

Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ стали и чугуны

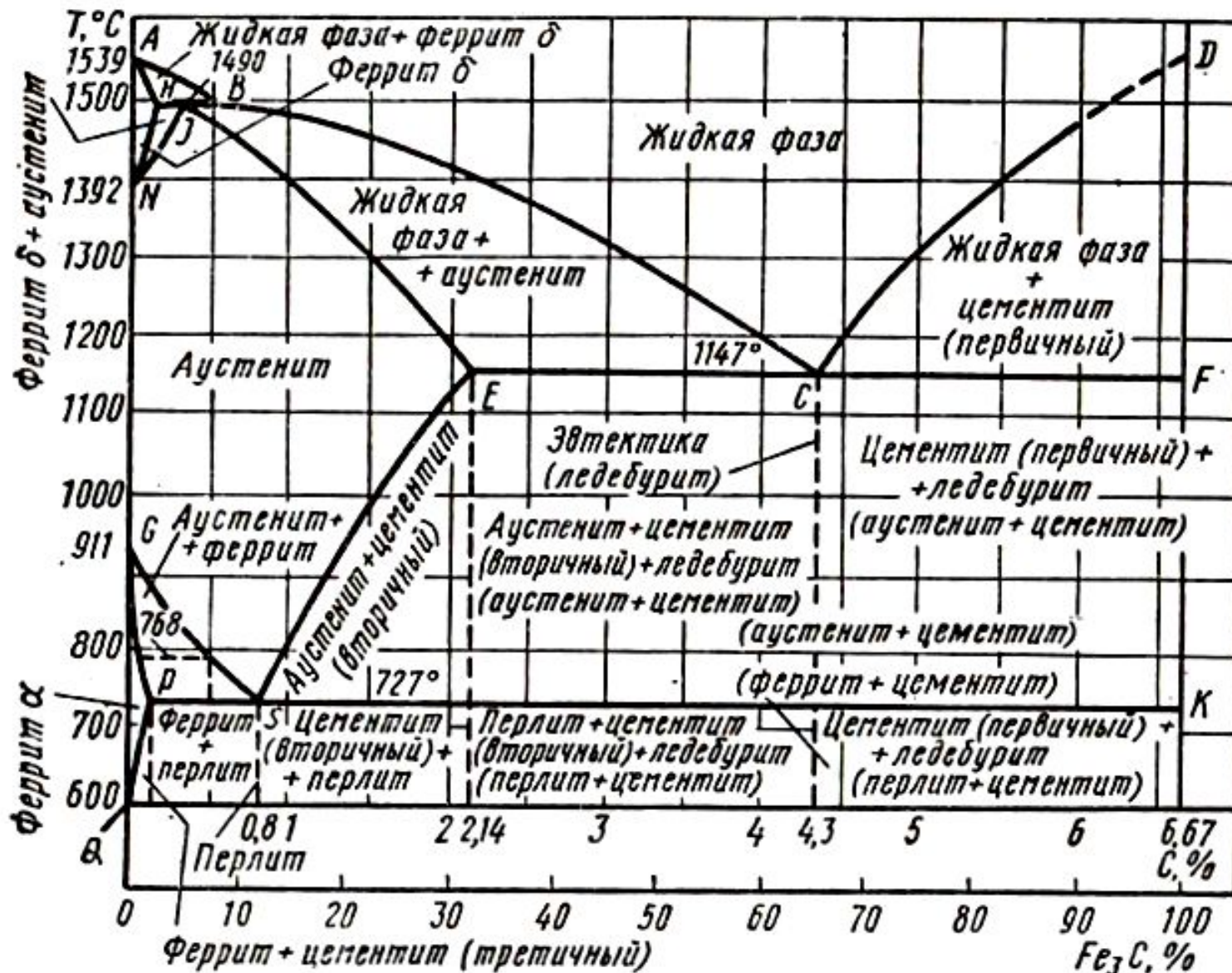


Диаграмма состояния железо - углерод

*Лекция 6* **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *стали и чугуны*

**Железо** – находится в двух модификациях:  $\alpha$ -железо, существующее при температурах от 1539С до 1400С и ниже 910С (ОЦК-решётка), и  $\gamma$ -железо в интервале температур 910-1392С (ГЦК-решётка)

**Графит** – свободно выделившийся углерод, наблюдаемый в сплавах с содержанием углерода более 2%.

**Цементит** – карбид железа,  $Fe_3C$ , содержит 6,67% углерода

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *стали и чугуны*

**Феррит** – твёрдый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железе с максимальным содержанием углерода 0,02% при 727С и 0,006% при нормальной

**Аустенит** – твёрдый раствор внедрения углерода в  $\gamma$ -железе с максимальным содержанием углерода 2,14% при 1147С и 0,8% при 727С. При температуре ниже 727С аустенит или превращается в феррит при низком содержании углерода или распадается на цементит и феррит, образуя перлит, при высоких содержаниях углерода

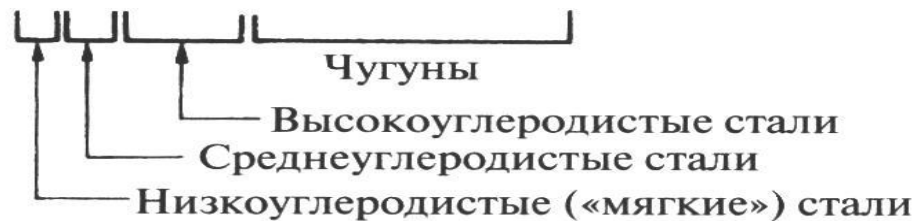
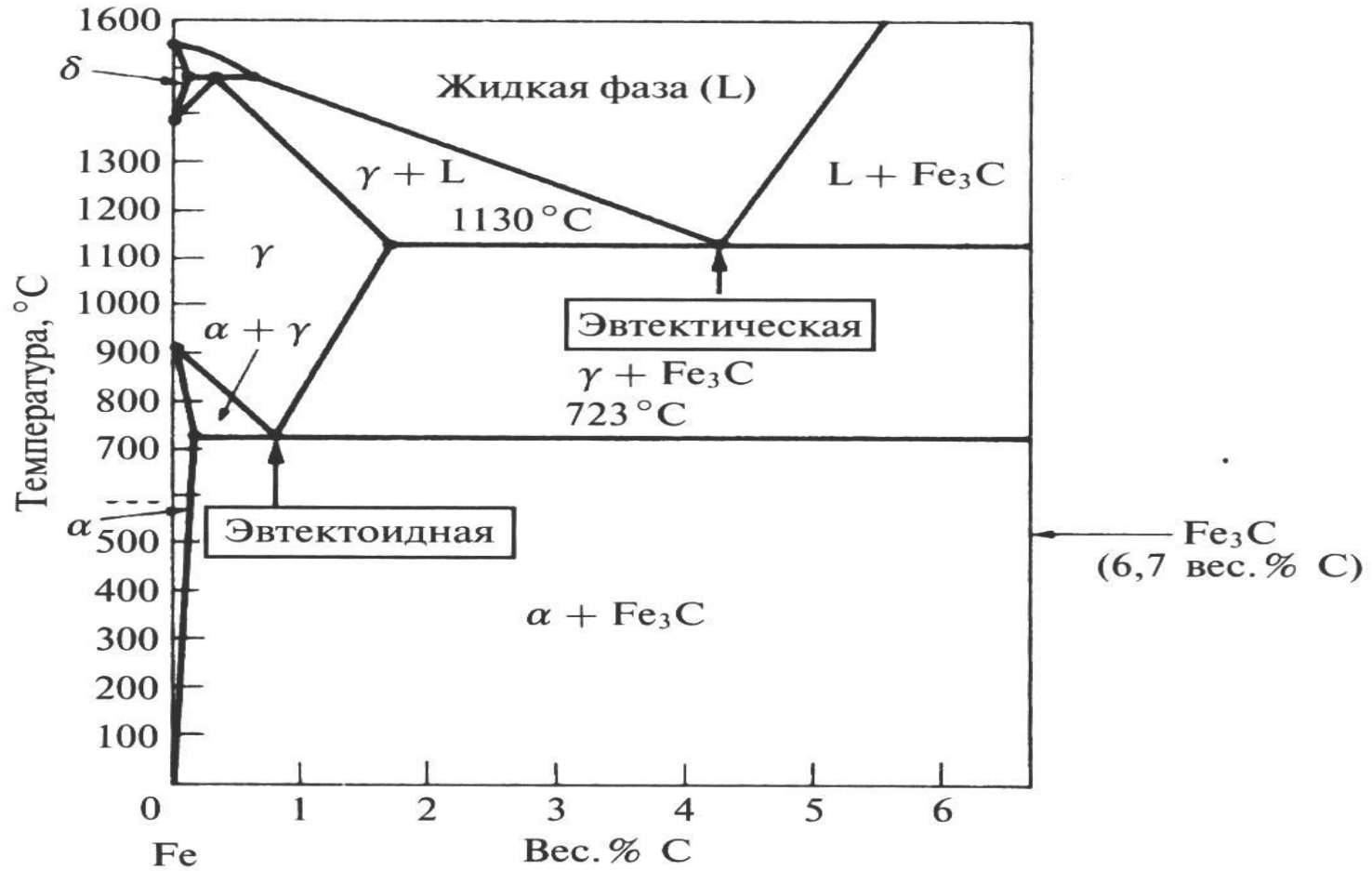
## **Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *стали и чугуны***

**Перлит** – эвтектоид, состоящий из двух фаз – феррита и цементита. Образуется перлит при температуре ниже 727С в результате разложения аустенита на феррит и цементит. Содержание углерода в нём равно 0,8%

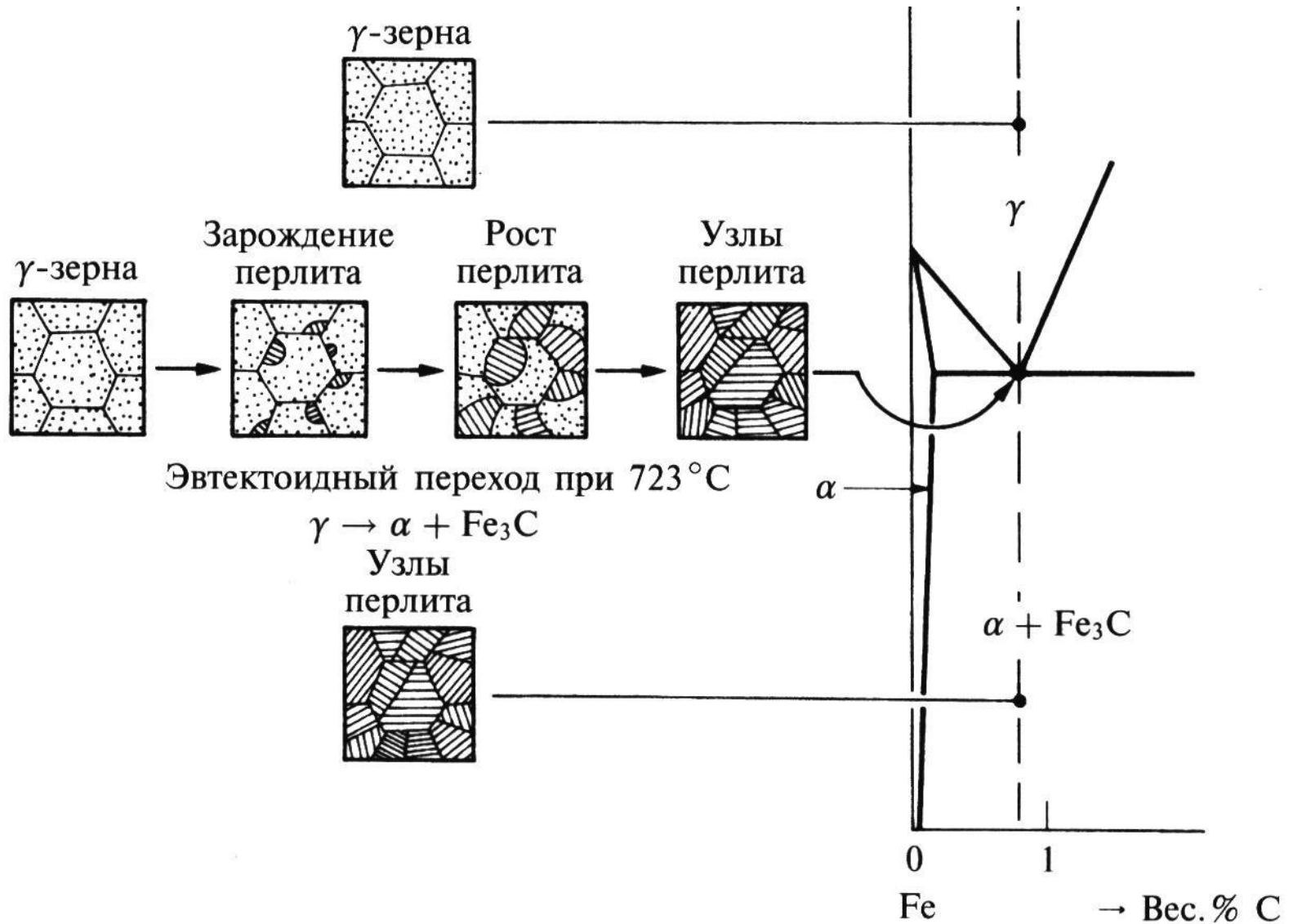
**Ледебурит** – эвтектика, состоящая из аустенита и цементита, образующаяся при концентрации углерода 4,3% в диапазоне температур 1147-727С. При температурах ниже 727С аустенит превращается в перлит, и ледебурит состоит из смеси перлита и цементита.

**Мартенсит** – пересыщенный твёрдый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железе, образующийся в результате быстрого охлаждения аустенита

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *стали и чугуны*

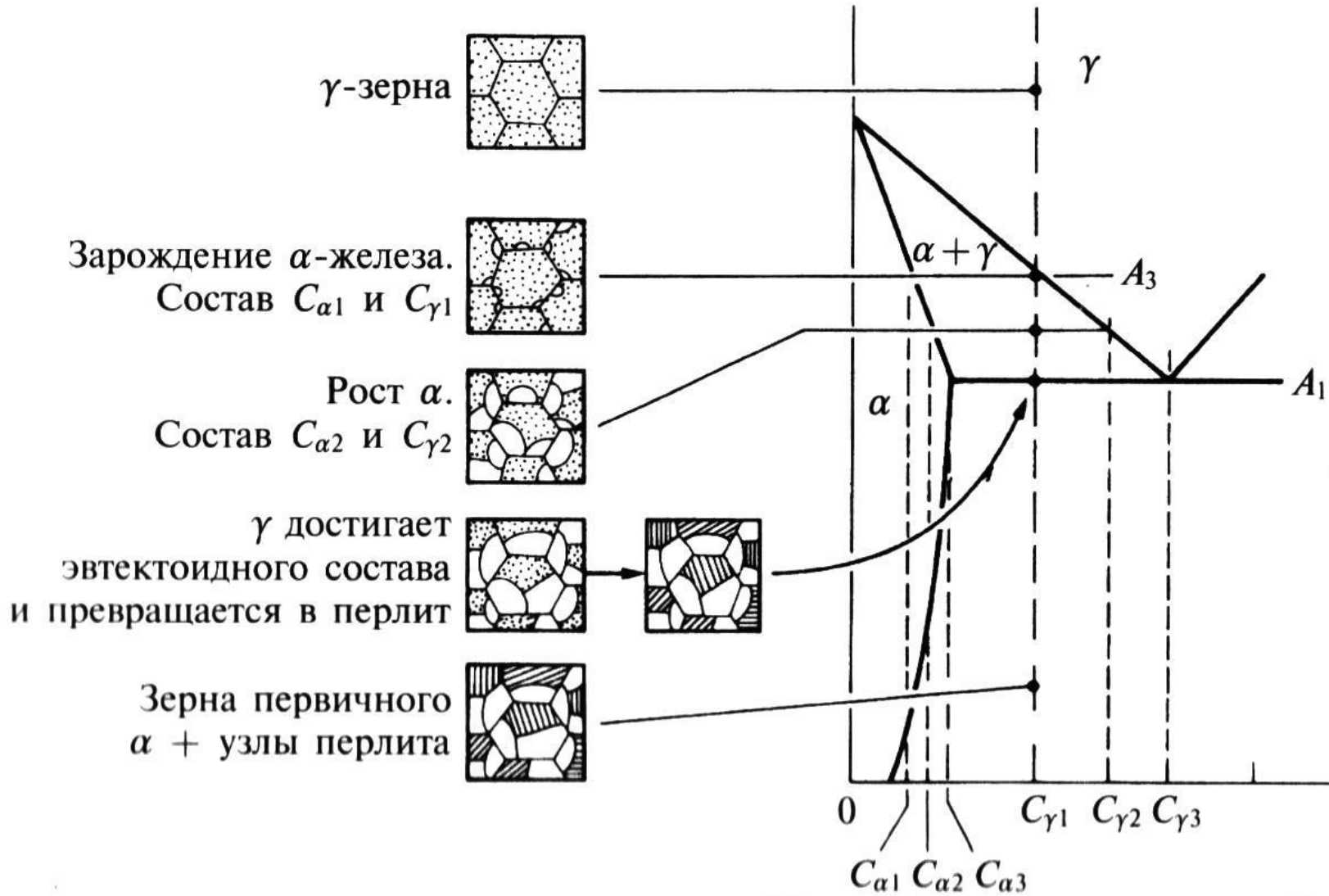


# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ стали и



Равновесная кристаллизация эвтектоидного расплава стали

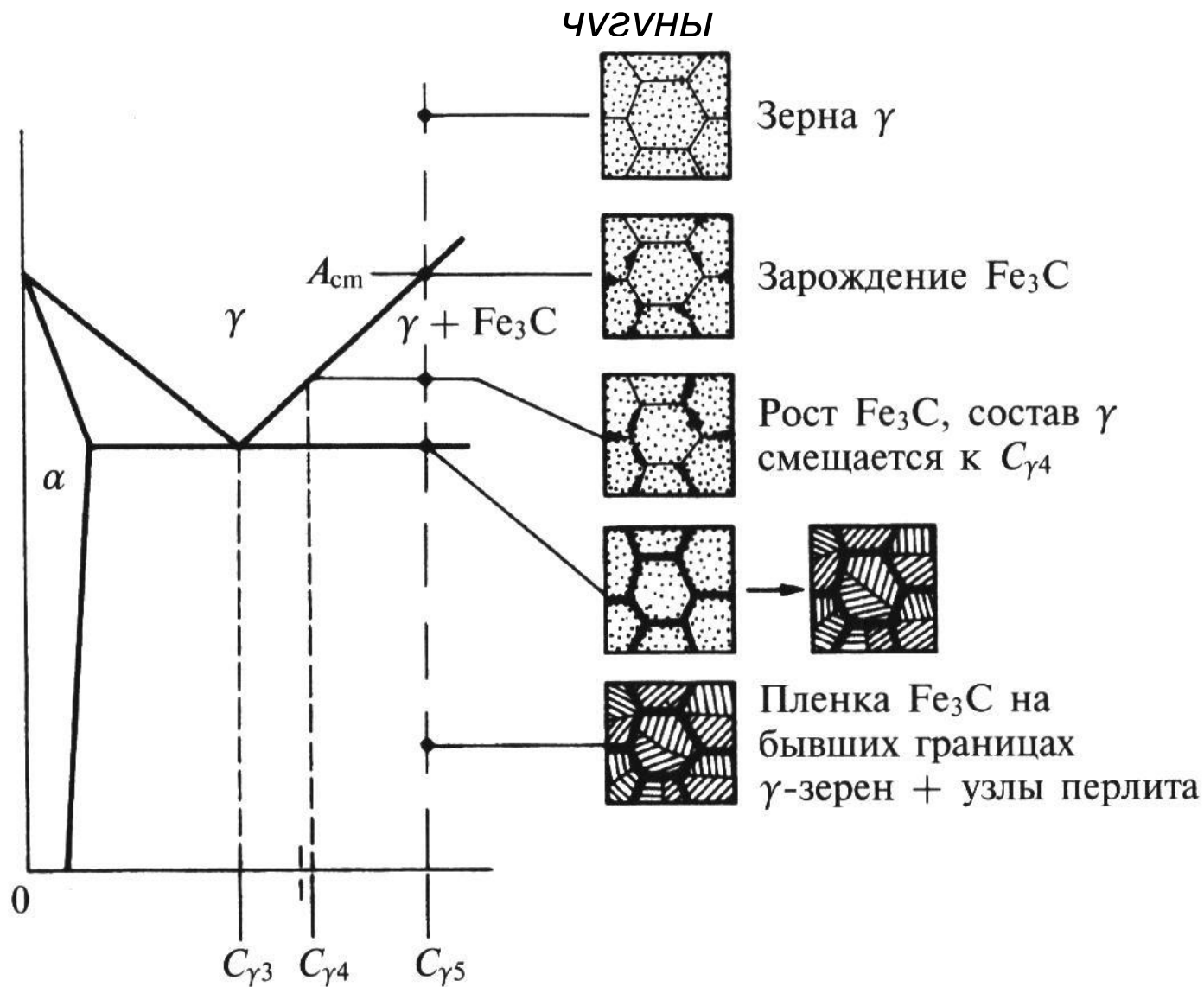
# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *стали и*



(Повышенная растворимость  $C$  в  $\alpha$ )

Равновесная кристаллизация доэвтектоидного расплава стали;  $A_3$  –  $t$ -ра появления феррита,  $A_1$  -  $t$ -ра эвтектоида

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *стали и*

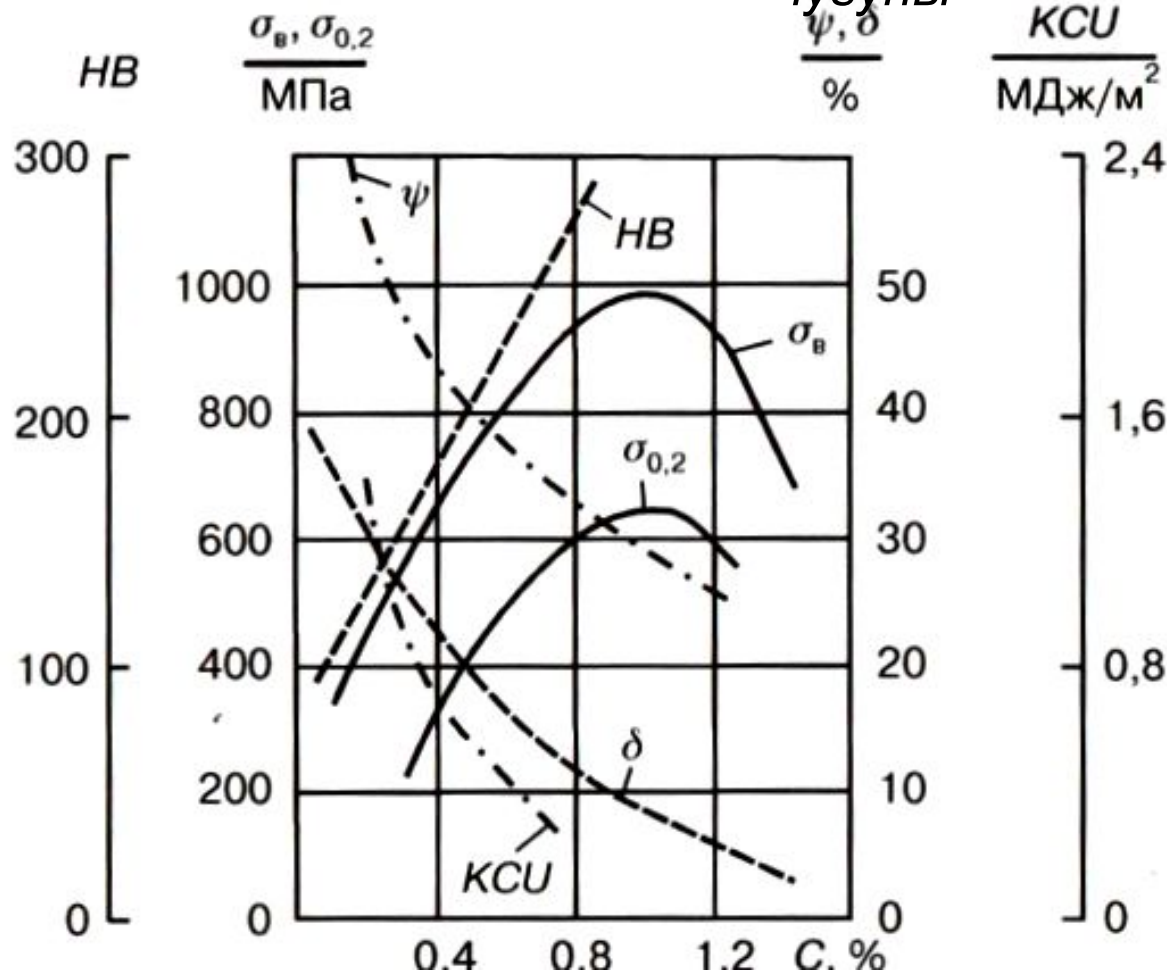


*Равновесная кристаллизация заэвтектидного расплава стали;  
 $A_{cm}$  – температура появления цементита*



# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ стали и

чугуны



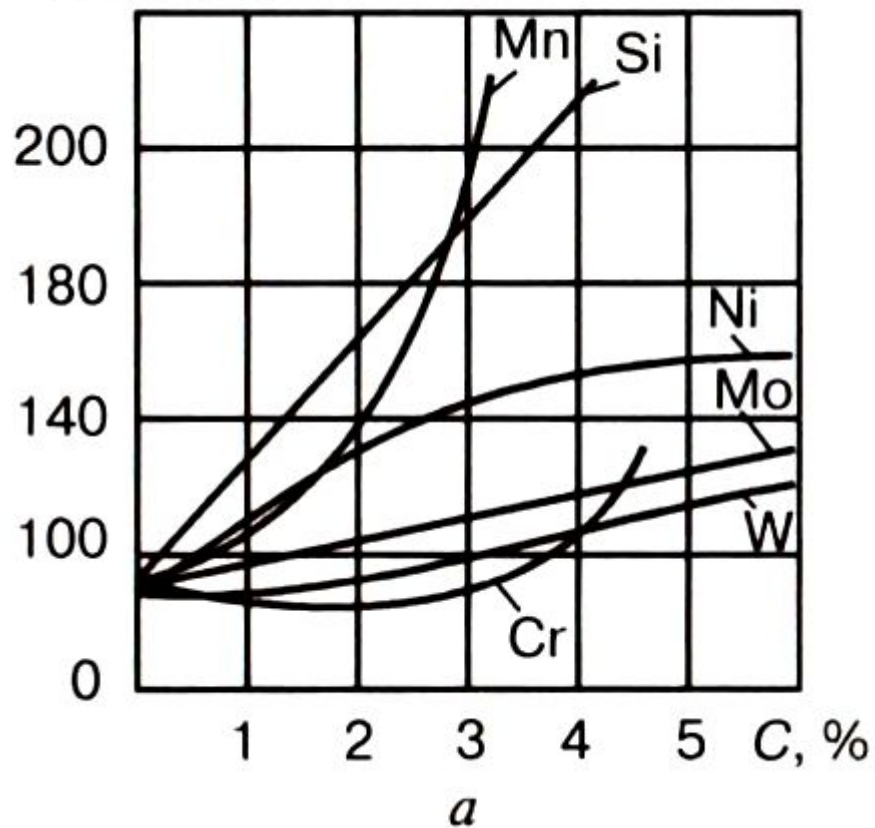
Зависимость  
механических свойств  
стали от содержания  
углерода

**Стаями** называют сплавы железа с углеродом, содержание которого не превышает 2,14 %

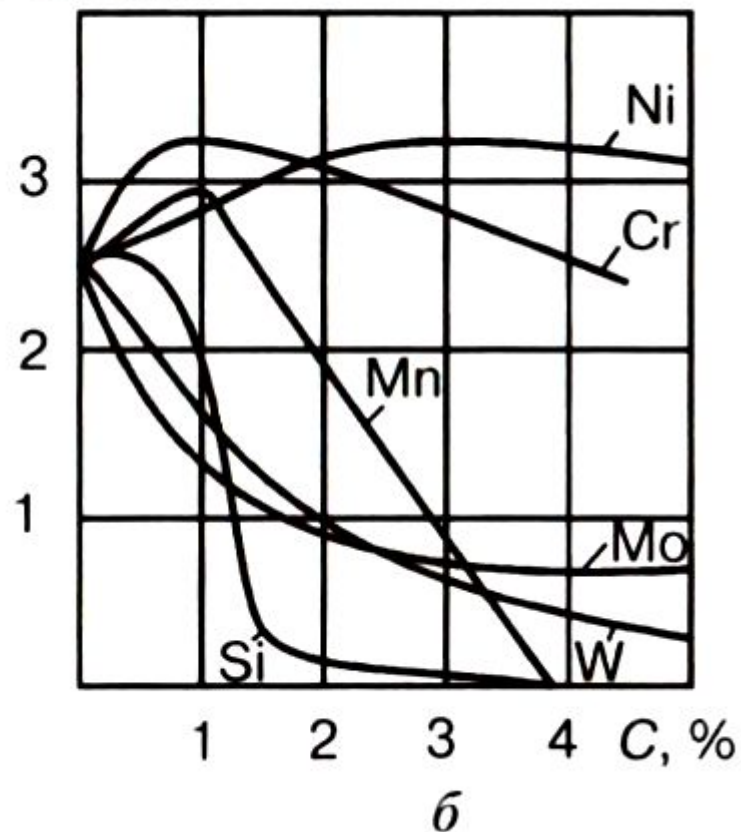
**Чугунами** называют сплавы железа с углеродом, содержание которого составляет от 2,14 до 6,5 %

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** стали и чугуны

НВ, МПа



$a_{\text{н}}$ , МДж/м<sup>2</sup>



Зависимость твёрдости (а) и ударной вязкости (б) феррита от содержания легирующего элемента

## Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *стали и чугуны*

Стали классифицируют по **химическому составу** – углеродистые, легированные (низко-, средне- и высоколегированные); **структуре** – доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные, ледебуритные (карбидные), ферритные, аустенитные, перлитные, мартенситные; **качеству и способу производства** – обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные; **применению**: конструкционные (строительные, машиностроительные), инструментальные, стали и сплавы с особыми эксплуатационными свойствами (жаропрочные, магнитные, коррозионно-стойкие), с особыми физическими свойствами.

## Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ стали и

В маркировке сталей <sup>чугуны</sup> **первой цифрой** **указано содержание углерода в сотых долях процента**. Затем следуют буквы русского алфавита, обозначающие наличие легирующего элемента, если за буквой **цифры нет**, то это означает, что содержание легирующего элемента составляет **не более 1%**.

Например:

- 1) сталь 07X16H19M2Г2БТФР (ЭК-164) содержит 0,07% углерода-16% хрома-19% никеля-2% молибдена-2% марганца-до 1% ниобия, титана, ванадия и бора;
- 2) сталь X18H10T содержит менее 0,01 углерода – 18% хрома – 10% никеля – до 1% титана;

**Условные обозначения** легирующих элементов в сталях: **А**-азот, **Ю**- алюминий, **Р**-бор, **Ф**-ванадий, **В**-вольфрам, **Г**-марганец, **Д**-медь, **М**-молибден, **Н**-никель, **Б**-ниобий, **Т**-титан, **Х**-хром, **С**-кремний, **П**-фосфор, **К**-кобальт, **Ц**-цирконий, **Ч**-редкоземельные элементы (РЗМ), **Е** сера и т.д.

## Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** стали и чугуны

В маркировке сталей иногда указывают виды вторичного переплава, осуществляемого для повышения качества и улучшения механических свойств сталей: **ВИ** – вакуумная индукционная плавка, **(ЭШП) Ш** – электрошлаковый переплав, **(ВДП) ВД** – вакуумно-дуговой переплав, **ЭЛП** – электронно-лучевой переплав, **ПДП** – плазменно-дуговой переплав

### ***Классификация сталей по применению:***

**Конструкционные стали** для холодной листовой штамповки и высадки: обычные – 10кп, 20кп, 10пс.20пс; легированные – 25ХГСА, 30ХГС; 08Ю, 30Х, 12ХН (кп – кипящие, пс – полуспокойные, это степень раскисления). *Раскисление* – процесс удаления из жидких металлов растворённого в них кислорода

**Автоматные стали** отличаются хорошей обрабатываемостью резанием: А11, А20, АС14, АС35Г2; изготавливают болты, гайки, штуцера, втулки.

**Подшипниковые стали:** ШХ6, ШХ9, ШХ10, ШХ15 используют для изготовления шариковых, роликовых и игольчатых

*Лекция 6* **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *стали и*  
**Классификация сталей по применению:**

**Рессорно-пружинные стали:** 65, 70, 65Г, 70Г, У7-У13

**Инструментальные стали:** У7- У13, быстрорежущая сталь Р9, Р18, Р6М5 – мерительный инструмент, режущий инструмент.

**Коррозионно-стойкие стали:** 08Х13, 20Х13, Х18Н10Т.

**Жаропрочные стали:** 12Х8ВФ, 15Х11МФ (рабочие температуры 400-850С).

**Стали и сплавы с особыми эксплуатационными свойствами** - жаростойкие, радиационно-стойкие, хладостойкие; **с особыми физическими свойствами** – магнитно-мягкие, магнитно-твёрдые, с заданным температурным коэффициентом термического расширения.

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** стали и  
Жаропрочные сплавы

**Жаропрочность** – свойство материала сопротивляться деформированию и разрушению при высоких температурах  
Рекомендуемый срок службы жаропрочных конструкций в зависимости от назначения:

- для ракет и силовых установок – 1 час;
- для силовых установок самолётов истребителей – 100 часов;
- для силовых установок гражданских самолётов – 1000 часов;
- для газовых турбин локомотивов и судов – 10 000 часов;
- для газовых турбин стационарных силовых установок – 30 000 часов;
- для паровых турбин стационарных силовых установок – 100 000 часов.

Жаропрочные стали: перлитные – 12Х1МФ, 25Х2М1Ф;  
мартенситные – 15Х5М, аустенитные – 12Х1810Т, 10Х11Н20ТЗР

## Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ стали и


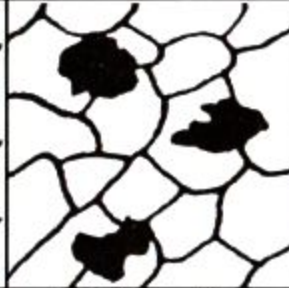
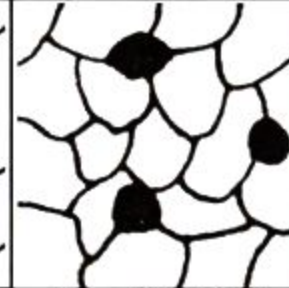


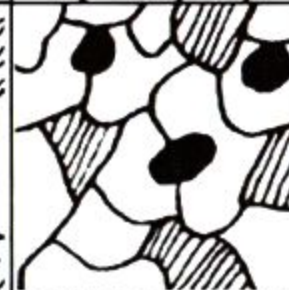


**Чугуны** – это железоуглеродистые сплавы, в которых содержится более 2,14% С. По степени эвтектичности чугуны подразделяют на доэвтектические (2,14-4,3%С), эвтектические (4,3%С) и заэвтектические (больше 4,3%С).

Классификация чугунов (в зависимости от состояния включений углерода:

- **белый чугун** – углерод в связанном состоянии в виде цементита  $Fe_3C$ ;
- **половинчатый чугун** – более 0,8% углерода в виде цементита, структурные составляющие – перлит, ледебурит и пластинчатый графит;
- **серый чугун** – содержание цементита менее 0,8%, остальной углерод в виде пластинчатого графита;
- **высокопрочный чугун** – графит шаровидной формы;
- **ковкий чугун** - графит в хлопьевидной форме.

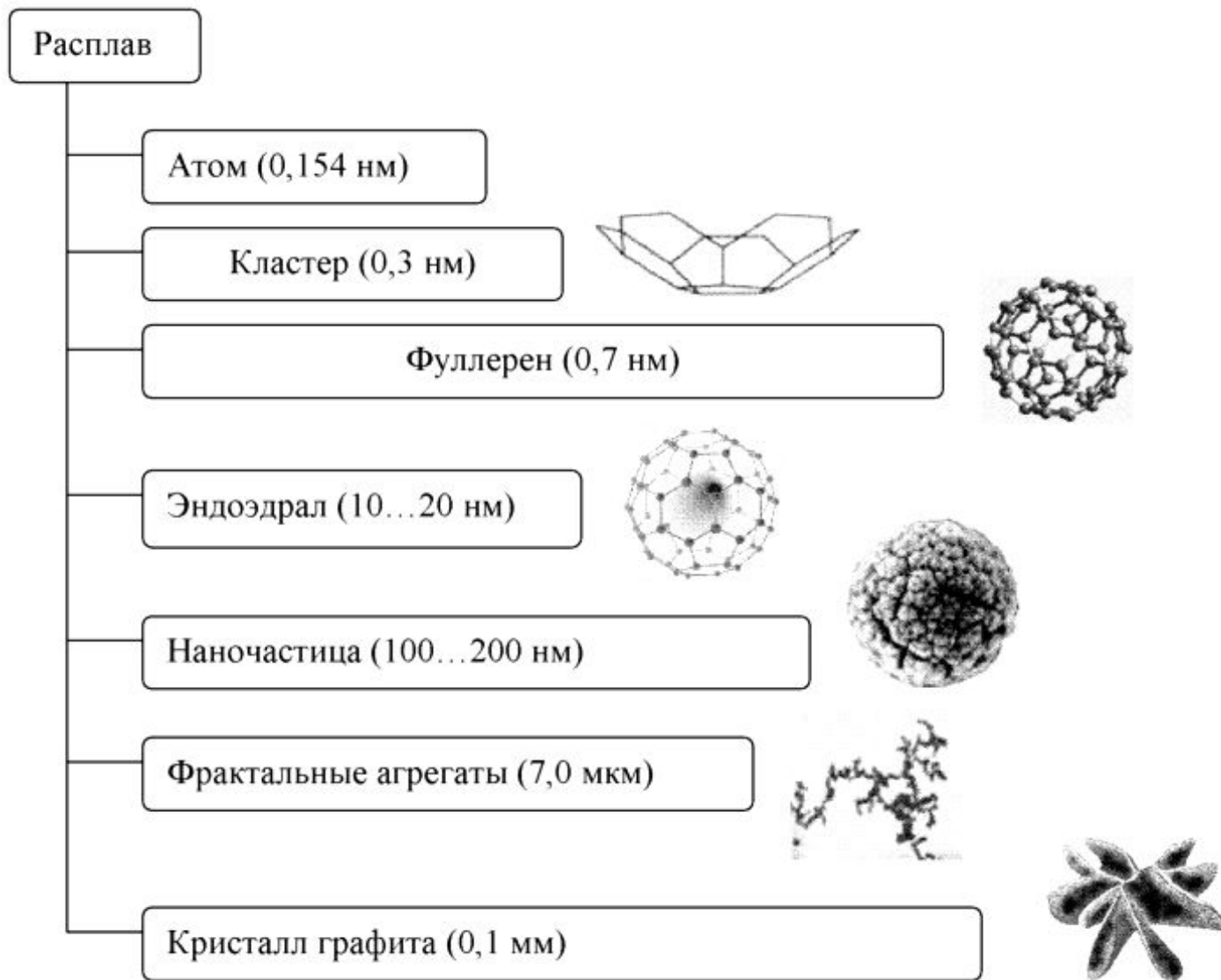


Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *стали и чугуны*

Металлическая основа	Форма графитных включений		
	Пластинчатая	Хлопьевидная	Шаровидная
Феррит			
Феррит + перлит			
Перлит			

**Классификация чугунов по строению металлической основы и форме графитовых включений (схемы структур)**

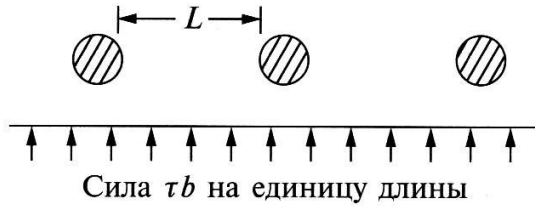
# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *стали и*



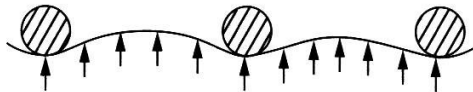
Структурно-масштабная схема организации железоуглеродистого расплава

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

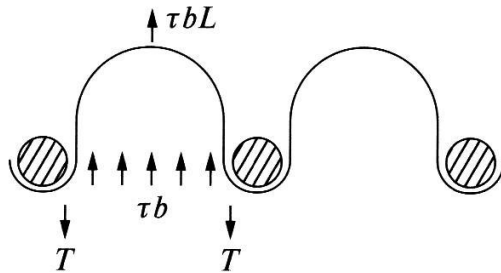
а) Приближение дислокации



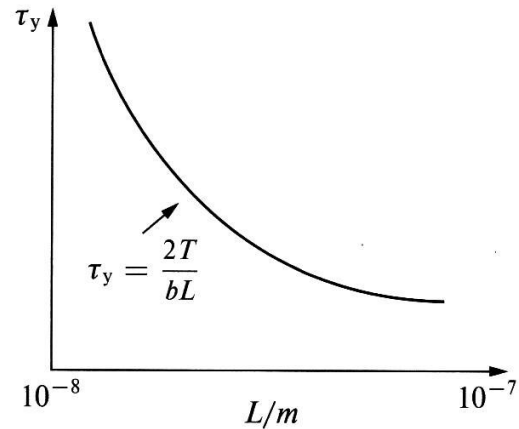
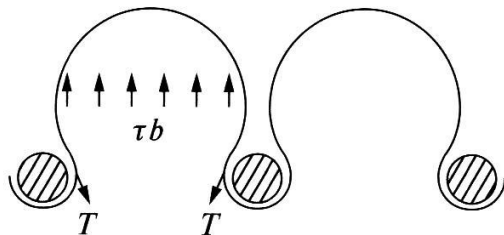
б) Докритическая ситуация



в) Критическая ситуация

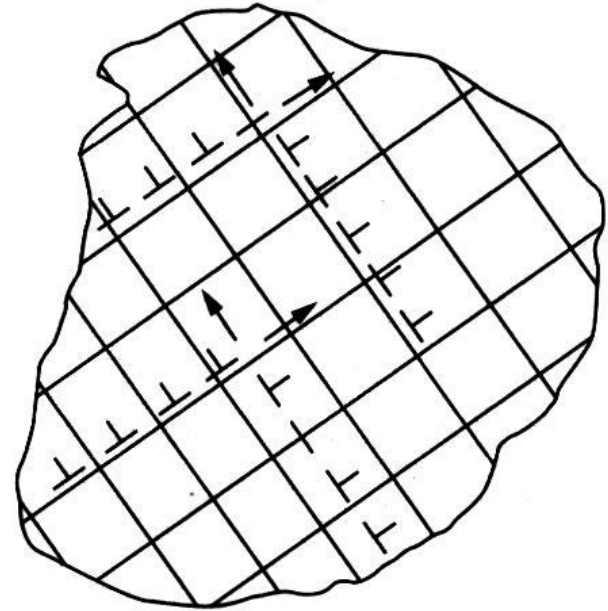
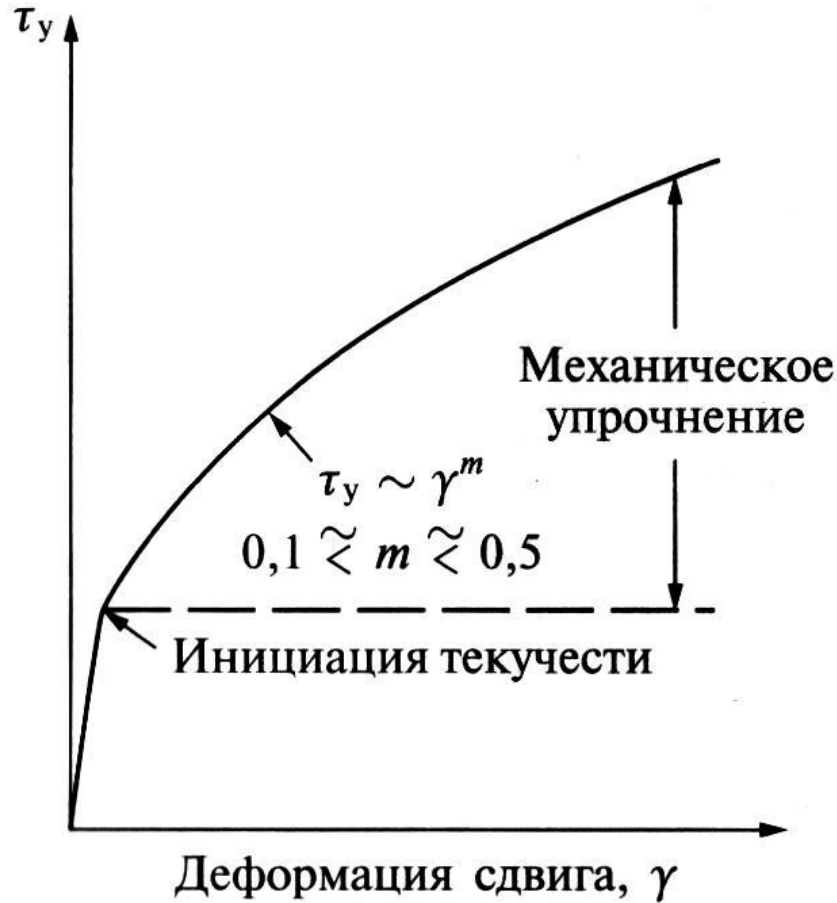


г) Прорыв дислокации



10.2. Торможение движения дислокаций и пластического течения материала твердыми частицами

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



**Рис. 10.3.** Столкновение дислокаций приводит к упрочнению

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

→  $\tau$

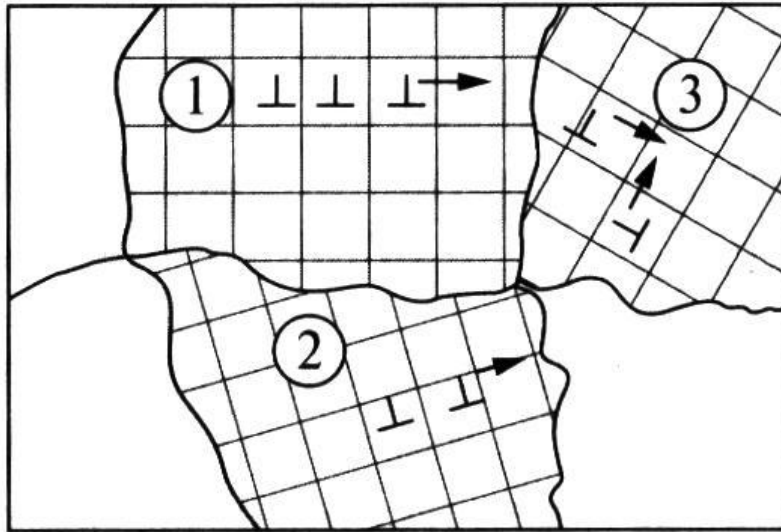
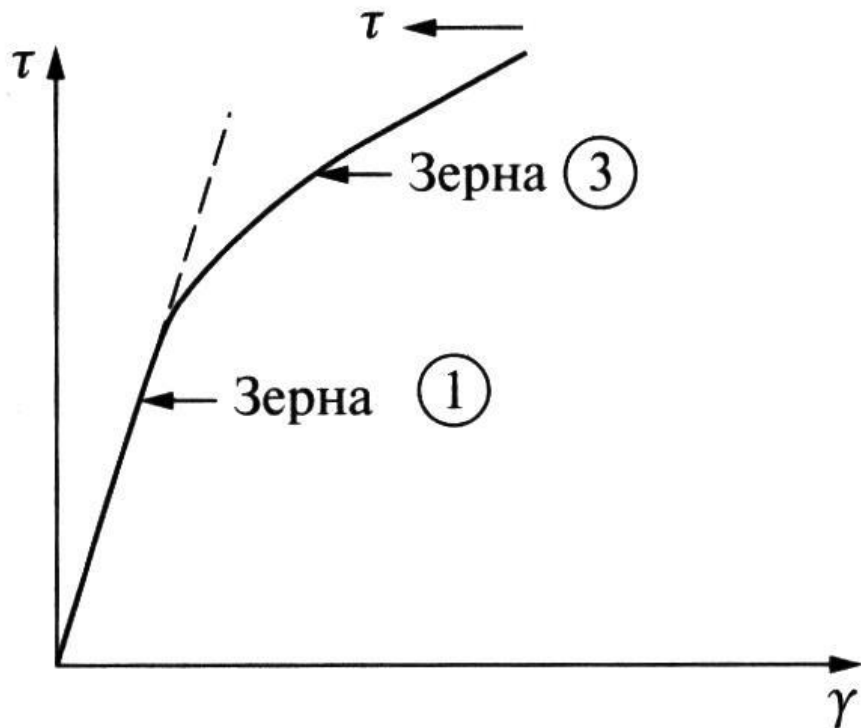


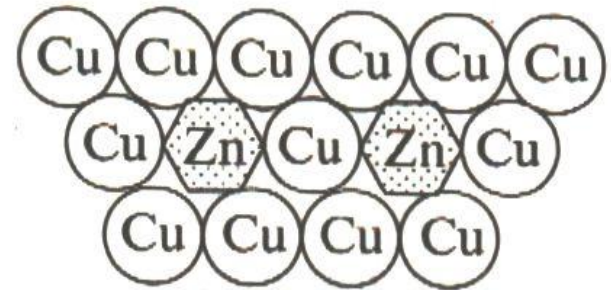
Диаграмма деформирования поликристаллического сплава



## Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *сплавы меди*

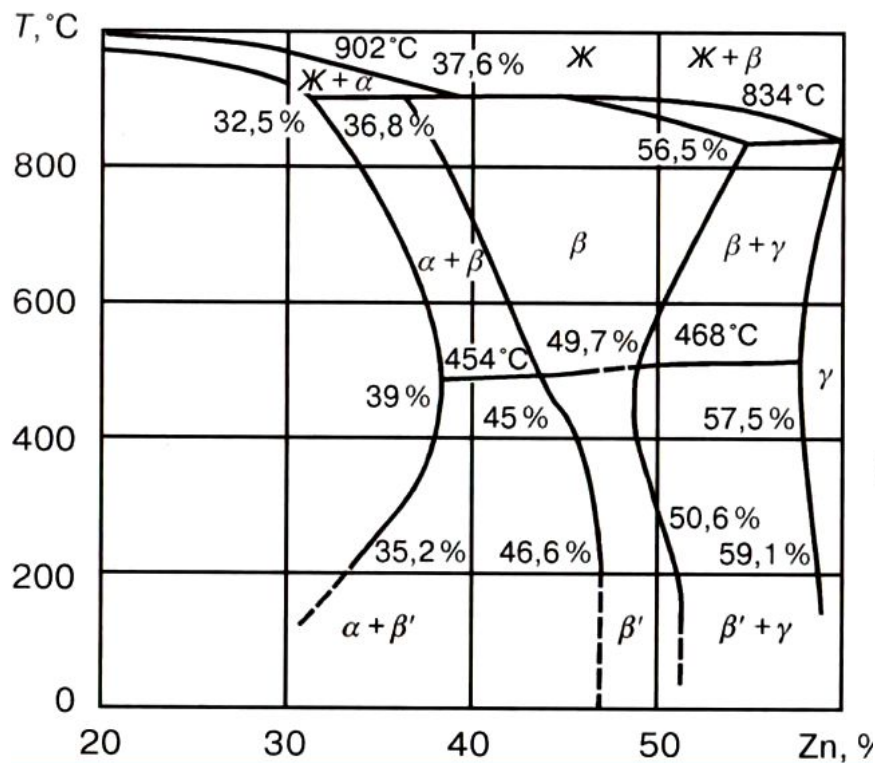
**Латунями** называют медные сплавы с цинком; выпускаются латуни восьми марок и обозначаются русской буквой Л. Следующая за ней цифра указывает средний процент **меди** в этом сплаве; марка с максимальным содержанием меди Л96, с минимальным – Л60. Латуни более сложного состава в обозначении имеют после буквы Л другую букву, а цифры, размещённые после цифры, показывающей процент меди, указывают процент **добавок** в марке латуни. Например, **ЛС59-1** означает латунь свинцовая, содержащая **57-60% меди** и **0,8-1,5 свинца**. Все добавляемые к латуни элементы обозначают русскими буквами: **О-олово**, **Ц-цинк**, **С-свинец**, **Ж-железо**, **Мц-марганец**, **Н-никель**, **А-алюминий**, **К-кремний** и т.д.

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** сплавы меди



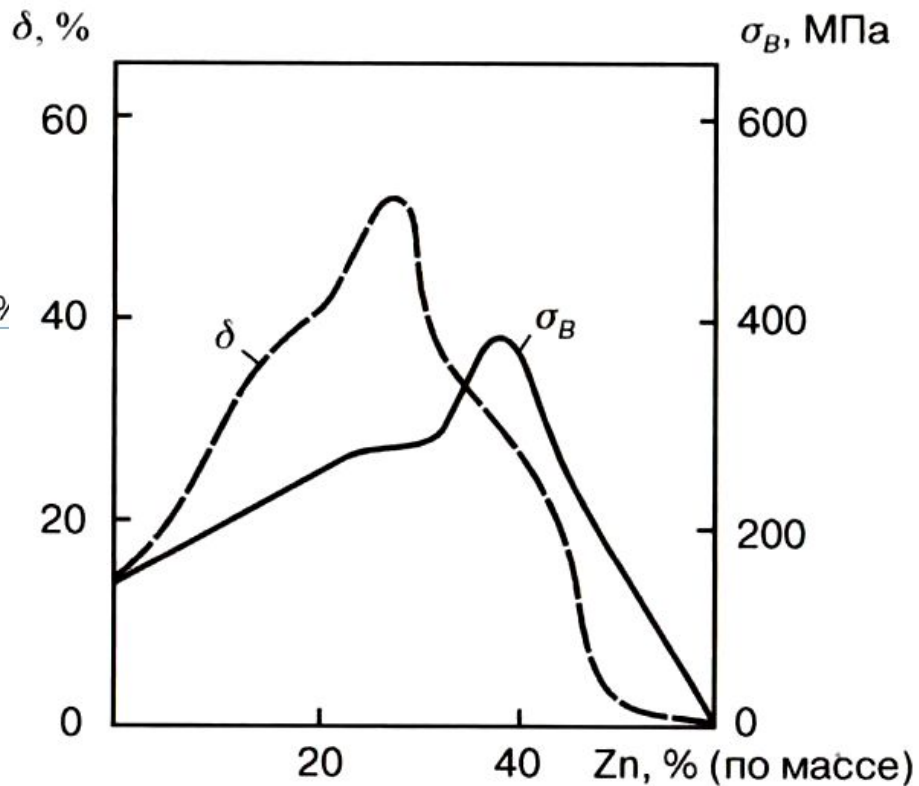
**Рис. 10.1.** Упрочнение кристалла путем образования твердого раствора

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *сплавы меди*



**Диаграмма состояния медь-цинк**

**Зависимость механических свойств сплавов медь-цинк от содержания цинка**

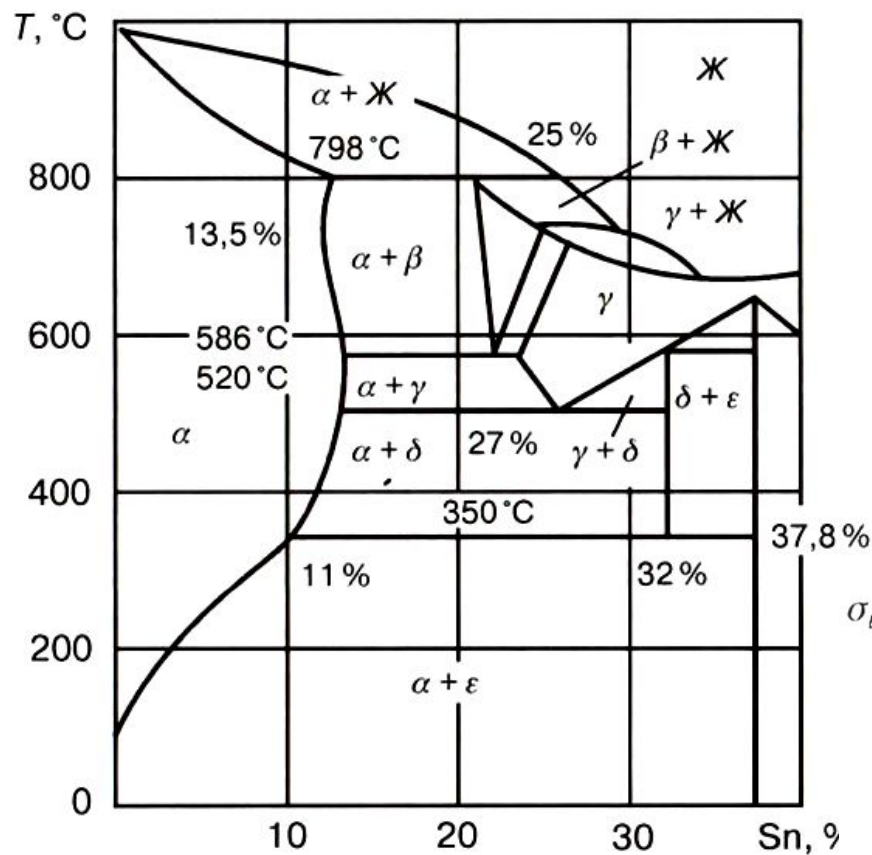




**Сплавы меди с оловом называют бронзами.**

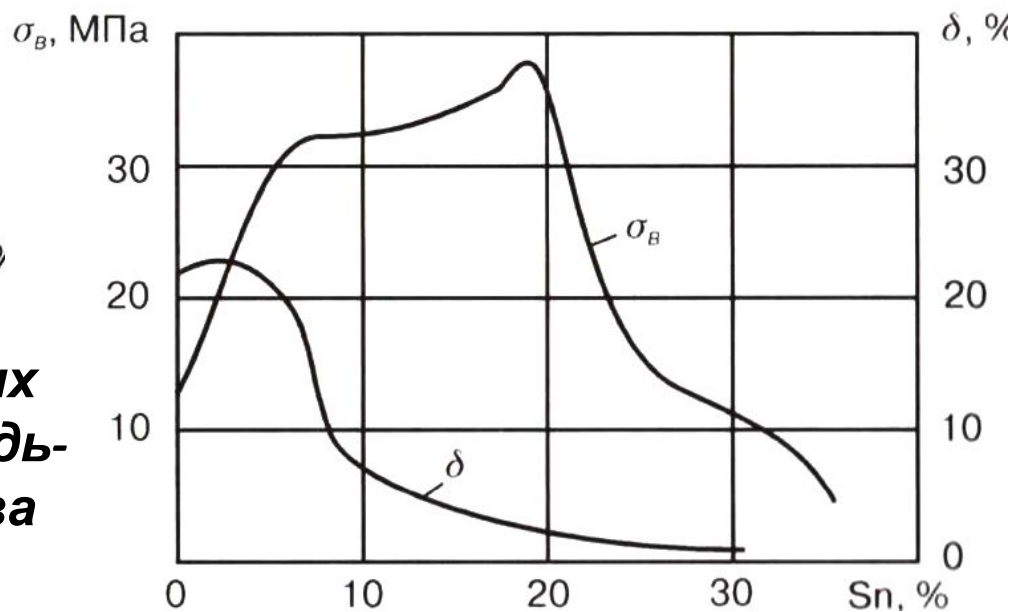
**Это литейные сплавы.** Бронзы маркируются русскими буквами Бр; справа ставят элементы, входящие в бронзу, такие же, как и в латунях, но цифры, стоящие за буквами, обозначают среднее содержание добавок этих дополнительных элементов в бронзах (цифры, обозначающие процентное содержание меди в бронзах, не ставят). Например, **БрОЦ4-3** обозначает, что в бронзе содержится в среднем **4% олова, 3% цинка**, остальное **медь**. Большинство современных бронз редко содержит более 7% олова и обычно имеют однофазную структуру, состоящую из твёрдого раствора олова в меди. Поэтому широкое применение нашли заменители – в первую очередь алюминиевые бронзы как простые БрА5, так и более сложные БрАЖМц-10-3-1,5; бериллиевые бронзы БрБ2.

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *сплавы меди*



**Диаграмма состояния медь-олово**

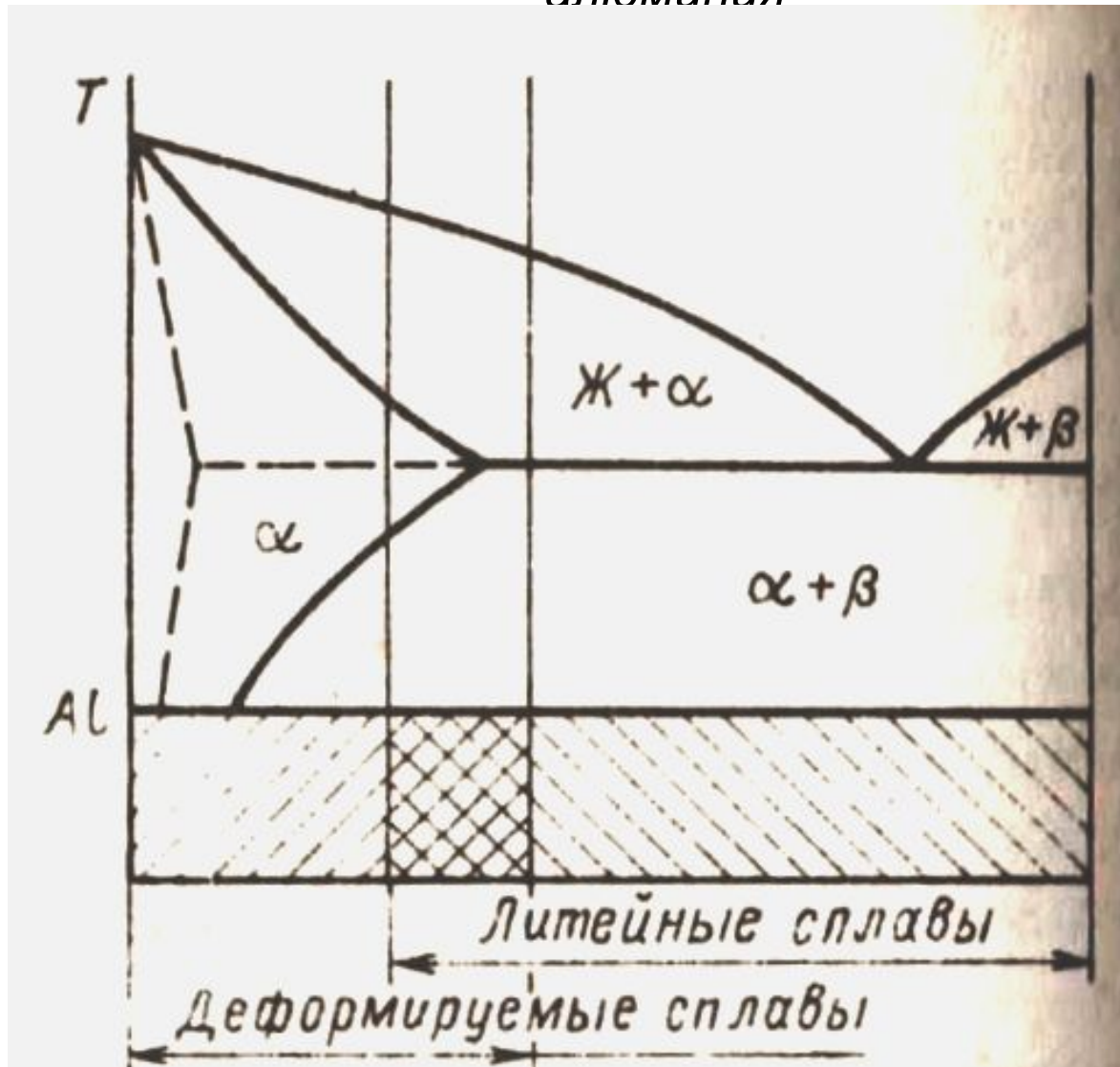
**Зависимость прочностных характеристик сплавов медь-олово от содержания олова**



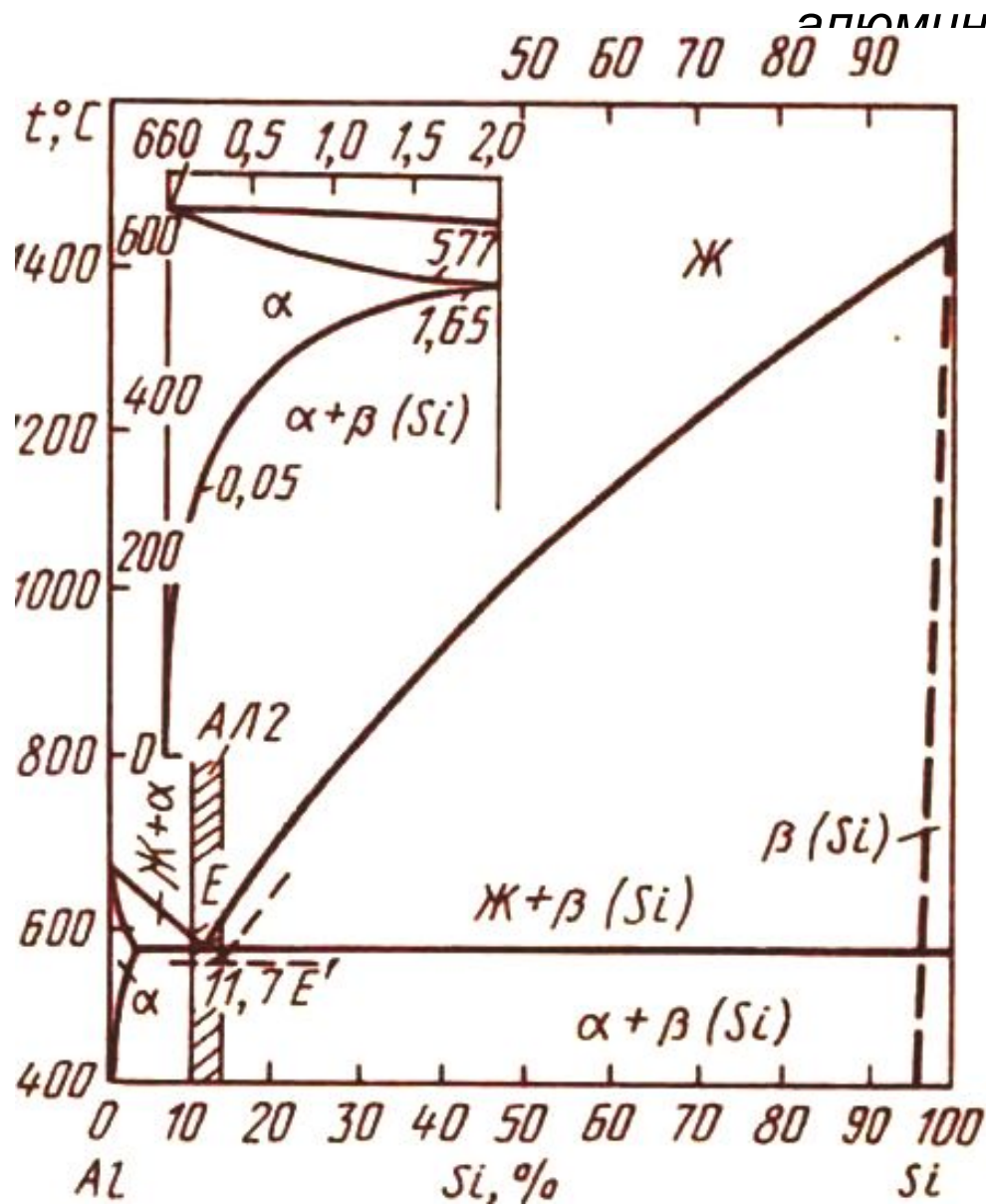
**Алюминиевые сплавы** <sup>алюминия</sup> принято делить на две группы – **деформируемые и литейные.**

**Деформируемые** алюминиевые сплавы характеризуются невысокой прочностью, но хорошей пластичностью (относительное удлинение до 140%). К ним относятся сплавы с марганцем и магнием, содержащие до 6% магния. Из этих сплавов широко применяют сплав АМц (1-1,6% марганца) и сплавы АМг<sub>2</sub>, АМг<sub>5</sub>, содержащие соответственно 1,8-2,6% магния, 0,2-0,6% марганца и 4,8-5,8% магния и 0,3-0,8% марганца. Из группы деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термообработкой, наиболее известны дуралюмины и авиаль. **Дуралюмины** – сплавы на основе алюминия-меди-магния, в которые дополнительно вводят марганец для повышения коррозионной стойкости сплава. Наиболее известны сплавы **Д18**, содержащий 2,2% меди, 0,2-0,5% магния, и **Д16**, содержащий 3,8-4,6% меди, 1,2-1,8% магния и 0,3-0,9% марганца.

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** сплавы  
алюминия



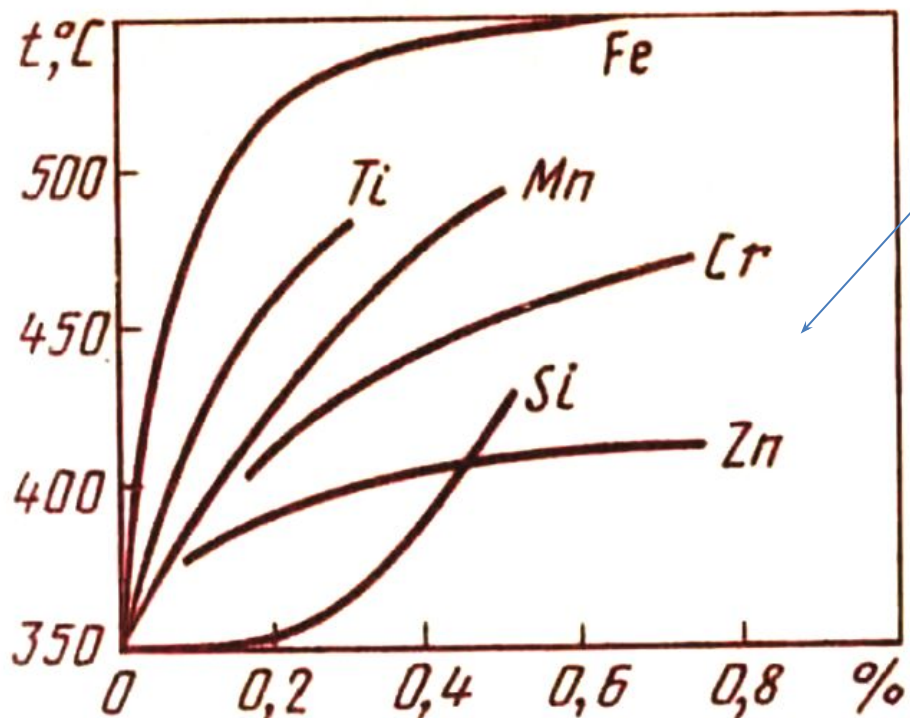
# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ сплавы



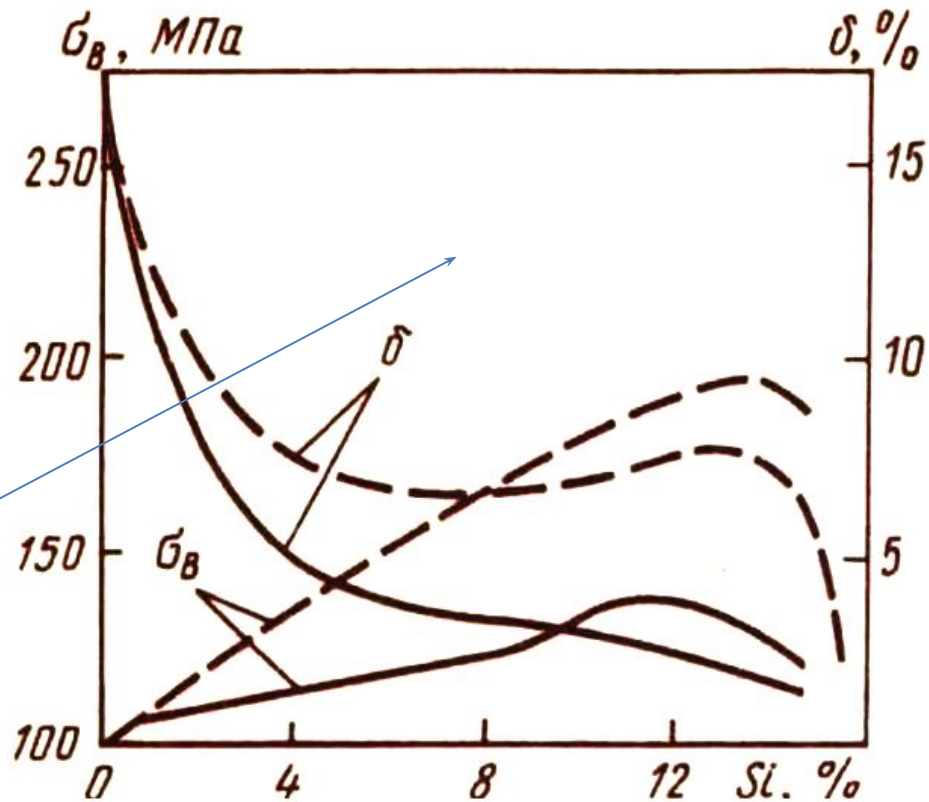
**Литейные алюминиевые сплавы** – маркируются буквами **АЛ** (алюминиевый сплав, литейный), подразделяются на 5 групп, наибольшей известностью пользуются силумины (алюминий-кремний) и сплавы алюминия с медью. Есть смешанные алюминий-кремний-медь; алюминий-магний (с содержанием магния более 8%).

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** сплавы  
алюминия

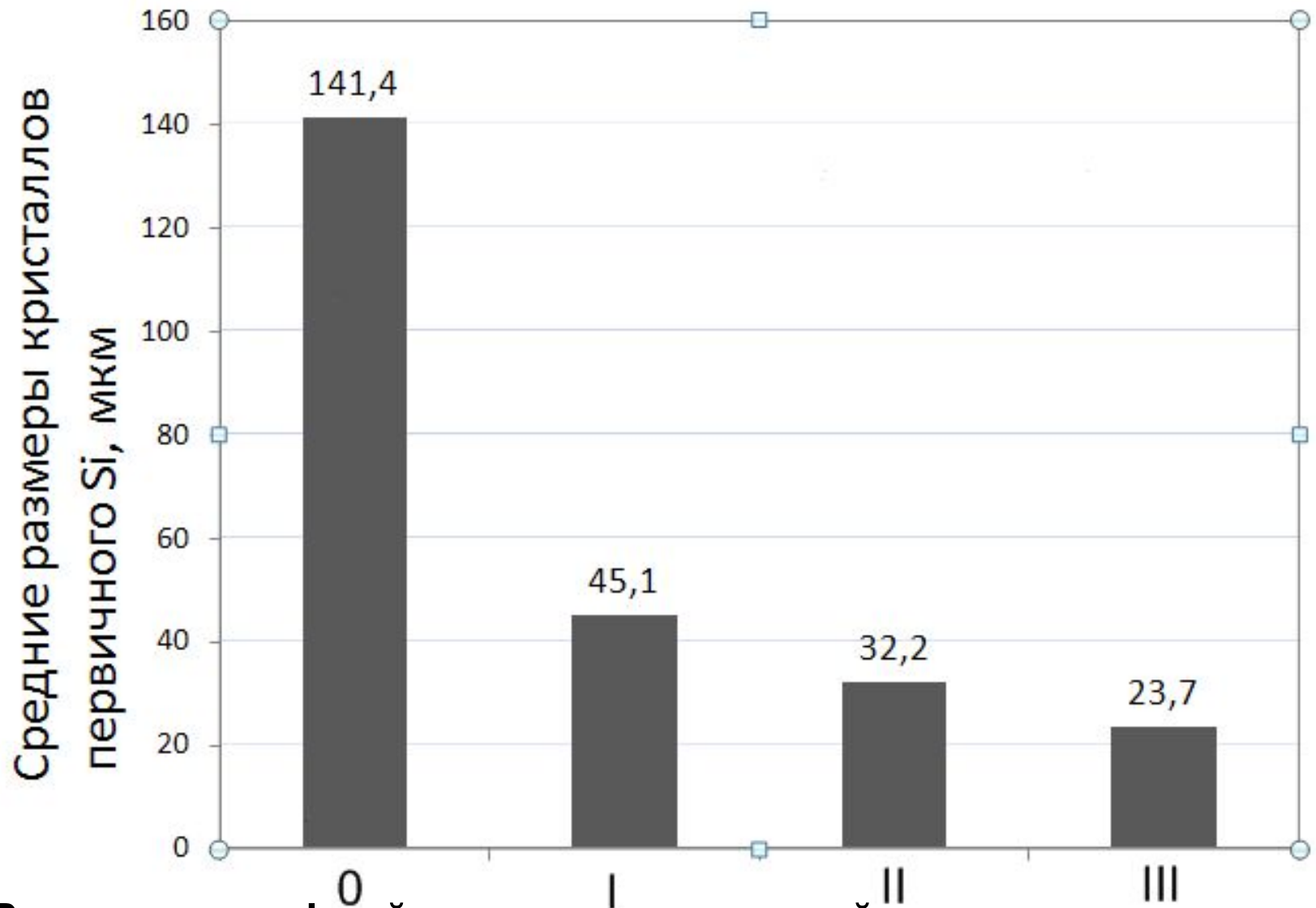
**Влияние легирующих  
элементов на температуру  
рекристаллизации алюминия**



**Зависимость механических  
свойств модифицированного (- -  
-) и немодифицированного (\_\_\_)  
силумина от содержания  
кремния**

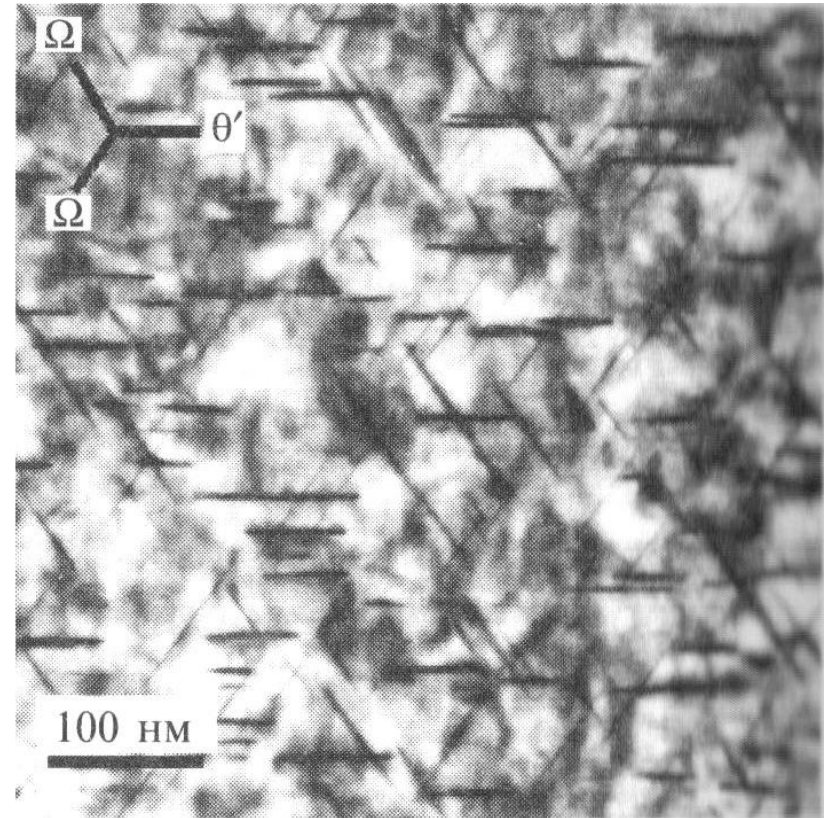
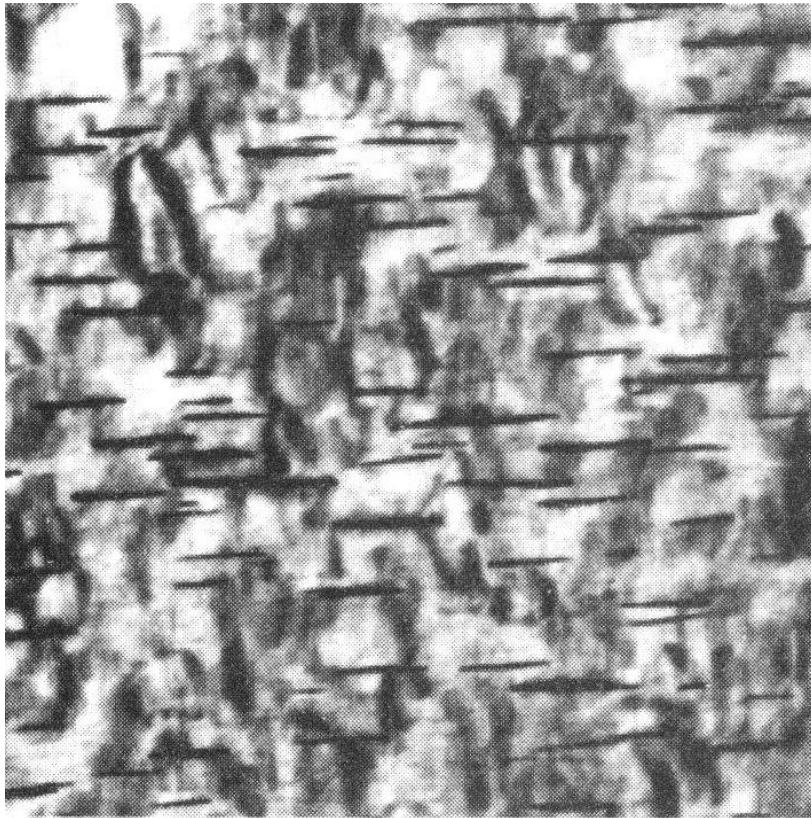


## Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *сплавы*



**Влияние аморфной лигатуры на средний размер кристаллов первичного кремния: 0 – без добавок, I, II, III – варианты добавок**

Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** *сплавы*  
*алюминия*



**Микроструктуры дисперсионно-упрочнённых сплавов Al-Cu-Mg (а) и Al-Cu-Mg-Ag (б). В Ag-содержащем сплаве показаны упрочняющие выделения  $\Omega$ -фазы**



Лекция 6 **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ** сплавы

алюминия

**Таблица 41.4.** Значения предела текучести термоупрочняемых сплавов

Серия сплава	Состав, вес. %	$\sigma_y$ , МПа	
		Медленное охлаждение	Закалка и отжиг
2000	Al + 4 Cu + Mg, Si, Mn	130	465
6000	Al + 0,5 Mg 0,5 Si	85	210
7000	Al + 6 Zn + Mg, Cu, Mn	300	570

Марка сплава	$\sigma_y$ , МПа		
	Отпущенный	«Полутвердый»	«Твердый»
1100	35	115	145
3005	65	140	185
5456	140	300	370

Значения предела текучести механически упрочняемых сплавов

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ сплавы титана

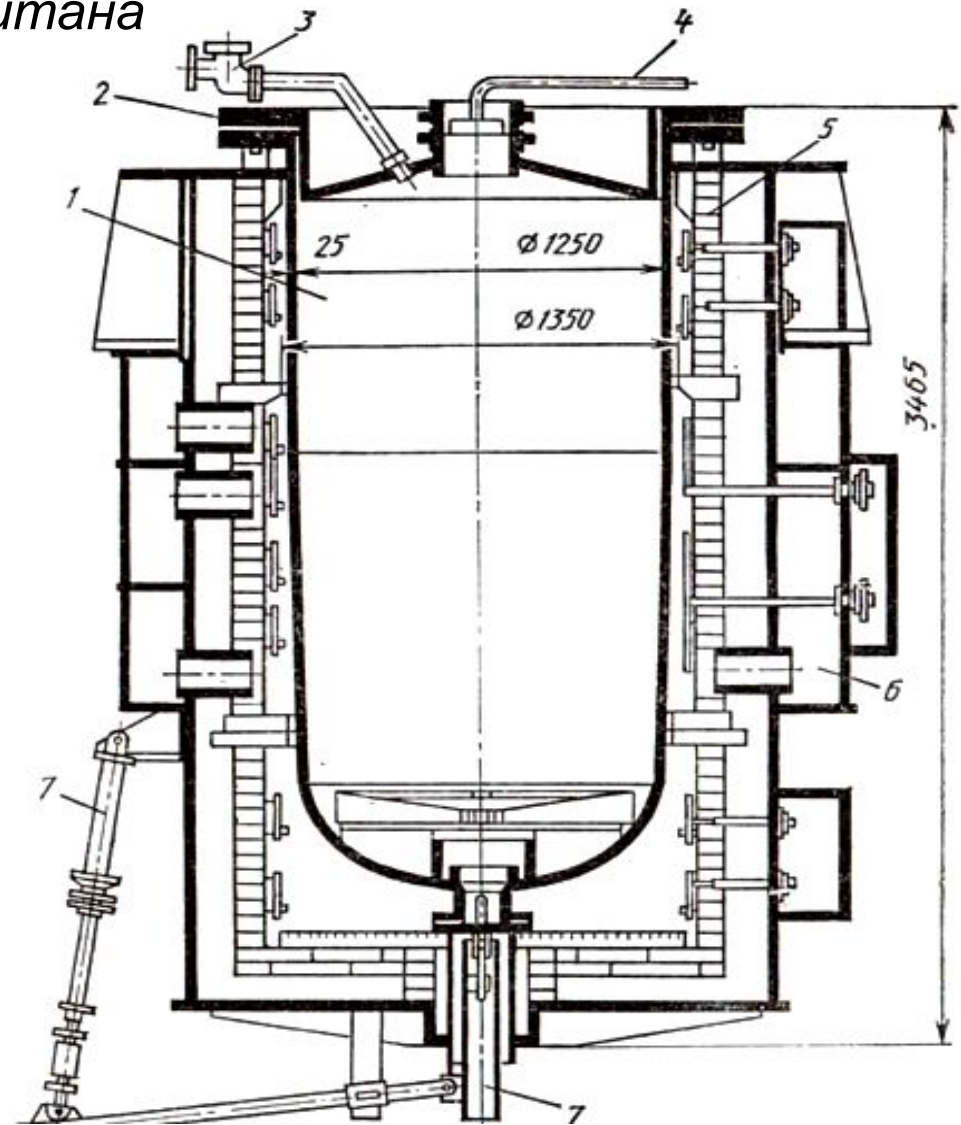
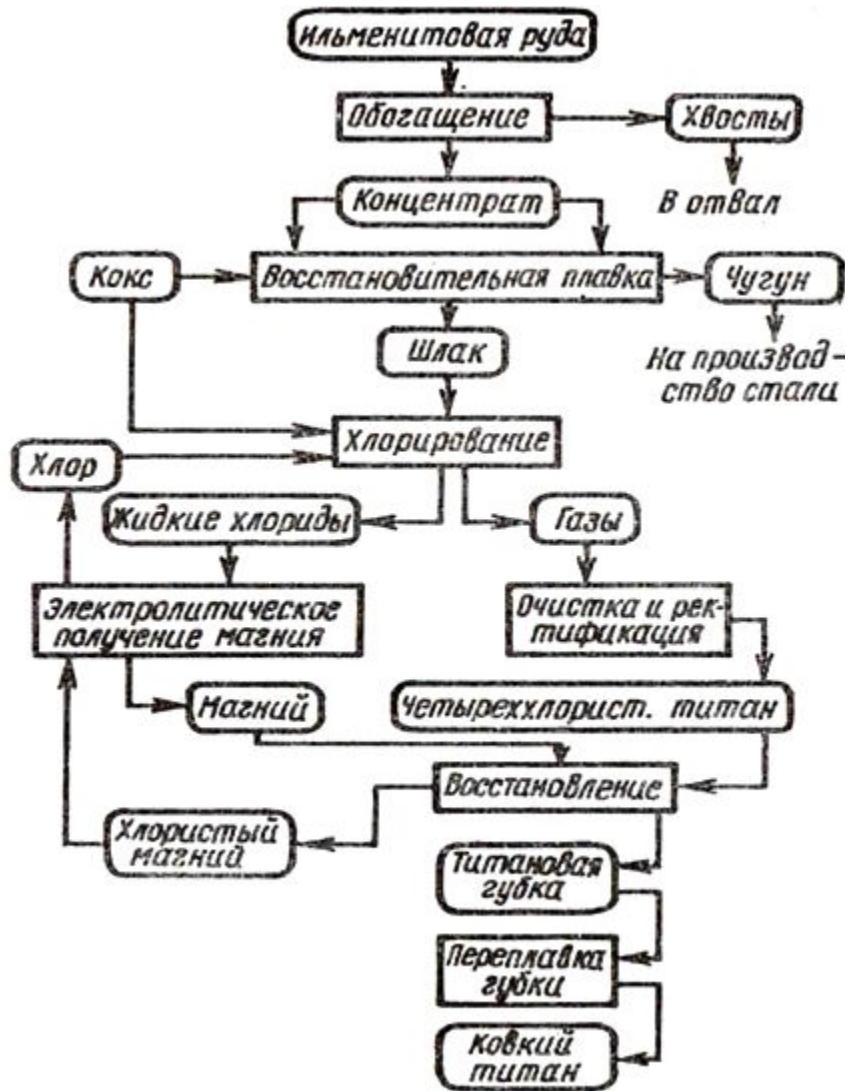


Рис. 11.2. Электропечь и реактор для восстановления тетрахлорида титана:

1 — реактор; 2 — крышка с теплоизоляцией; 3 — патрубок для заливки магния; 4 — труба для ввода четыреххлористого титана; 5 — электропечь сопротивления; 6 — коллекторы для подачи охлаждаемого воздуха; 7 — запорное устройство для слива хлористого магния

**Схема получения титана из ильменитовой руды**

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ сплавы титана



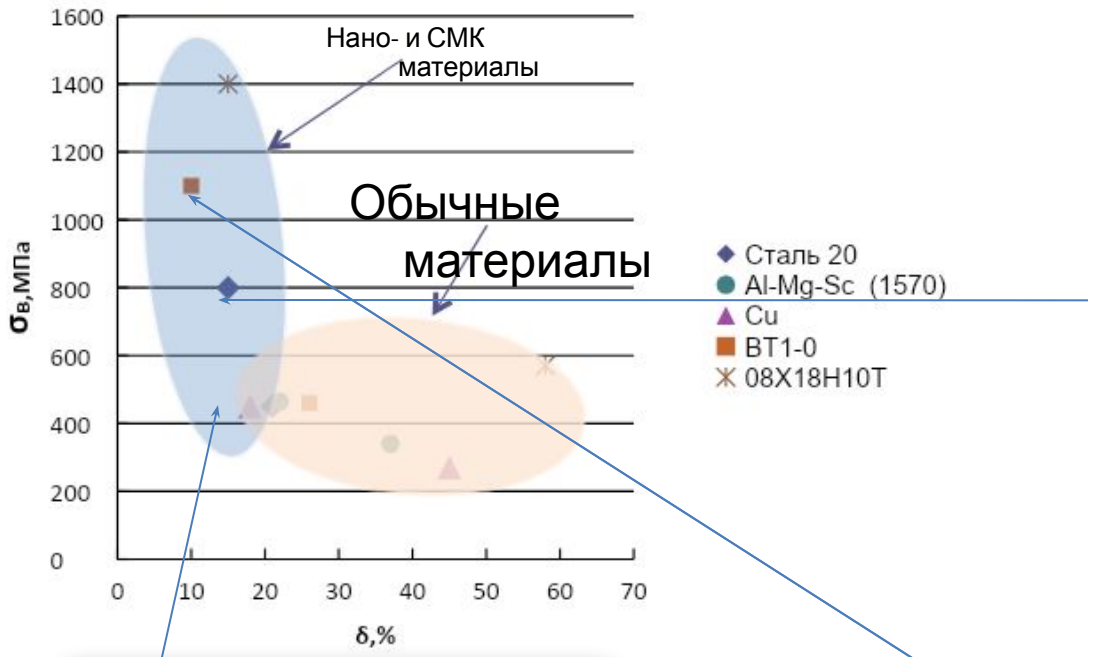
# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ *сплавы*

## Состав и механические свойства <sup>титана</sup> титановых сплавов в отожжённом состоянии

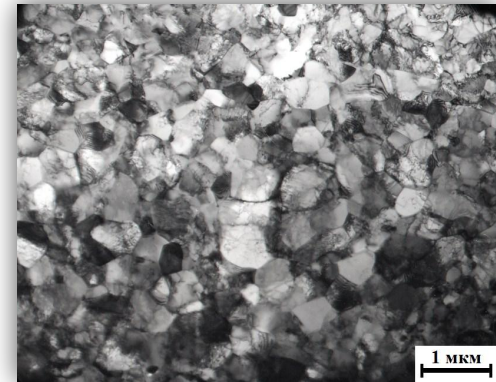
Марка сплава	Содержание, %				$T_{пп}$ , °C	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , % не менее
	Al	V	Mo	другие элементы			
<i><math>\alpha</math>-сплавы</i>							
BT1-00	—	—	—	—	890	300—450	25
BT1-0	—	—	—	—	900	400—550	20
BT5	4,3—6,2	—	—	—	1030—1110	750—900	10
BT5-1	4,0—6,0	—	—	Sn 2,0—3,0	1030—1110	800—1000	10
<i>Псевдо-<math>\alpha</math>-сплавы</i>							
OT4-1	1,0—2,5	—	—	Mn 0,7—2,0	910—950	600—750	15
BT20	5,5—7,0	0,8—2,5	0,5—2,0	Zr 1,5—2,5	980—1020	950—1100	8
<i>(<math>\alpha + \beta</math>)-сплавы</i>							
BT6	5,3—6,8	3,5—5,3	—	—	980—1010	920—1070	10
BT9	5,8—7,0	—	2,8—3,8	Zr 0,8—2,0; Fe 0,2—0,35	980—1020	1050—1250	6
BT22	4,5—5,9	4,0—5,5	4,0—5,5	Cr 0,5—2,0; Fe 0,5—1,5	840—880	1100—1250	8

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

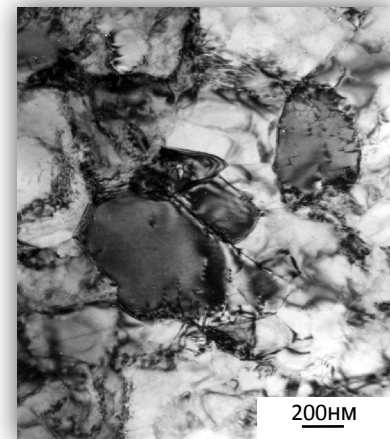
## НАНО- И СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ (СМК) МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ (ИПД)



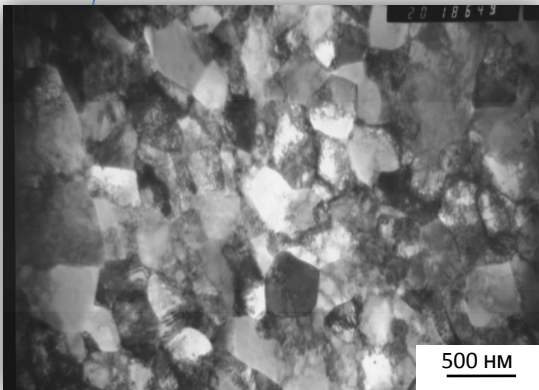
МАТЕРИАЛЫ С РАЗМЕРОМ ЗЕРНА 50-500 НМ



Ст. 20



Ti



Cu

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

## *Жаропрочные никелевые сплавы.*

Таблица 23.1. Требования к сплавам

1)	Стойкость к ползучести
2)	Стойкость к окислению при высоких температурах
3)	Высокая прочность
4)	Стойкость к тепловой усталости
5)	Термостойкость
6)	Низкая плотность

Состав стойкого к ползучести материала лопатки турбины

Металл	Вес. %	Металл	Вес. %
Ni	59	Mo	0,25
Co	10	C	0,15
W	10	Si	0,1
Cr	9	Mn	0,1
Al	5,5	Cu	0,05
Ta	2,5	Zr	0,05
Ti	1,5	B	0,015
Hf	1,5	S	< 0,008
Fe	0,25	Pb	< 0,0005

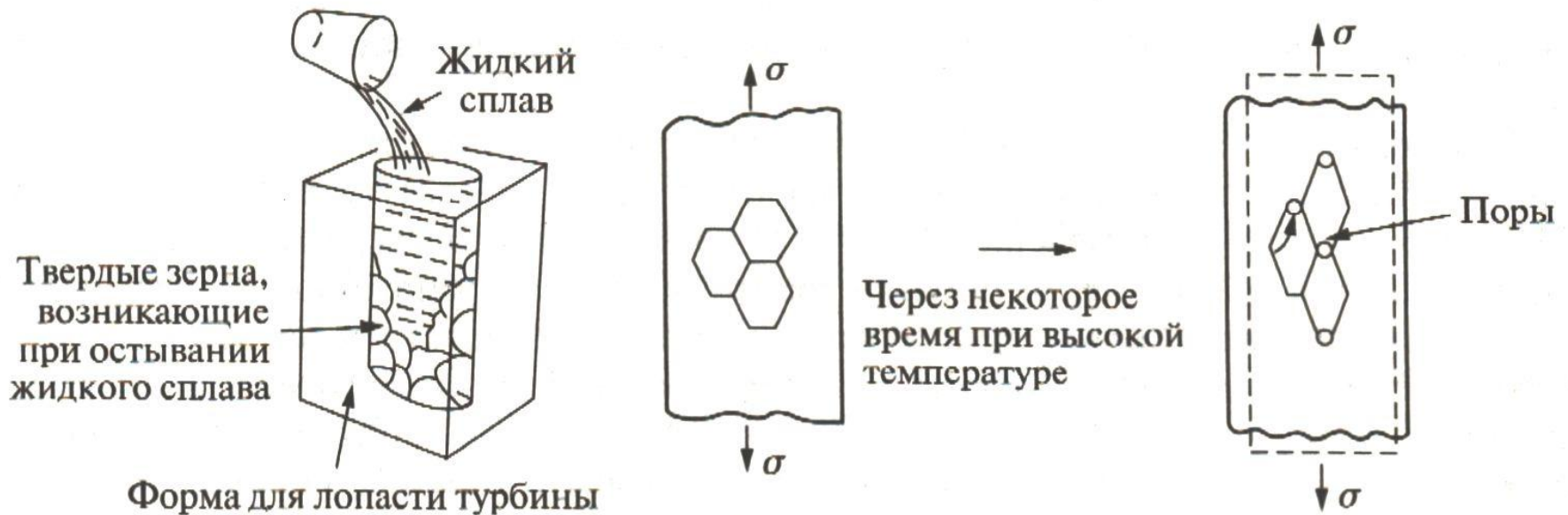
# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

## Жаропрочные никелевые сплавы

Марка сплава	Содержание, %					Режим термообработки	T <sub>max</sub> , °C
	C	Cr	Al	Ti	другие элементы		
ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	≤0,07	19,0— 22,0	0,6— 1,0	2,4— 2,8	B 0,005— 0,008	Закалка с 1080 °C + + старение при 750 °C, 16 ч	750
ХН62БМКТЮ (ЭП742)	0,04— 0,08	13,0— 15,0	2,4— 2,8	2,4— 2,8	Co 9,0—11,0; Mo 4,5—5,5; Nb 2,4—2,8; B до 0,01	Закалка с 1100 °C + + старение при 860 °C, 8 ч + 760 °C, 24 ч	800
ЖС6К	0,13— 0,20	10,5— 12,5	5—6	2,5— 3,0	Co 4,0—5,0; W 4,5—5,5; Mo 3,5—4,5 B 0,02	Закалка с 1200 °C	1050

# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

## Жаропрочные никелевые сплавы



**Рис. 23.4.** Отливка турбинных лопаток в форму. Получается мелкозернистый материал, имеющий высокую стойкость к ползучести. Имеется опасность быстрого разрушения из-за образования пор



# Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

## Жаропрочные никелевые сплавы

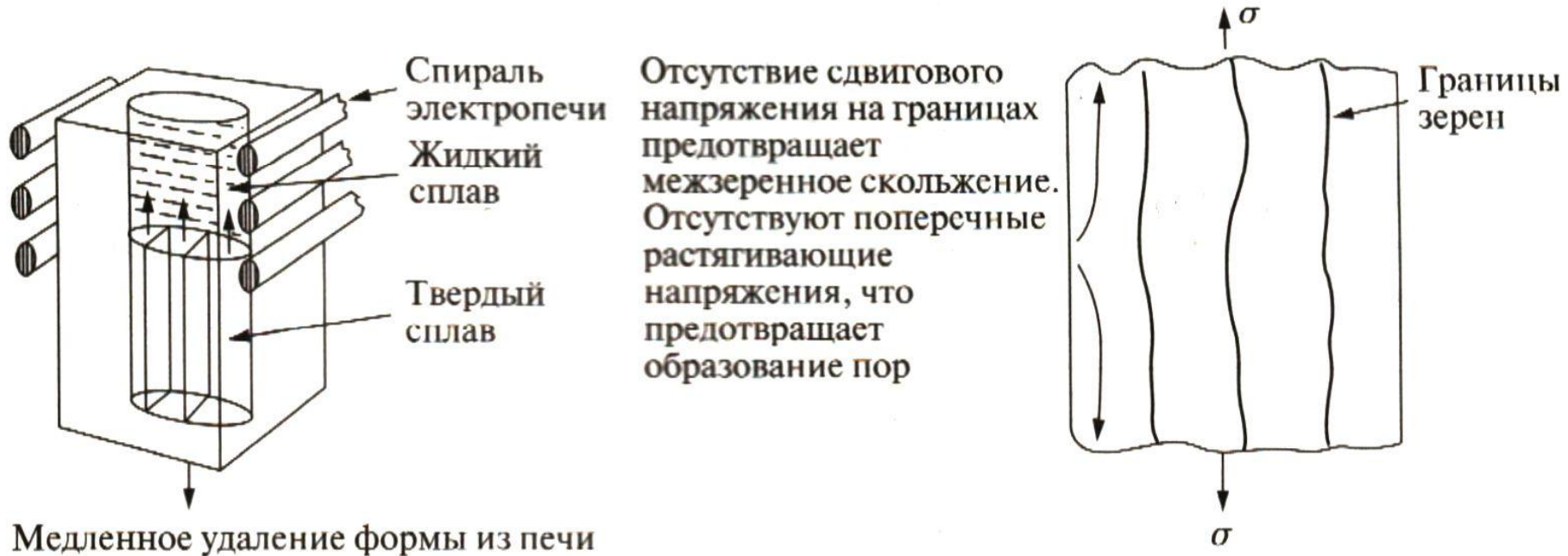
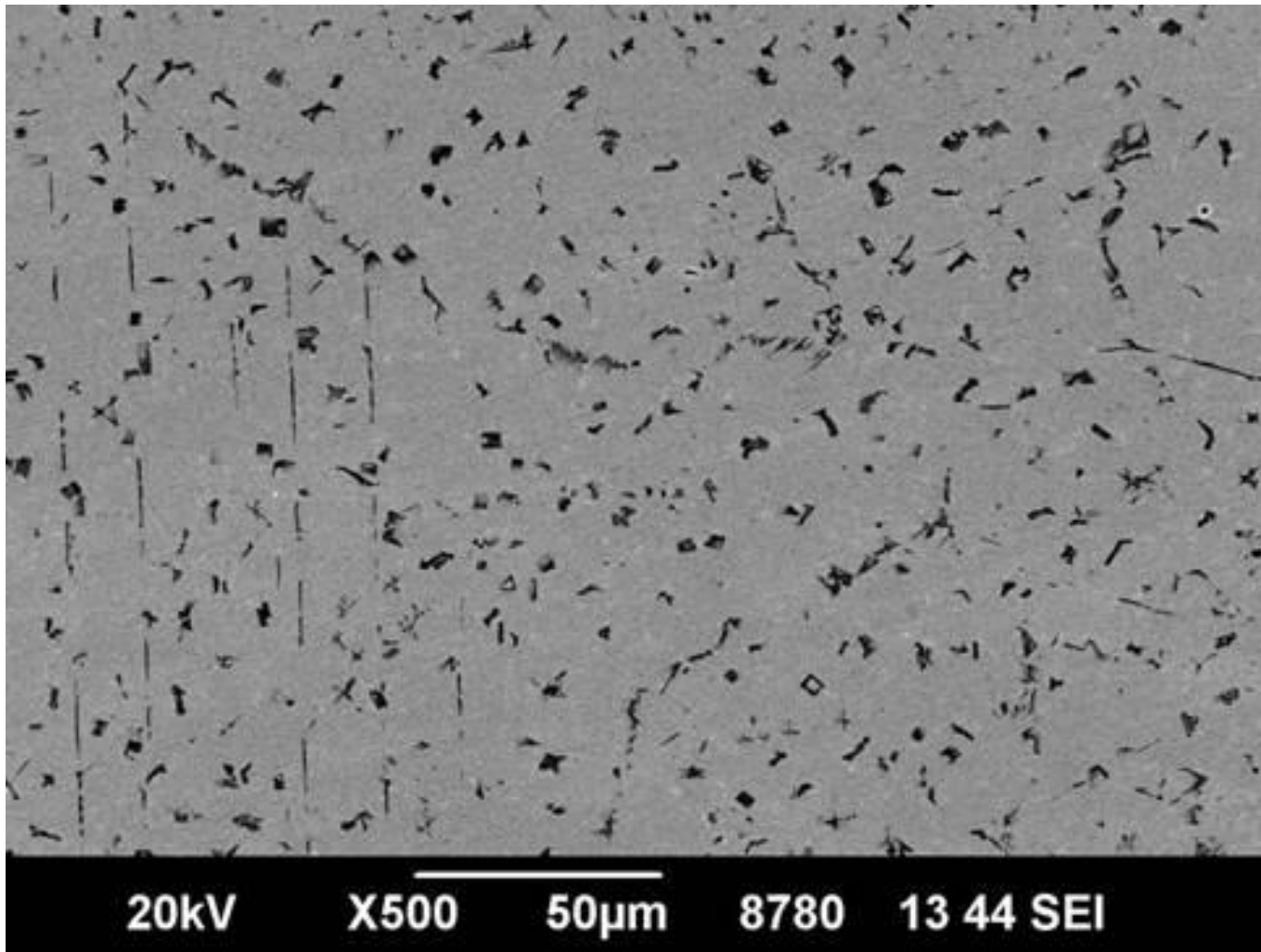


Рис. 23.5. Направленное твердение лопаток турбин

*Лекция 6* **СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Жаропрочные никелевые сплавы*



**Структура сплава ВЖ171, упрочненного нановыделениями**

## Лекция 6 СПЛАВЫ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

### Сравнительные механические характеристики различных сплавов

Материал	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\sigma_{\text{в}}/(\gamma g)$ , км	$E/(\gamma g) \cdot 10^{-3}$ , км
Магниевый сплав МА 10	430	1,8	24	2,3
Алюминиевый сплав В 95	700	2,9	21	2,4
Титановый сплав ВТ 6	1500	4,5	22	2,6
Сталь 03Н18К9М5Т	1750	7,8	23	2,6
Бериллий	680	1,8	38	16,1

Примечание:  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения.

## **Задание**

*Нестандартные стали:* ЭИ, ЭП – сталь электросталь-исследовательская; электросталь пробная; ЧС – челябинская сталь.

Например:

ЭИ-847 (0X16H15M3B) -

.....

ЭП-450 (X13M2БФР) -

.....

ЧС-42 (0X20H45M4БЧ) -

.....

*Напишите их состав в мас %*