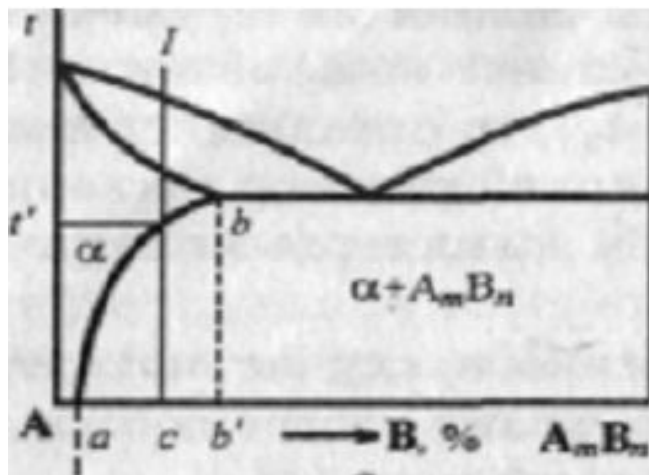


## Теоретические сведения

### Образование пересыщенных твердых растворов

Переменная растворимость компонентов в твердом состоянии дает возможность значительно упрочнять сплавы путем термической обработки. Это привело к широкому использованию сплавов этого типа — стареющих сплавов в качестве конструкционных материалов повышенной и высокой прочности применяют стареющие сплавы на алюминиевой медной, железной, никелевой, кобальтовой, титановой и других основах.



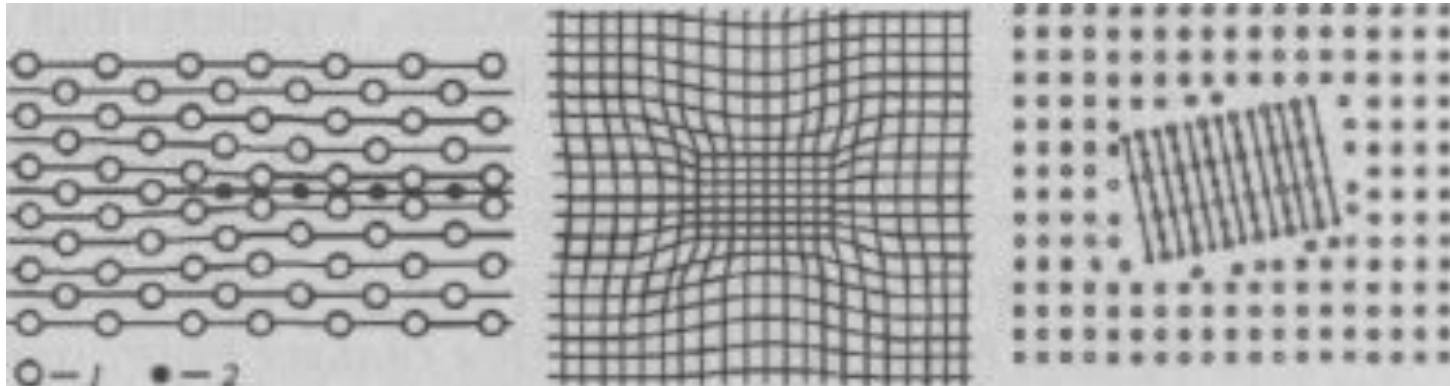
*Зоны Гинье — Престона* (зоны Г - П) представляют собой весьма малые (субмикроскопические) объемы твердого раствора с резко повышенной концентрацией растворенного компонента, сохраняющие решетку растворителя. Скопление растворенных атомов вызывает местное изменение периода решетки твердого раствора. При значительной разнице в размерах атомов А и В, как это, например, наблюдается в сплавах А1 -Cu, зоны Г - П имеют форму дисков, толщина которых (учитывая искажения решетки) составляет несколько межатомных расстояний (рис.2), диаметр — 10-50 нм. Диски закономерно ориентированы относительно пространственной решетки растворителя. При небольшом различии в атомных диаметрах компонентов, как, например, в сплавах А1 - Zn, обогащенные зоны имеют форму сфер.

Многочисленные зоны Г - П затрудняют движение дислокаций — для прохождения дислокации через зону и окружающую ее область с искаженной решеткой требуется приложить более высокое напряжение.

- *Метастабильные фазы* имеют иную пространственную решетку, чем твердый раствор, однако существует сходство в расположении атомов в определенных атомных плоскостях их решеток, что вызывает образование когерентной (или полу когерентной) границы раздела. Когерентная граница при некотором различии кристаллической структуры приводит к появлению переходной зоны с искаженной решеткой (рис. 2, б). Для метастабильных фаз характерна высокая дисперсность, что значительно повышает сопротивление движению дислокаций.
- *Стабильная фаза*  $A_m B_n$  имеет сложную пространственную решетку пониженным числом элементов симметрии и с большим числом атомов в элементарной ячейке.
- Вторичные кристаллы со стабильной структурой в большинстве сплавов выделяются в виде достаточно крупных частиц. Значительное различие кристаллической структуры твердого раствора и стабильных кристаллов приводит к образованию некогерентной границы раздела (рис. 2, в) и, следовательно, к минимальным искажениям решетки твердого раствора вблизи границы. Упрочнение сплава при образовании стабильных кристаллов  $A_m B_n$  оказывается меньшим, чем при образовании зон Г - П и метастабильных

В большинстве сплавов при старении получают выделения нескольких типов. В общем случае при распаде пересыщенных твердых растворов могут возникать следующие образования (они перечисляются в порядке возрастания энергии активации зарождения):

- 1) зоны Гинье — Престона;
- 2) кристаллы метастабильной фазы;
- 3) кристаллы стабильной фазы.



# Примеры стареющих сплавов

Из цветных сплавов конструкционного назначения широко используются *алюминиевые сплавы*. Такие сплавы обычно характеризуются ограниченной переменной растворимостью легирующих элементов в алюминии в твердом состоянии. Для них разработан особый вид двухэтапной упрочняющей термической обработки

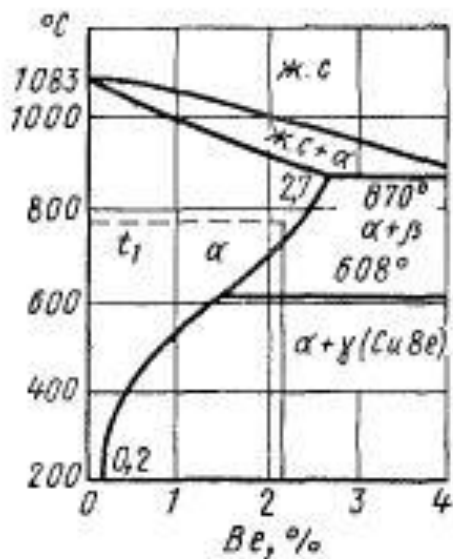
1. Закалка с получением перенасыщенного, термодинамически неустойчивого твердого раствора легирующих элементов в алюминии.

2. Старение путем повторного нагрева закаленного сплава до невысоких температур (в некоторых сплавах проводится без нагрева путем выдержки в течение нескольких суток при комнатных температурах).

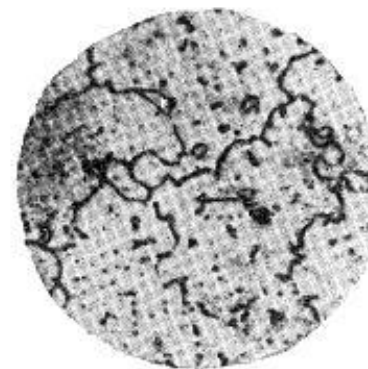
# Механические свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов

Марка сплава	Полуфабрикат и обработка	Механические свойства		
		$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %
Д16	Отжиг	220	110	18
	Закалка	300	-	23
	Закалка и старение: прутки пресованные, листы	540 440	400 330	11 18
АК6	Закалка и старение:			
	Штамповка: вдоль детали поперек детали	400 370	290 280	12 10
АК7ч	Закалка	200	-	6
	Закалка и старение: отливки	240	210	2

Бериллиевые бронзы относятся к классу так называемых дисперсионно упрочняемых сплавов, характерной особенностью которых является зависимость растворимости легирующих компонентов от температуры. При закалке из однофазной области в твердом растворе фиксируется избыточное количество атомов легирующего компонента по сравнению с равновесным состоянием для данной системы. Образовавшийся пересыщенный твердый раствор термодинамически неустойчив и стремится к распаду, процесс активизируется с повышением температуры. Эффект упрочнения определяется дисперсностью выделений образованных при распаде



Часть диаграммы состояния медь-бериллий



Микроструктура бериллиевой бронзы Бр. В2 после закалки от 800°С и отпуска при 350 °С; по границам и внутри зерен α-фазы включения фазы CuBe, X 250

## Экспериментальная

**Цель работы:** установить оптимальный режим термической обработки бериллиевой бронзы заданной марки

Порядок выполнения работы

1. Определить твердость образцов Бр.Б2 в исходном состоянии.
2. Провести закалку в воде из бронзы после оптимальной температуры нагрева. Замерить твердость, изучить микроструктуру.
3. Закаленные образцы подвергнуть старению при температурах 250,300, 350, 400°C, с выдержками 15, 30, 45, 60, 90 мин.
4. После старения замерить твердость, выборочно изучить микроструктуру. Заполнить таблицу.

Температура старения, °C	Время выдержки, мин					
	0	15	30	45	60	90
250						
300						
350						
450						

5. Построить График зависимости твердости от времени старения для рассмотренных температур

6. Выводы