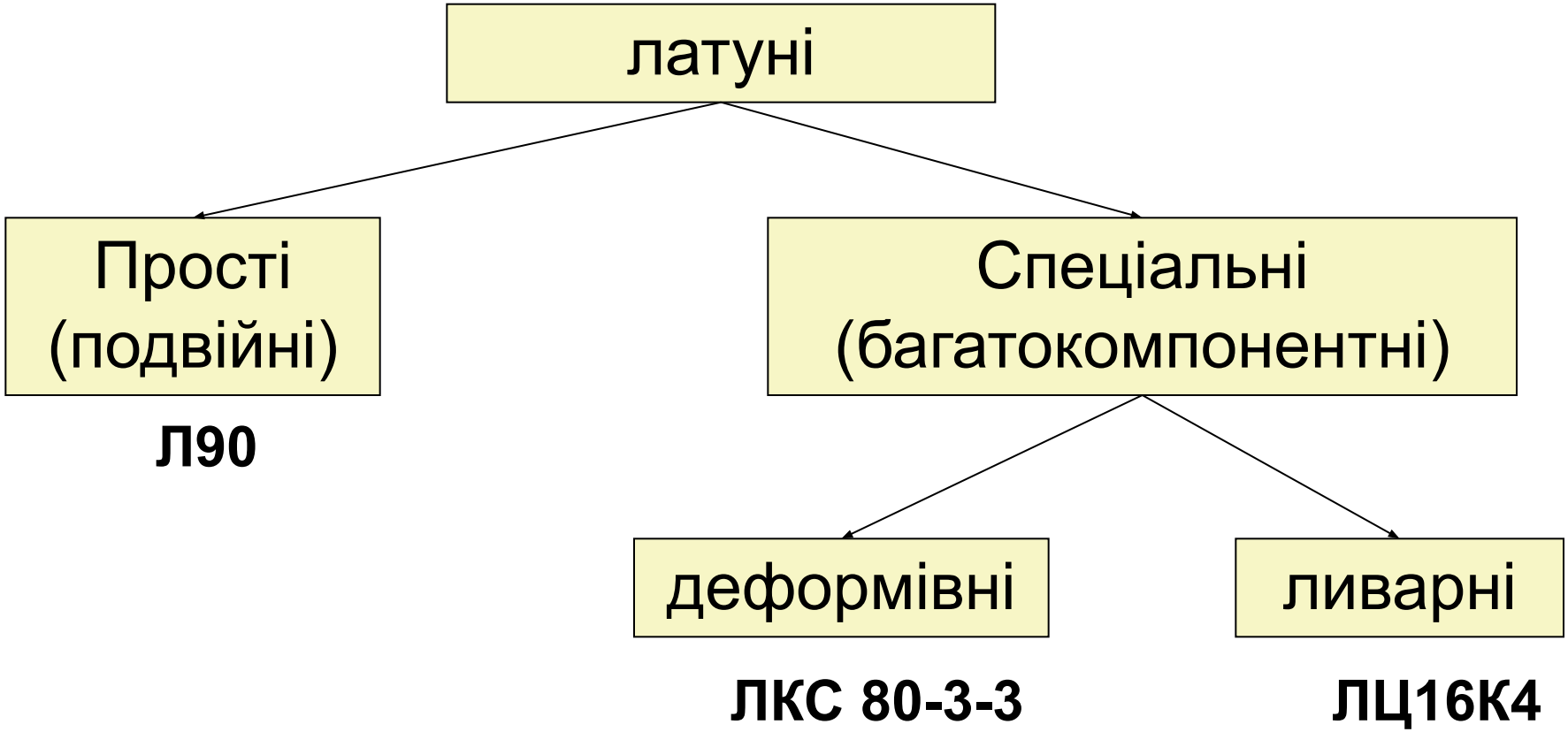


Рис. 3.

α-фаза - твердий розчин цинку в міді з ГЦК решіткою, а β-фаза - це твердий розчин на базі електронної сполуки CuZn з ОЦК решіткою.

Класифікація латуней



Маркировка простих латуней

Прості латуні маркирують літерою “**Л**”, за якою йде число, що вказує кількість міді у відсотках, наприклад: **Л90**, **Л68**.

Передбачено **шість** марок подвійних латуней : Л96 (томпак), Л90 (напівтомпак), Л85, Л80, Л70, Л68 (патронна), Л63 (торгова), Л60.

Найбільш поширені марки Л90, Л68 і Л63.

Властивості і використання подвійних латуней

За технологічними властивостями це **деформівні** сплави.

Латунь Л90 стійка проти корозії і має красивий золотистий колір. Її **використують** для виготовлення радіаторних трубок, трубок паливної апаратури, фурнітури та ін. Латунь Л68 міцніша за Л90 і широко використується для виготовлення виробів холодним штампуванням та глибоким витягуванням.

Хімічний склад і типові механічні властивості латуней

Марка сплава	Cu	Легуючі елементи	$\sigma_в$, МПа	δ, %
Латуні, що деформують				
Л90	88,0-91,0	-	260	44
Л68	67,0-70,0	-	330	56
Л63	62,0-65,0	-	360	49
ЛС59-1	57,0-60,0	0,8-1,9 Pb	390	44
ЛО70-1	69,0-71,0	1,0-1,5 Sn	350	62
ЛАМш77-2-0,05	76,0-79,0	1,7-2,5 Al; 0,025-0,06 As	380	50
Ливарні латуні				
ЛЦ40С	57,0-61,0	0,8-2,0 Pb	300	30
ЛЦ16К4	78,0-81,0	3,0-4,5 Si	380	15
ЛЦ23А6Ж3Мц2	64,0-68,0	4-7 Al; 2-4 Fe; 1,5-3,0 Mn	650	7

Позначення легуючих елементів у мідних сплавах

С	- свинець	К	- кремній
Б	- берилій	Мш	- миш’як
А	- алюміній	Ж	- залізо
Н	- нікель	Ц	- цинк
Мц	- марганець	Ф	- фосфор
Х	- хром	О	- олово

латунь ЛКС80-3-3 містить 80% міді, 3% кремнію та 3% свинцю

Спеціальні деформівні латуні

Спеціальні латуні для обробки тиском мають легуючі домішки: Al, Ni, Si, Sn, Fe, Pb та інші, які підвищують корозійну стійкість, а також механічні і технологічні властивості, полегшують обробку різанням.

При позначенні марки спеціальної латуні для обробки тиском після літери “Л” стоять перші букви назв легуючих елементів, після чого вказують кількість міді та відповідних легуючих елементів: ЛКС 80-3-3.

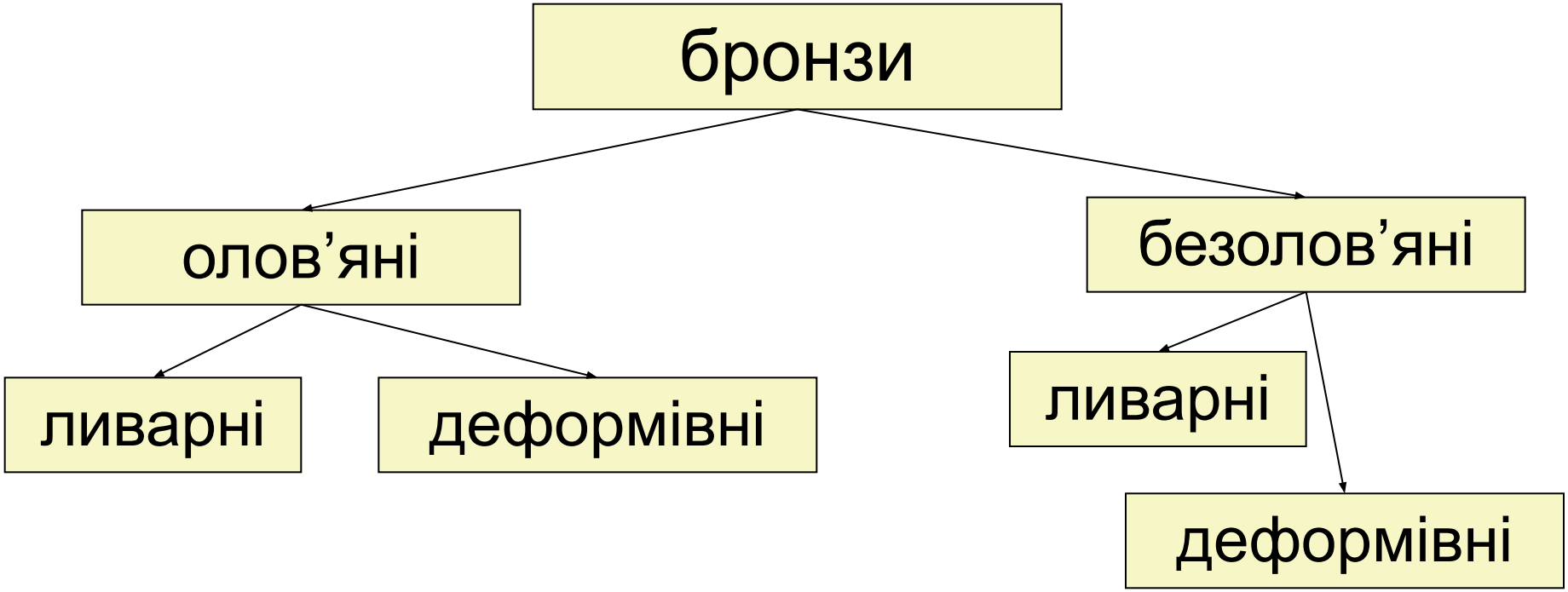
Ливарні латуні

Ливарні латуні за хімічним складом є тільки легованими.

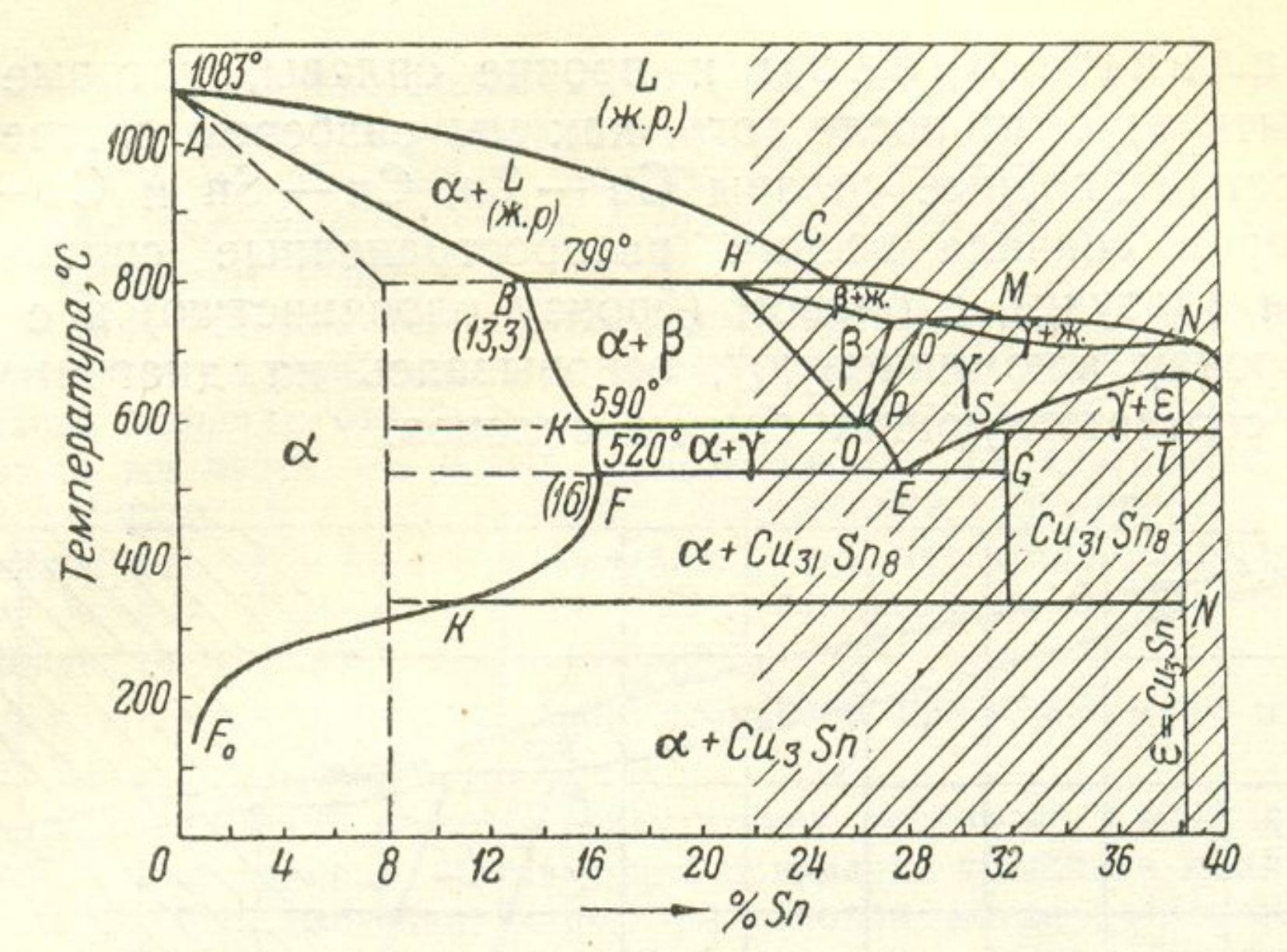
Їх маркирують буквою “Л”, а потім вказують букви, що позначають всі введені елементи, починаючи з цинку, за кожною з них йде число, яке вказує кількість цього елемента. Концентрацію міді не вказують. Наприклад: латунь **ЛЦ16К4** - це ливарна латунь, яка містить 16% цинку, 4% кремнію та 80% міді.

Бронзи

Б р о н з а м и називають сплави міді, в яких основною добавкою є будь-який елемент за винятком цинку і нікелю.

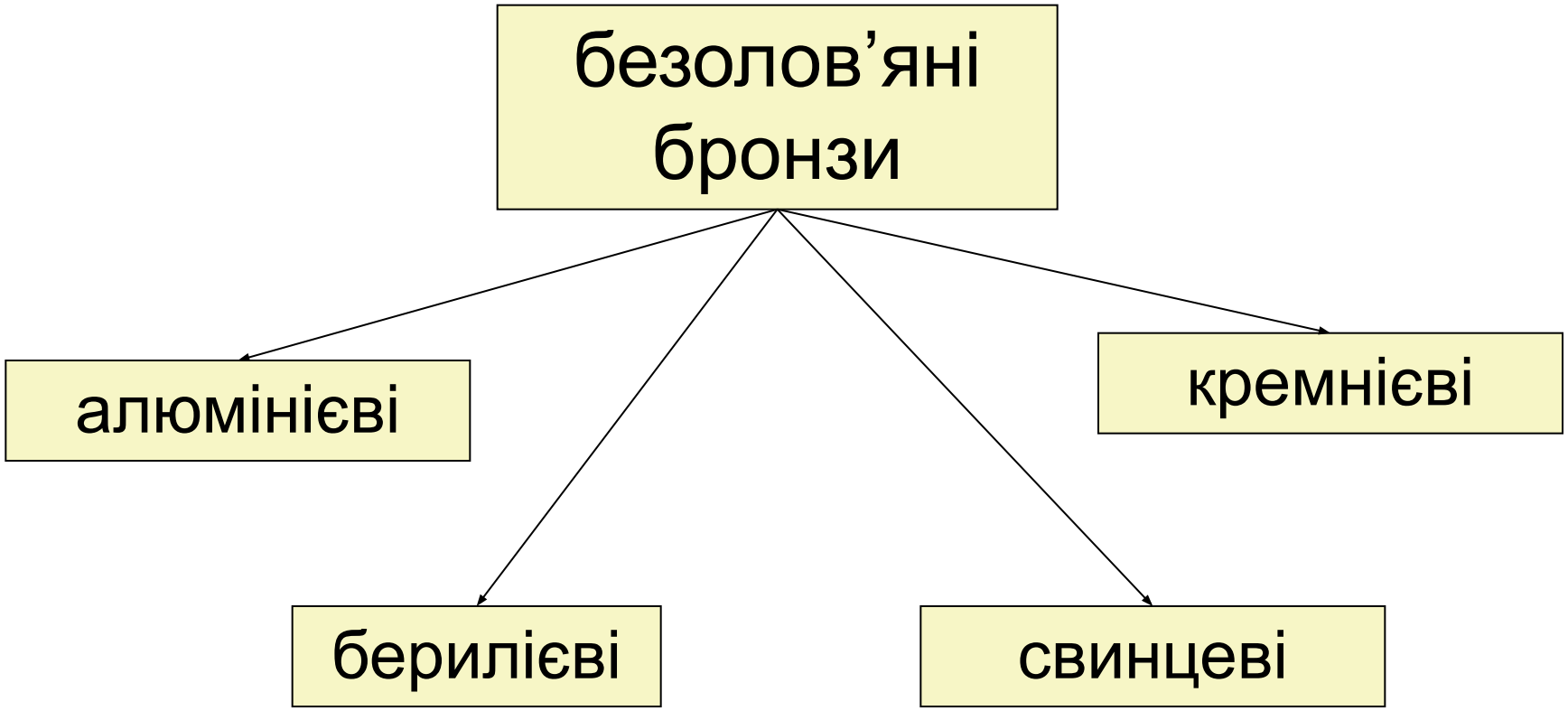


Частина діаграми стану Cu-Sn.

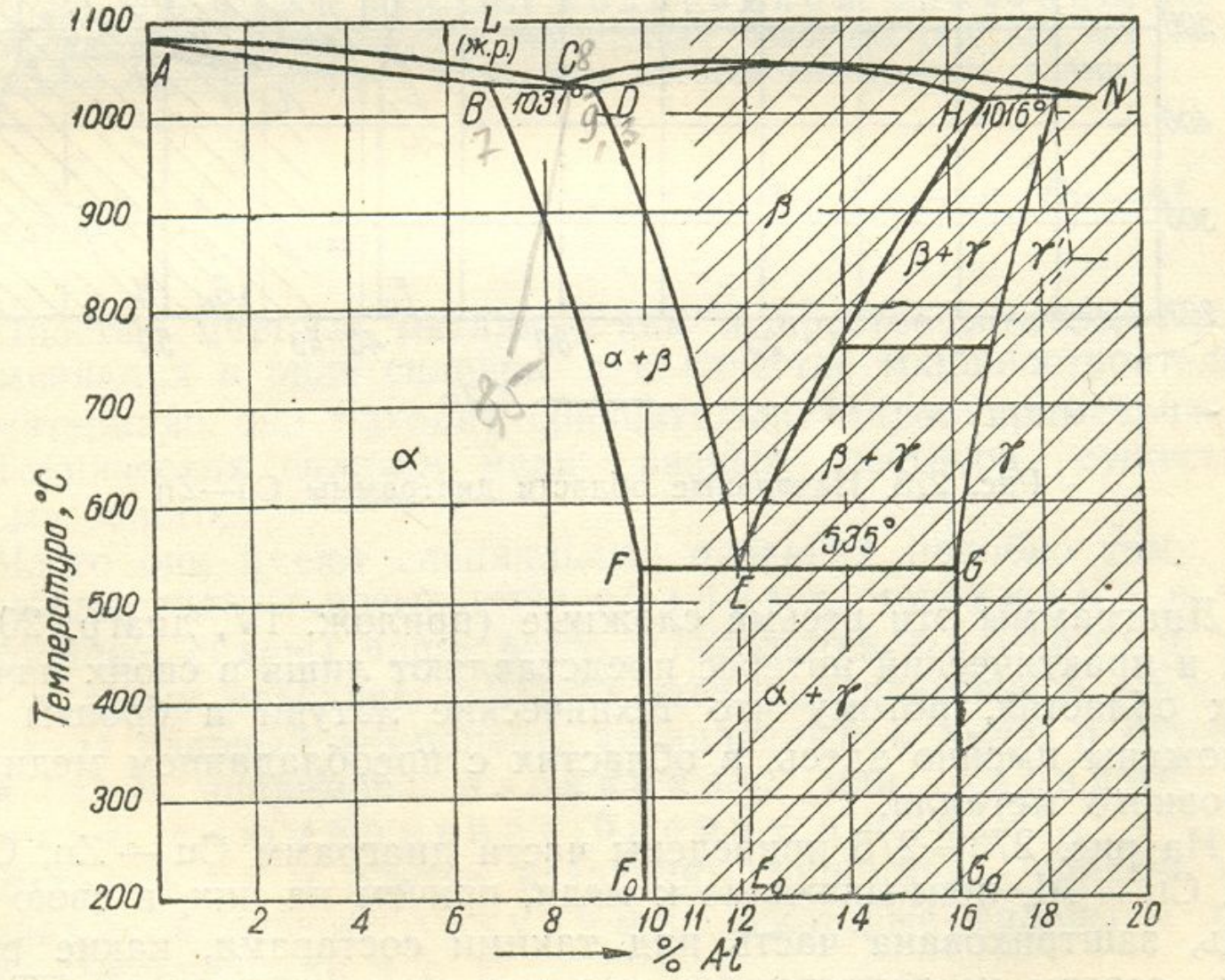


Олов’яні бронзи – це дорогі і дефіцитні сплави.

Б е з о л о в ‘ я н і б р о н з и мають високу міцність, добрі антифрикційні та антикорозійні властивості і не тільки з успіхом замінюють олов’яні бронзи, а в деяких випадках перевершують їх за властивостями.



Частина діаграми стану Cu-Al.



Маркировка деформівних бронз

В марках бронз для обробки тиском як олов’яних, так і беолов’яних (ГОСТ18175-78), після літер “**Бр**” стоять літерні позначення назв легуючих елементів в порядку зменшення їх концентрації, а в кінці марки в тій самій послідовності вказано середні концентрації відповідних елементів. Наприклад: **БрОЦС 4-4-2,5** - це олов’яна деформівна бронза, яка містить 4% олова, 4% цинку, 2,5% свинцю та 89,5% міді.

Хімічний склад і механічні властивості деяких марок деформівих бронз

Марка	Хімічний склад,%	σ, МПа	δ, %	Призначення
Олов'яні бронзи, що деформують				
БрОФ6,5-0,15	6,0-7,0 Sn; 0,1-0,25 P	600	5	Стрічки, прутки, дріт для пружин, деталі підшипників
БрОЦ4-3	3,5-4,0 Sn; 2,7-3,3 Zn			
БрОЦС4-4-2,5	3,0-5,0 Sn; 1,5-3,5 Pb; 3,0-5,0 Zn	550	5	Стрічки для прокладок у втулках підшипників
безолов'яні бронзи, що деформують				
БрА7		420	70	Антифрикційні деталі з підвищеною корозійною стійкістю
БрАМц9-2		500	55	
БрАЖН10-4-4		650	40	
БрБ2		1150	2	Пружини, пружні контакти

Маркировка ливарних бронз

При маркируванні ливарних олов’яних та безолов’яних бронз після кожного позначення назви легуючого елемента вказують його кількість. Наприклад: **БрО5Ц5С5** - це ливарна олов’яна бронза, яка містить 5% Sn, 5% Zn, 5% Pb та 85% Cu.

Якщо хімічний склад ливарної бронзи та бронзи для обробки тиском співпадають, то в кінці марки ливарної бронзи ставлять літеру “**Л**”, наприклад: **БрА9Мц2Л**.

Хімічний склад і механічні властивості деяких марок ливарних бронз

Марка	Хімічний склад,%	σ, МПа	δ,%	Призначення
Олов'яні ливарні бронзи				
БрО10Ф1	9,0-11,0 Sn; 0,4-1,1 P	220	3	Відповідальні деталі
БрО5Ц5С5	3,5-4,0 Sn; 2,7-3,3 Zn	160	6	Антифрикційні деталі
БрО3,5Ц7С5	3,0-5,0 Sn; 1,5-3,5 Pb; 3,0-5,0 Zn	160	6	Деталі для тракторів
Безолов'яні ливарні бронзи				
БрА10Ж3Мц2	9,0-11,0 Al; 2,0-4,0 Fe; 1,0-3,0 Mn	400	10	Антифрикційні деталі з підвищеною міцністю, корозійно- і жаростійкі деталі
БрС30	27,0-31,0 Pb	60	4	Антифрикційні деталі