Тема 2.3. Цветные металлы и сплавы

СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ, ТИТАНА, НИКЕЛЯ

МАРКИРОВКА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМОСТЬ

Медь и медные сплавы

Медь:

- температура плавления - ***1083°С***;
- плотность при 20°С - ***8,96*** г/см^3;
- кристаллическая решетка - гранецентрированная кубическая.

Механические свойства меди высокой чистоты:

$\sigma_в$ = 220 МПа, δ = 50 %;

Маркировка меди:
М00 (99,99 % Cu), М0 (99,97 % Cu),М1 (99,9% Cu), М2 (99,7 % Cu), М3 (99,5 % Cu).

Основные группы медных сплавов:

Латуни - сплавы на основе меди, в которых главным легирующим элементом является цинк.

Бронзы - сплавы на основе меди, в которых основной добавкой может быть любой элемент, кроме цинка и никеля .

Медноникелевые сплавы - это сплавы на основе меди, у которых основной легирующий элемент - никель.

Медные сплавы подразделяют на деформируемые и литейные.

Латуни

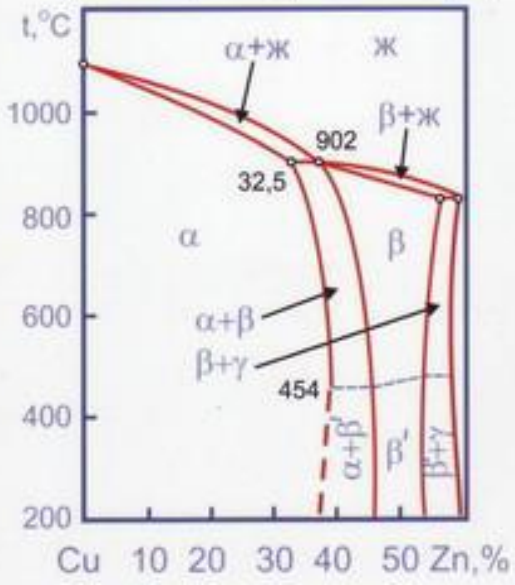
Латуни подразделяются по химическому составу на двойные и многокомпонентные, а по структуре на однофазные (α - латуни) и двухфазные (β - латуни).

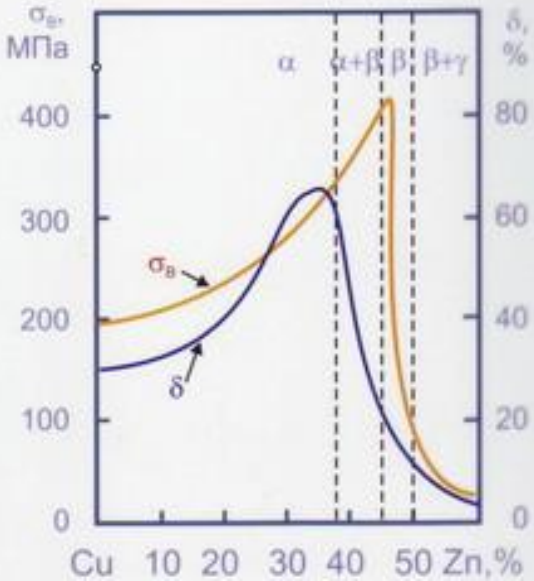
Маркировка: Латуни обозначаются буквой Л. У двойных латуней за буквой Л идет *число*, указывающее содержание меди в процентах.

В марке многокомпонентной латуни после буквы Л ставят буквенное обозначение легирующих элементов, а затем цифры, указывающие содержание меди и легирующих элементов. (латунь марки ***Л90*** содержит 90% Cu и 10% Zn; латунь ***ЛС59-1*** содержит 59% Cu, 1%Pb и 40% Zn).

В марках *литейных* латуней после буквы Л указываются буквы, обозначающие *легирующие элементы, включая цинк*.

За буквами следуют цифры, указывающие содержание легирующих элементов. Их обозначение: *алюминий* - А, *никель* - Н, *олово* - О, *свинец* - С; *железо* - Ж; *кремний* - К; *марганец* - Мц; *цинк* - Ц; *фосфор* - Ф, *бериллий* - Б.





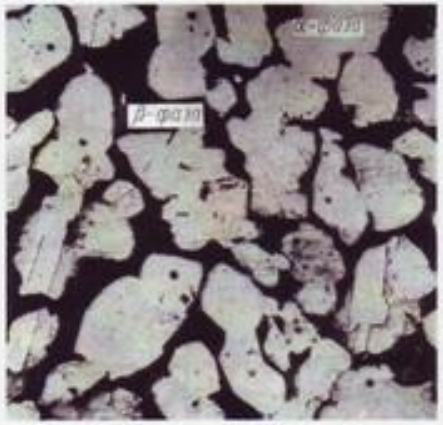
Состав и механические свойства латуней

Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_в$, МПа	δ, %	Структура
	Cu	другие элементы			
	Деформируемые латуни				
Л90	88,0 - 91,0	-	260	44	α
Л68	67,0 - 70,0	-	330	56	α
Л63	62,0 - 65,0	-	360	49	α
ЛС59-1	57,0 - 60,0	Pb 0,8 - 1,9	420	40	$\alpha+\beta$
ЛЖМц59-1-1	57,0 - 60,0	Fe 0,6 - 1,2 Mn 0,5 - 0,8	450	50	$\alpha+\beta$
	Литейные латуни				
ЛЦ40С	57,0 - 61,0	Pb 0,8 - 2,0	300	30	
ЛЦ16К4	78,0 - 81,0	Si 3,0 - 4,0	380	15	
ЛЦ23А6Ж3Мц2	64,0 - 68,0	Al 4,0 - 7,0 Fe 2,0 - 4,0 Mn 1,5 - 3,0	650	7	

Структура однофазной латуни

x200

Структура двухфазной латуни



x200

Бронзы

Бронзы обозначаются буквами Бр, после чего следует буквенное обозначение легирующих элементов в порядке убывания их концентрации; в конце марки указываются средние концентрации соответствующих элементов.

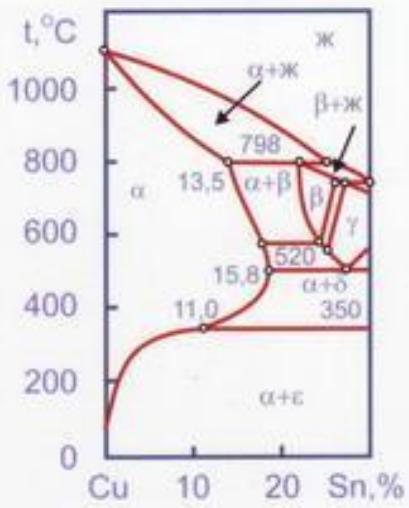
(Бронза БрАЖ 9-4 содержит 9% Al и 4% Fe)

В марках литейных бронз содержание компонентов ставится сразу после буквы, обозначающей его название.

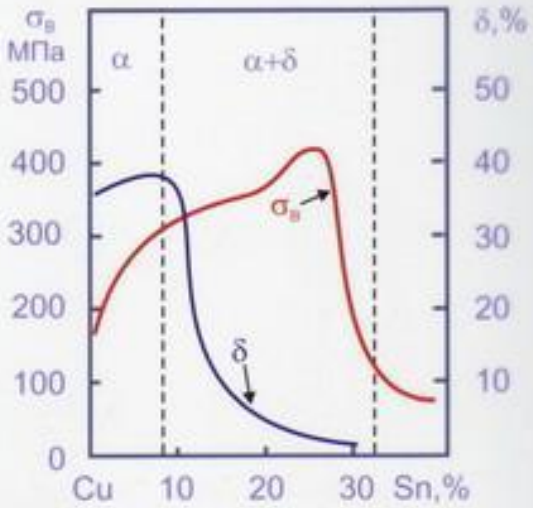
(Бронза БрО5Ц5С5 содержит 5% Sn, 5%Zn и 5%Pb)

Оловянные бронзы

Диаграмма состояний Cu-Sn



Влияние олова на свойства сплавов



Оловянные бронзы

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание,%				$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Sn	Pb	Zn	другие		
	Деформируемые бронзы					
БрОФ6,5-0,15	6,0-7,0	-	-	P 0,1-0,25	300	38
БрОФ6,5-0,4	6,0-7,0	-	-	P 0,26-0,40	400	65
БрОЦ4-3	3,5-4,0	-	2,7-3,3	-	350	40
БрОЦС4-4-2,5	3,0-5,0	1,5-3,5	3,0-5,0	-	325	40
	Литейные бронзы					
БрО10Ф1	9,0-11,0	-	-	P 0,4-1,1	220	3
БрО5Ц5С5	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	-	180	4
БрО3Ц7С5Н1	3,5-4,0	3,0-6,0	6,0-9,5	Ni 0,5-2,0	210	5

Структура деформированной бронзы с 5 % Sn после рекристаллизации

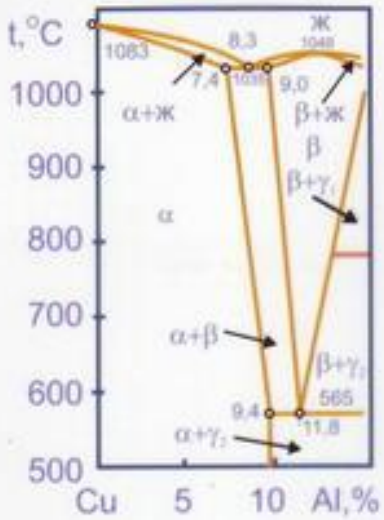
x300

Структура литой бронзы с 10 % Sn

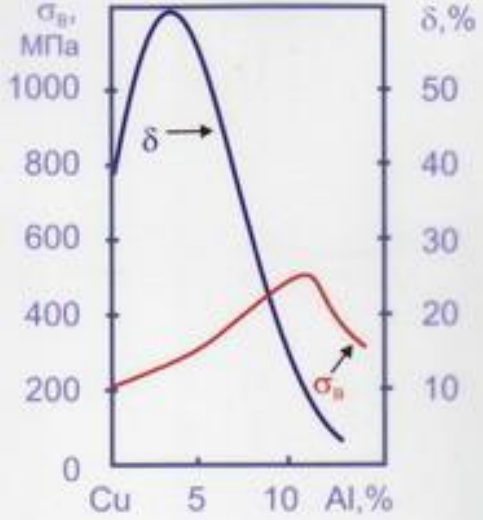
x250

Алюминиевые бронзы

Диаграмма состояний Cu-Al



Влияние алюминия на свойства сплавов

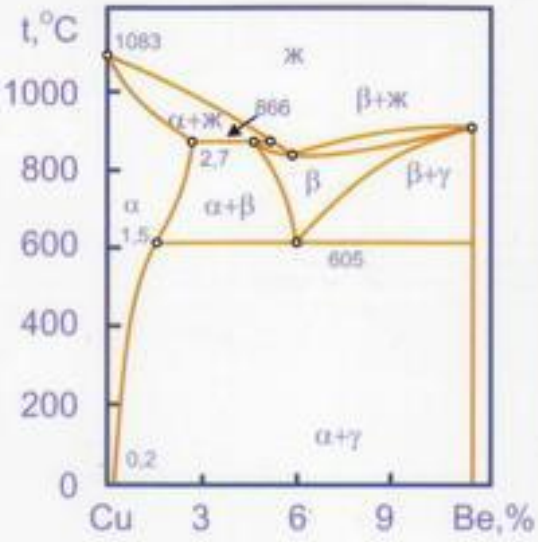


Состав и механические свойства бронз

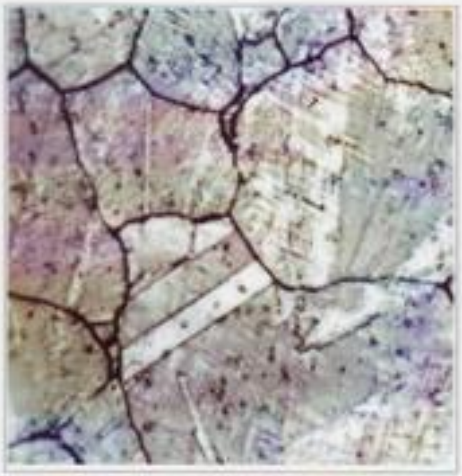
Марка сплава	Содержание,%			$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Fe		
Деформируемые бронзы					
БрАЖ9-4	8,0-10,0	-	2,0-4,0	550	40
БрАЖМц10-5-1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	2,0-4,0	600	20
Литейные бронзы					
БрА9Ж3Л	8,0-10,5	-	2,0-4,0	400	10
БрА10Ж3Мц2	9,0-11,0	1,0-3,0	2,0-4,0	400	10

Бериллиевые бронзы

Диаграмма состояний Cu-Be



Структура бронзы БрБ2



x800

Состав и свойства бериллиевых бронз

Марка сплава	Содержание,%			Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Be	Ni	Ti			
БрБ2	1,9-2,2	0,2-0,5	-	Закалка от760-780°С старение 320-350°С 2-5 часов	1150	4
БрБНТ1,7	1,6-1,85	0,2-0,4	0,1-0,25	Закалка от760-780°С старение 320-350°С 2-5 часов	1000	5

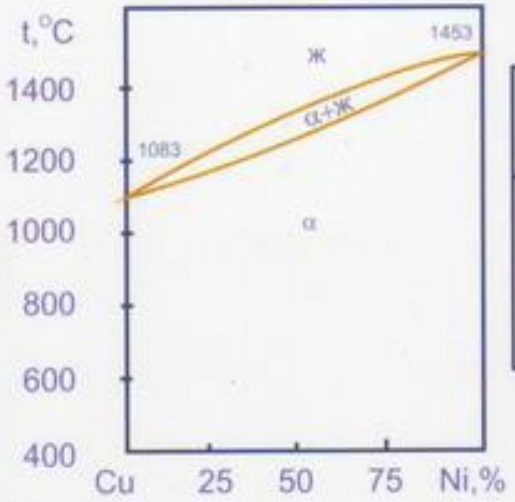
Свинцовые бронзы

Марка сплава	Содержание,%		$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Pb	Ni		
БрС30	27-33	-	60	4
БрСН60-2,5	57-63	2,25-2,75	30	5

x250

Медноникелевые сплавы

Диаграмма состояний
Cu - Ni



Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание,%		$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Ni+Co	Zn		
МН19 мельхиор	18-20	-	400	35
МНЦ15-20 нейзильбер	13,5 - 16,5	18 - 22	415	40

Титан и титановые сплавы

Титан:

- температура плавления - ***1668°С***;
- плотность при 20°С - ***4,5*** г/см^3;

Имеет полиморфное превращение: $Ti_\alpha \Leftrightarrow Ti_\beta$

выше 882°С - Ti_β с объёмноцентрированной кубической решеткой ***ОЦК***;

ниже 882°С - Ti_α с гексагональной плотноупакованной решеткой ***ГП***

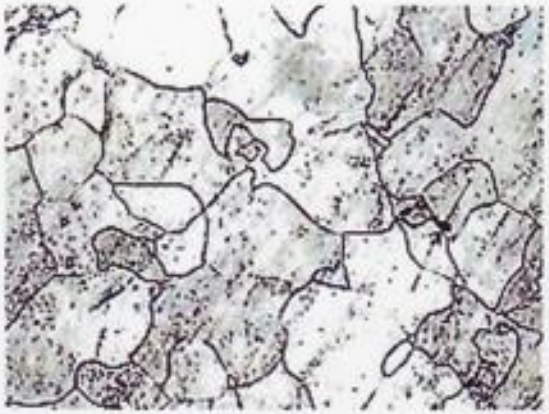
Механические свойства чистого титана:

$\sigma_в$ = 250 МПа, δ = 50 %;

Маркировка титана: ВТ1-00 (99,53 % Ti),
ВТ1-0 (99,46 % Ti)

При быстром охлаждении с температур, превышающих 882°С, может происходить мартенситное превращение (с образованием игольчатой структуры).

Микроструктура технического титана



После отжига x100

После быстрого охлаждения x300

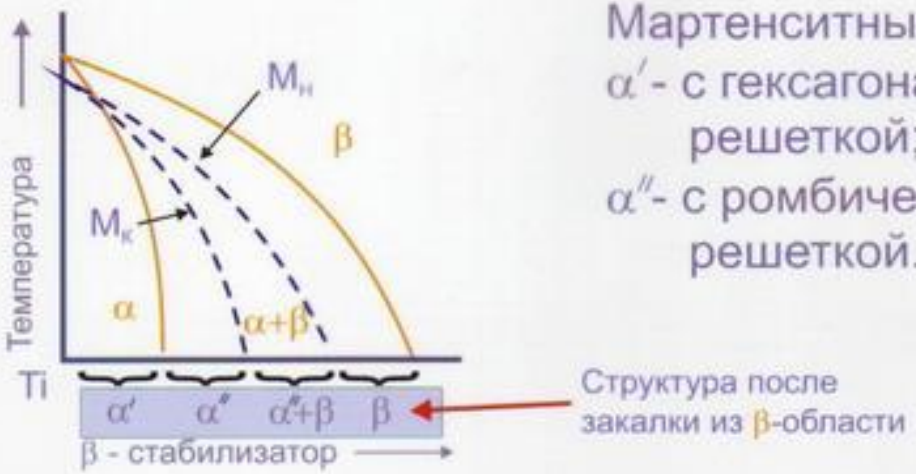
Деформируемые титановые сплавы

Маркировка:
буквы **ВТ** или **ОТ**, за которыми следует ***число***, обозначающее условный номер сплава.
Классификация сплавов:
- α - сплавы;
- псевдо α - сплавы, содержащие до 5 % β - фазы;
- $(\alpha+\beta)$ - сплавы;
- β - сплавы.

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	V	Mo	другие			
		α - сплавы					
ВТ5-1	4,0-6,0	-	-	Sn 2,0-3,0	отжиг 800-850 °С	780	10
		Псевдо α - сплавы					
ОТ4-1	3,5-5,0	-	-	Mn 0,8-2,0	отжиг 740-760 °С	680	11
ВТ20	5,5-7,5	0,8-1,8	0,5-2,0	Zr 1,5-2,5	отжиг 700-800 °С	960	8
		$(\alpha+\beta)$ - сплавы					
ВТ6	5,5-7,0	4,2-6,0	-	-	закалка 900-950°С старение 450-550°С	1050	10
ВТ14	5,6-6,3	0,9-1,9	2,5-3,8	-	закалка 870-910°С старение 480-560°С	1180	6
ВТ20	4,5-5,9	4-5,5	4-5,5	Cr 0,5-2,0	закалка 700-760°С старение 500-660°С	960	10

Деформируемые титановые сплавы

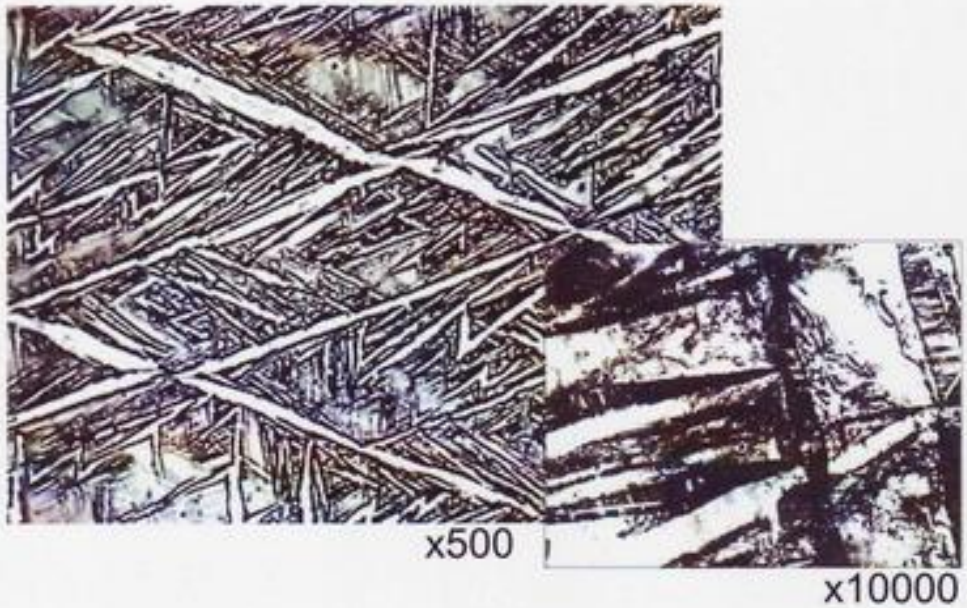


Мартенситные фазы:

α′ - с гексагональной решеткой;

α″- с ромбической решеткой.

Структура сплава с α' - мартенситом



Литейные титановые сплавы

Маркировка литых сплавов такая же, как и деформируемых, но в конце маркировки ставят букву **Л** .

В литых сплавах допускается большее содержание примесей, чем в деформируемых.

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	V	Mo	другие			
ВТ5Л	4,1-6,2	-	-	-	отжиг 800-850°С, охл. на воздухе	700	6
ВТ20Л	5,5-7,5	0,8-1,8	0,5-2,0	Zr 1,5-2,5	отжиг 700-800°С, охл. на воздухе	930	8
ВТ6Л	5,0-6,5	3,5-4,5	-	-	закалка от 900-950°С старение 450-550°С	850	5
ВТ14Л	4,3-6,3	0,9-1,9	3,5-3,8	-	отжиг 740-760°С	880	5

Никель и никелевые сплавы

Никель:

- температура плавления - ***1455°С***;
- плотность при 20°С - ***8,9*** *г*/см^3;
- кристаллическая решетка - гранецентрированная кубическая.

Механические свойства никеля высокой чистоты:

$\sigma_в$ = 280 МПа, δ = 50 %;

Маркировка технически чистого никеля:

НП1 (99,9 % Ni+Co), НП2 (99,5 % Ni+Co),
НП3 (99,3 % Ni+Co), НП4 (99,0 % Ni+Co).

Жаростойкие никелевые сплавы

Марка сплава	Содержание, %					Применение
	C	Cr	Al	Si	Ti	
Х20Н80 (нихром)	<0,12	20-23	-	0,4-1,5	-	электронагреватели до 1100°С
ХН70Ю	<0,12	26-29	2,8-3,5	<0,8	-	детали камер сгорания до 1200°С
ХН78Т	<0,12	19-22	-	<0,8	0,15-0,3	детали камер сгорания до 1000°С

Деформируемые никелевые сплавы

Маркировка сплавов:

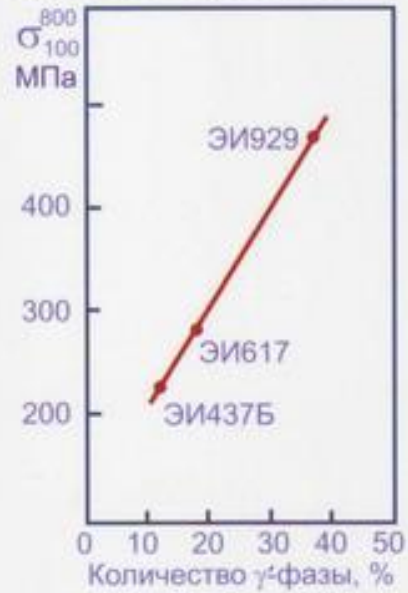
1) Марка сплава состоит из букв, обозначающих элементы, входящие в его состав. Обозначения элементов, такие же, что и у сталей. Марка сплава начинается с буквы Х (хром), затем идет Н и цифра, указывающая среднее содержание никеля, а далее буквы, обозначающие остальные элементы (ХН77ТЮР).

2) используются условные обозначения, не имеющие отношения к химическому составу сплавов (ЭИ437Б).

Состав сплавов

Марка сплава	Содержание, %			
	Cr	Al	Ti	другие
ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	19-22	0,6-1,0	2,4-2,8	B <0,01 C <0,12
ХН70ВМТЮ (ЭИ617)	13-16	1,7-2,3	1,8-2,3	Mo 2,0-4,0 W 5,0-7,0 V 0,1-0,5 C <0,12
ХН55ВМТКЮ (ЭИ929)	9-12	3,6-4,5	1,4-2,0	Mo 4,0-6,0 W 4,5-6,5 V 0,2-0,8 Co 12-16 C <0,12

Влияние количества γ′-фазы на длительную прочность



Термическая обработка:

ЭИ437Б - закалка от 1080-1120°С, старение при 700-750°С, 16ч;

ЭИ617 - закалка от 1180-1200°С, закалка от 1040-1060°С и старение при 800°С, 16ч;

ЭИ929 - закалка от 1190-1210°С, закалка от 1040-1080°С и старение при 850°С, 8ч;

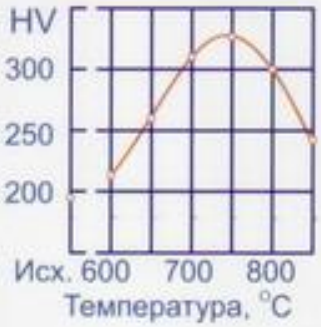
Жаропрочные никелевые сплавы

Термическая обработка сплавов Ni-Cr-Ti-Al: *закалка и старение*.

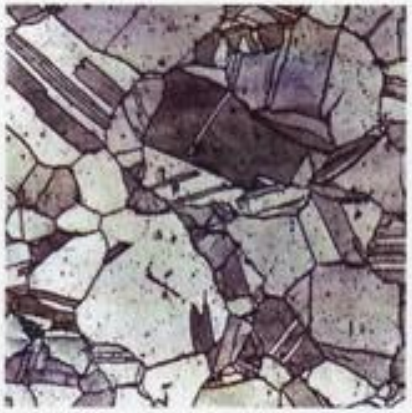
Упрочнение при старении обеспечивает γ'-фаза - $Ni_3(Ti,Al)$ с решеткой ГЦК..

Схема термической обработки

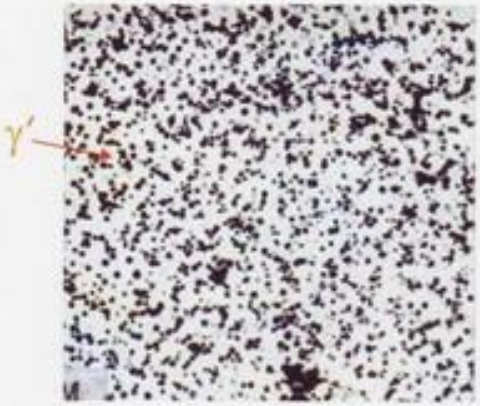
Изменение твердости сплава ХН77ТЮР при старении (16ч)



Структура сплава ХН77ТЮР после старения 750°С, 16ч



x100

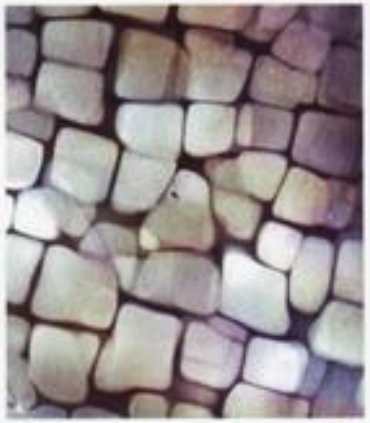


x20000

Литейные никелевые сплавы

Литейные сплавы содержат 45-60 % γ'-фазы

Структура литого сплава



x20000

Направленная кристаллизация

x75

Марка сплава	Содержание, %				Рабочие температуры, °С	Длительная прочность, σ_{100}^{800}, МПа
	Cr	Al	Ti	Другие		
ЖС6К	10,5 - 12,5	5,0 - 6,0	2,5 - 3,0	Mo 3,5-4,5 W 4,5-5,5 Co 4,0-5,0 B < 0,02 C=0,13-0,2	850-1050	520

Термическая обработка сплава ЖС6К:
закалка от 1210-1230°С и старение 950°С, 2ч