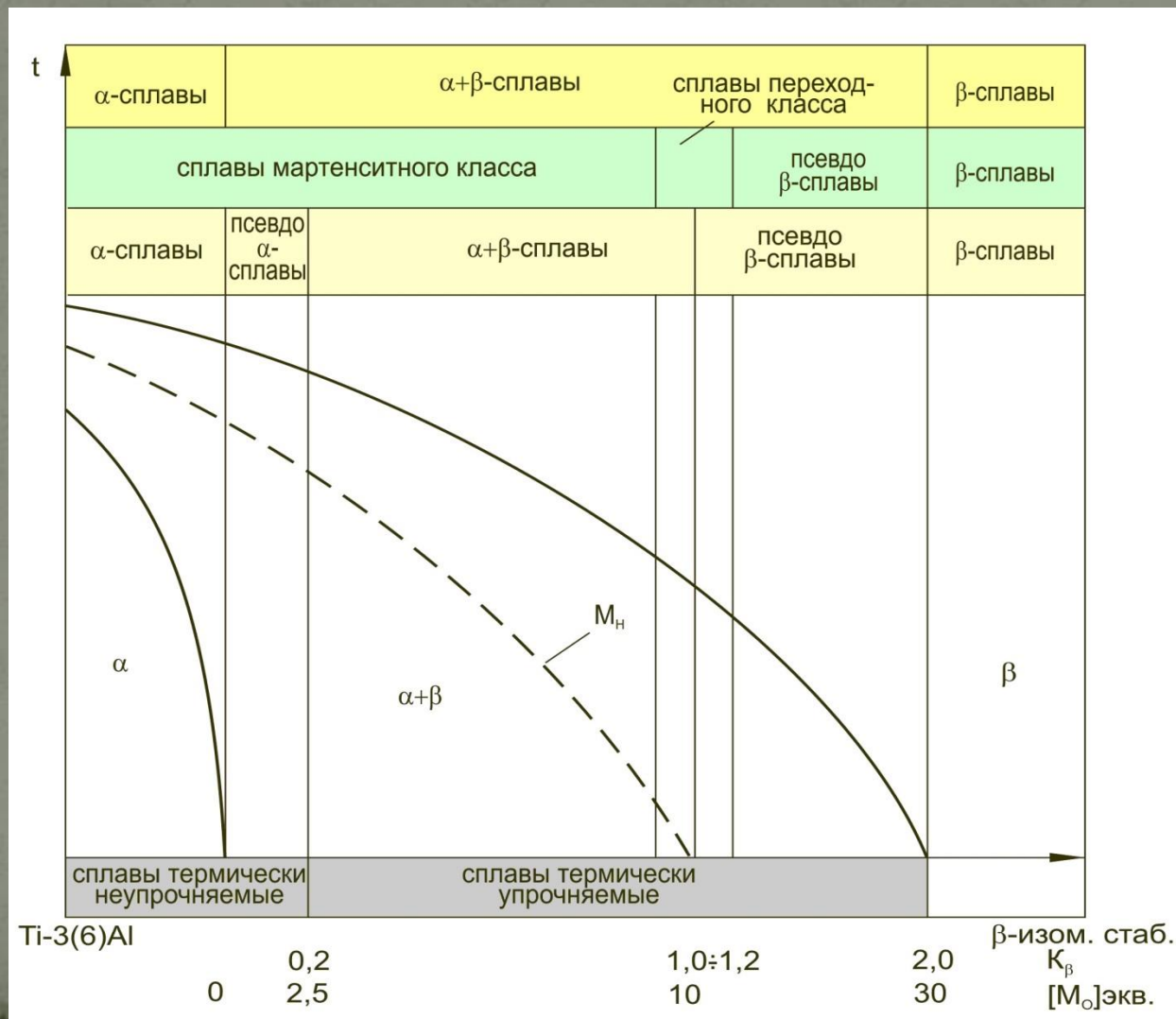


Справочные материалы
по титановым сплавам

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ



МОЛИБДЕНОВЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ $[Mo]_{ЭКВ}$

- $[Mo]_{ЭКВ} = \frac{x_i \cdot c''_{Mo}}{c_i''}$
- $[Mo]_{ЭКВ} = [Mo] + 0,2[Ta] + 0,28[Nb] + 0,4[W] + 0,67[V] + 1,25[Cr] + 1,25[Ni] + 1,7[Mn] + 1,7[Co] + 2,5[Fe]$

КОЭФФИЦИЕНТ β -СТАБИЛИЗАЦИИ (K_β)

- $K_\beta = \frac{c_1}{c''_{1кр}} + \frac{c_2}{c''_{2кр}} + \dots + \frac{c_i}{c''_{iкр}}$

АЛЮМИНИЕВЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ $[Al]_{ЭКВ}$

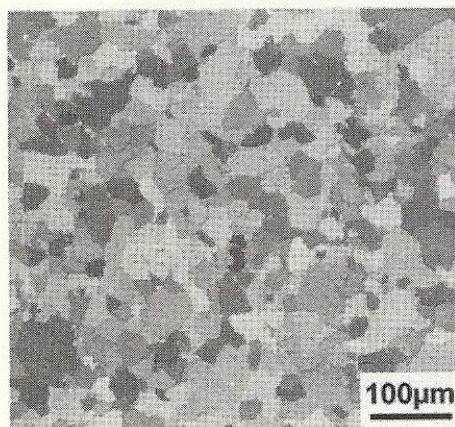
- $[Al]_{ЭКВ} = \%Al + \%Sn/3 + \%Zr/6 + 10[\%O + \%C + 2(\%N)]$

НЕЛЕГИРОВАННЫЙ ТИТАН

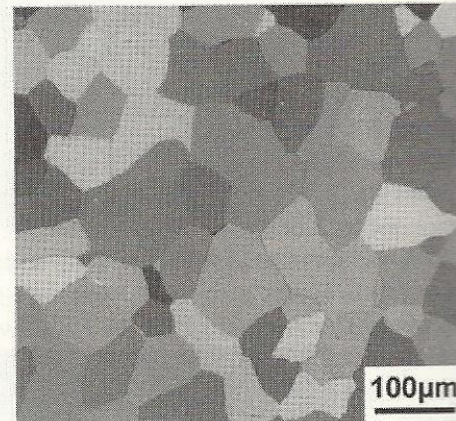
Марка сплава	Номинальное содержание Ti	Содержание примесей, % масс.				
		Fe	C	O	N	H
Grade 1, IMI 115	99,6	0,1-0,2	0,06-0,1	0,12-0,2	0,03-0,05	0,01-0,015
BT1-00	99,6	0,15-0,2	≤0,05	≤0,1	≤0,04	≤0,008
Grade 2, IMI 125	99,5	0,1-0,3	0,08-0,1	0,18-0,25	0,03-0,06	0,01-0,015
BT1-0	99,5	0,25-0,3	≤0,07	≤0,2	≤0,04	≤0,01
Grade 3, IMI 130	99,2	0,2-0,3	0,08-0,1	0,25-0,35	0,05-0,07	0,01-0,015
Grade 4, IMI 155	99,0	0,2-0,5	0,06-0,08	0,35-0,4	0,05	0,01-0,015

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРА НЕЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНА

Material	E (GPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	UTS (MPa)	Elong. (%)	σ_{10^7} (MPa) (R = -1)
Grade 1	105	170	240	24	-
Grade 2	105	275	345	20	-
Grade 3	105	380	445	18	280
Grade 4	105	480	550	15	350

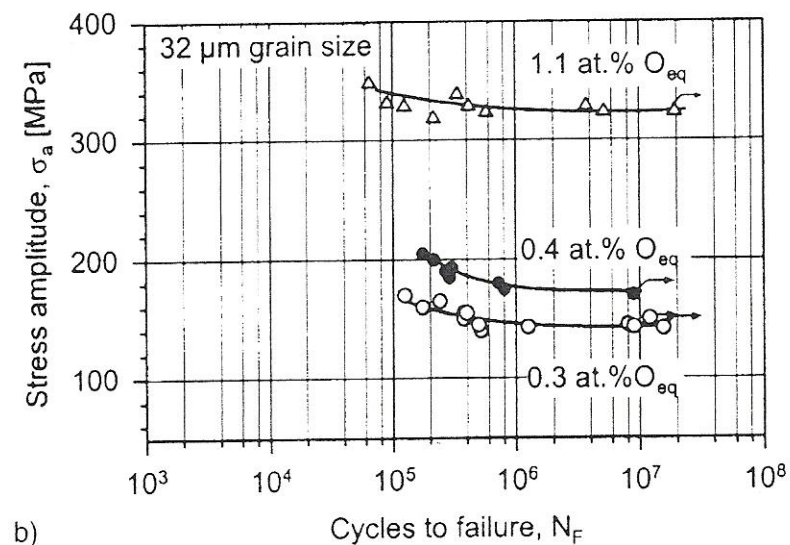
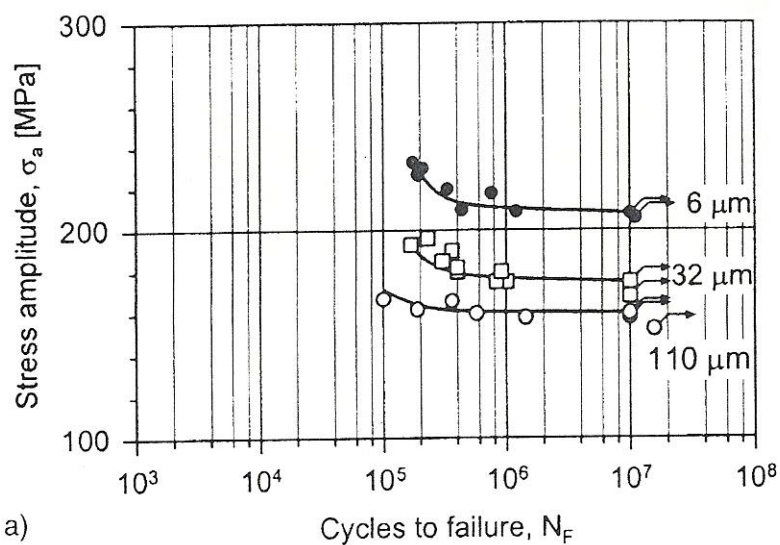


0,15%Fe



0,03%Fe

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА И СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ НЕЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНА



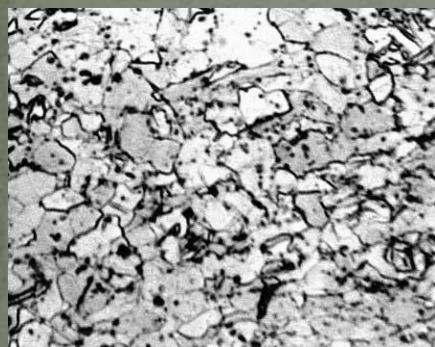
КЛАССИФИКАЦИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

α	псевдо- α			$(\alpha+\beta)$		псевдо- β	β
$[Mo]_{\text{эКВ}}=0;$ $K_{\beta}=0;$ 0% β -фазы	$[Mo]_{\text{эКВ}}=0\div 2,5;$ $K_{\beta}=0\div 0,2;$ ~5% β -фазы			$[Mo]_{\text{эКВ}}=2,5\div 10;$ $K_{\beta}=0,2\div 1,2;$ 5-50% β -фазы		$[Mo]_{\text{эКВ}}=10\div 30;$ $K_{\beta}=1,2\div 2,0;$ >50% β -фазы	$[Mo]_{\text{эКВ}}>30;$ $K_{\beta}>20;$ ~100% β -фазы
$T_{\text{раб}}^{\text{max}}=350-450^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}=800\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}<200^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}<500\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}<350^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}<800\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}=550-600^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}=1000\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}=400-500^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}\sim 1000\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}<150^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}\sim 1300\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}<350^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}<1500\text{ МПа}$	$T_{\text{раб}}^{\text{max}}=20^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\text{max}}<1000\text{ МПа}$
BT 5 начало 50-х XX в. (Ti-5Al) $[Al]_{\text{эКВ}}=6,0$	OT 4-0 1966 (Ti-1Al-1Mn) $[Al]_{\text{эКВ}}=2,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=1,7$ $K_{\beta}=0,7$	OT 4 1957 (Ti-4Al-1,5Mn) $[Al]_{\text{эКВ}}=5,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=2,5$ $K_{\beta}=0,25$	BT 20 1965 (Ti-6,5Al-2,0Zr-1V-1Mo-0,15Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=7,8$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=1,7$	BT 9 1958 (Ti-6,5Al-3Mo-1,5Zr-0,25Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=7,8$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=3,0$	BT 6 1956 (Ti-6Al-4V) $[Al]_{\text{эКВ}}=7,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=2,9$	BT 22 1965 (Ti-5Al-5V-5Mo-1Cr-1Fe) $[Al]_{\text{эКВ}}=6,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=12,2$	4201 (Ti-30Mo)
BT 5-1 1957 (Ti-5Al-2,5Sn) $[Al]_{\text{эКВ}}=7,3$	OT 4-1 конец 50-х XX в. (Ti-2Al-1,5Mn) $[Al]_{\text{эКВ}}=3,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=2,5$ $K_{\beta}=0,25$	OT 4-1B Grade 9 (Ti-3Al-2,5V) $[Al]_{\text{эКВ}}=4,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=1,8$ $K_{\beta}=0,17$	BT 18y 1972 (Ti-6,5Al-2,5Sn-4Zr-1Nb-0,7Mo-0,15Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=9,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=1,0$	BT 8 1958 (Ti-6,5Al-3,3Mo-0,3Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=7,5$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=3,3$	BT 23 1969 (Ti-5Al-4,5V-2Mo-1Cr-0,6Fe) $[Al]_{\text{эКВ}}=6,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=8,1$	BT 35 (Ti-15-3-3-3) (Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn-1Zr-1Mo) $[Al]_{\text{эКВ}}=5,2$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=16,7$	
		PT-3B (Ti-4Al-2V) $[Al]_{\text{эКВ}}=5,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=1,4$	IMI 834 (Ti-5,8Al-4Sn-3,5Zr-0,7Nb-0,5Mo-0,35Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=8,7$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=0,7$	BT 25y 1971 (Ti-6,5Al-1,8Sn-4Zr-4Mo-1W-0,25Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=8,8$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=4,5$	BT 16 1963 (Ti-3Al-4,5V-5Mo) $[Al]_{\text{эКВ}}=4,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=8,2$	Ti-10-2-3 (Ti-10V-2Fe-3Al) $[Al]_{\text{эКВ}}=4,0$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=11,1$	
			Ti 6242S (Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0,08Si) $[Al]_{\text{эКВ}}=8,3$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=2,0$		SP 700 (Ti-4,5Al-3V-2Mo-2Fe) $[Al]_{\text{эКВ}}=5,5$ $[Mo]_{\text{эКВ}}=8,1$		

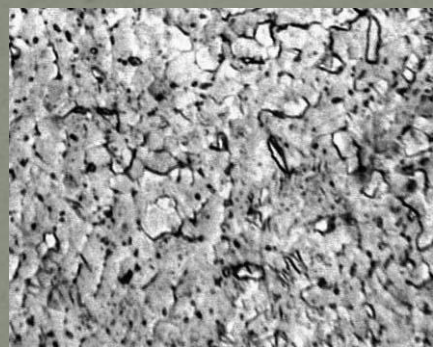
Микроструктуры титановых сплавов

СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННЫХ α - И ПСЕВДО α -ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

α - сплавы

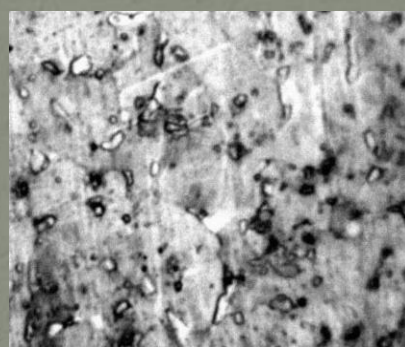


VT1-0

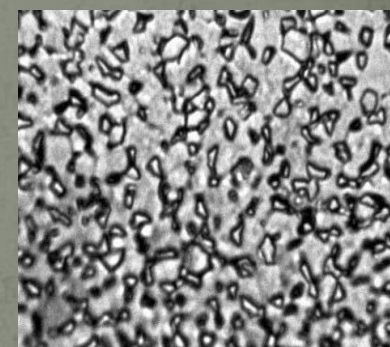


VT5

Псевдо α -сплавы

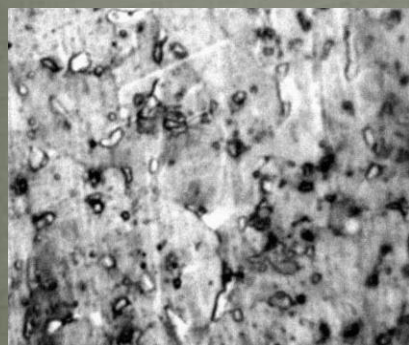


OT-4

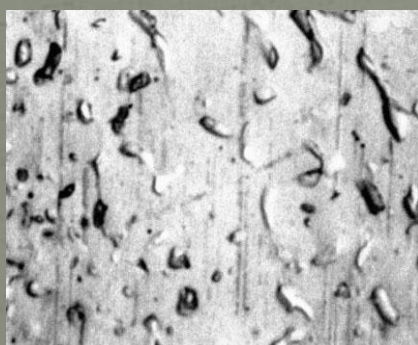


VT20

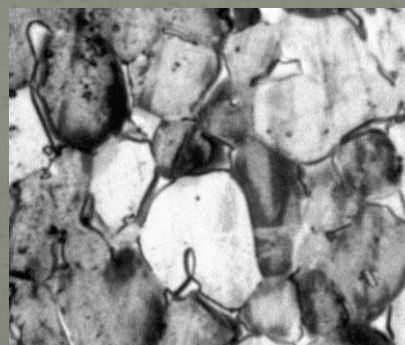
Структура сплав OT-4 после отжига



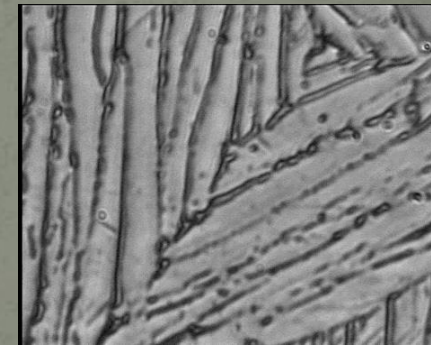
650°C



750°C



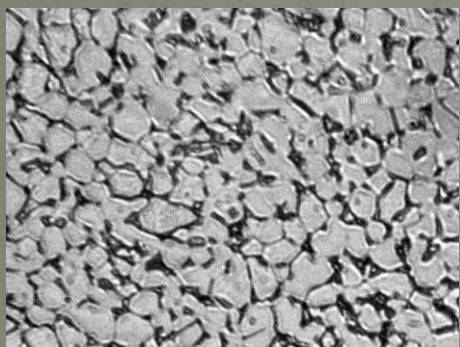
850°C



1000°C

СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННЫХ $\alpha+\beta$ -ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

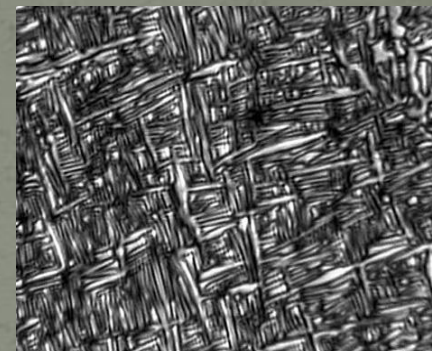
Отожженное состояние



BT6

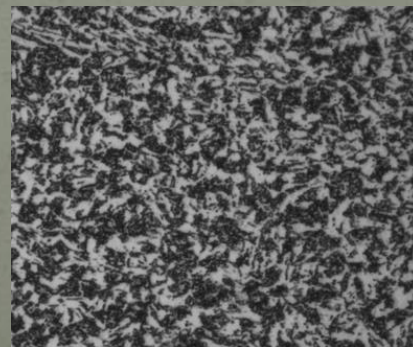
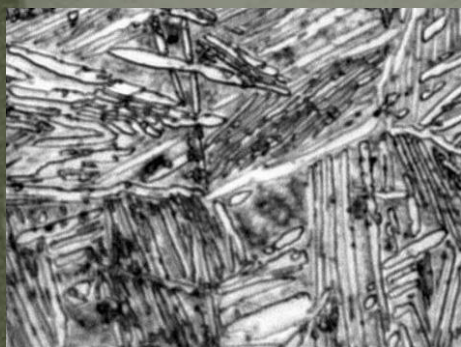


BT16



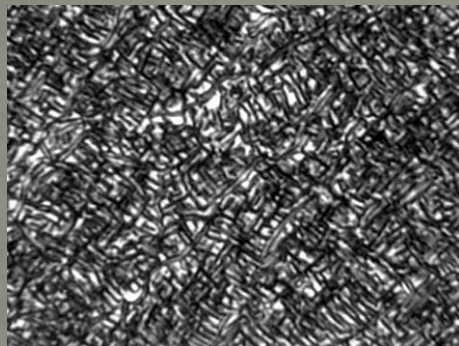
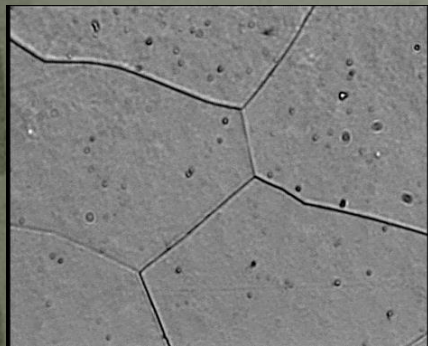
BT23

Структура $\alpha+\beta$ титановых сплавов после различных режимов термической обработки



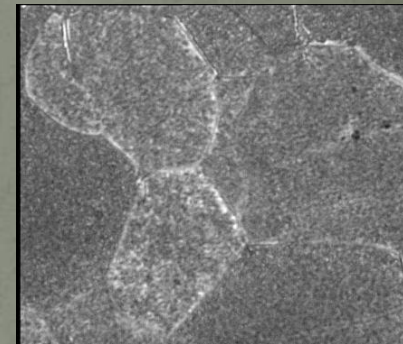
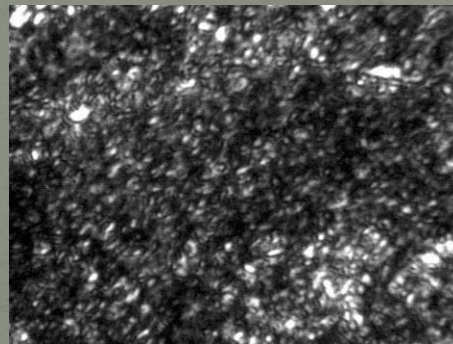
СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПСЕВДО β - ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Закаленное состояние Отожженное состояние



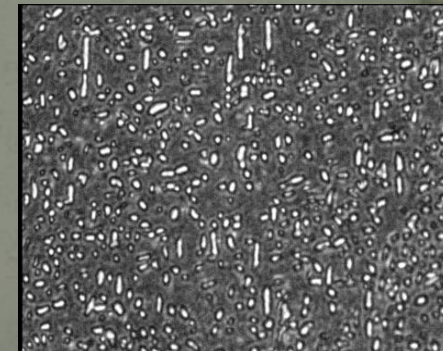
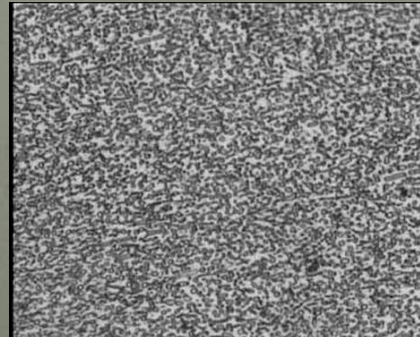
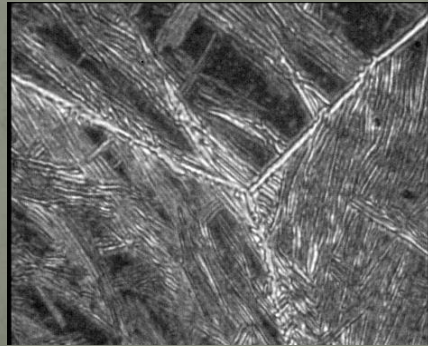
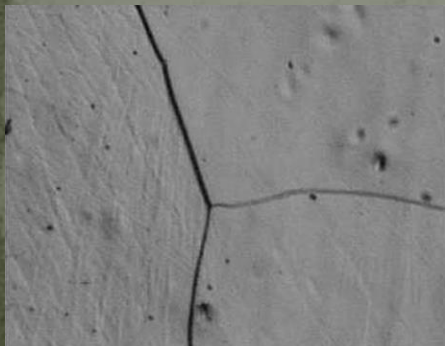
BT22

Состаренное состояние



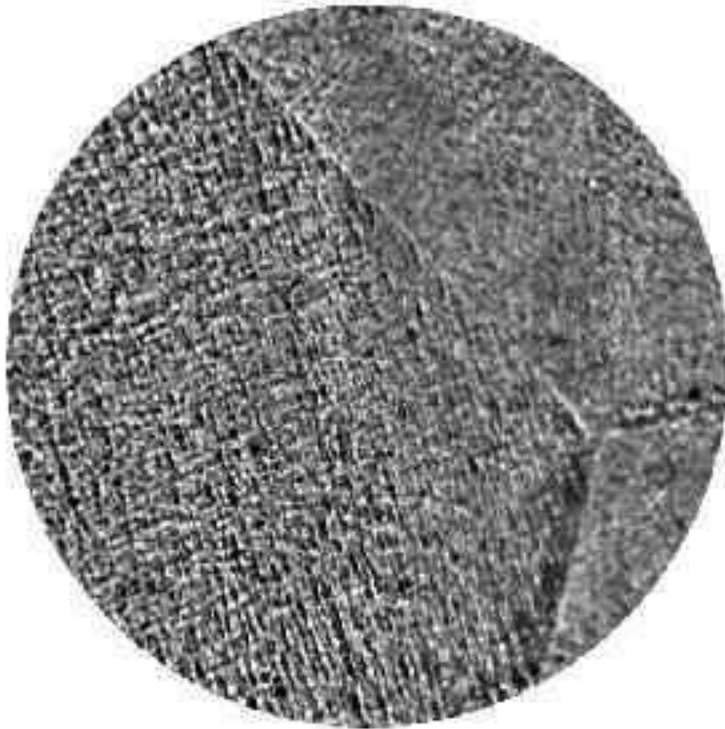
TC6

Различные типы структуры сплава Ti-5553



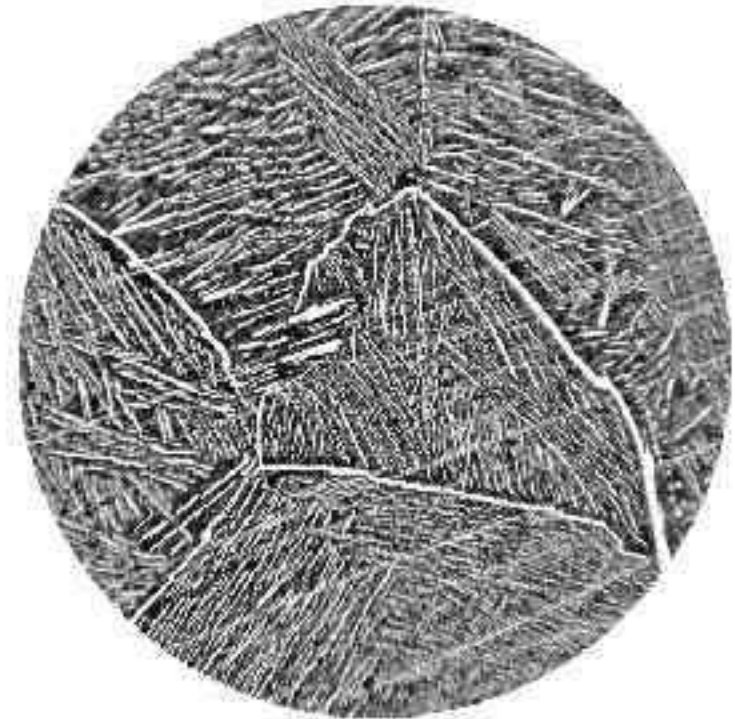
Атлас микроструктур титановых сплавов

Титановый сплав ВТЗ-1



закалка

HB=4.94 ГПа; HRC=50



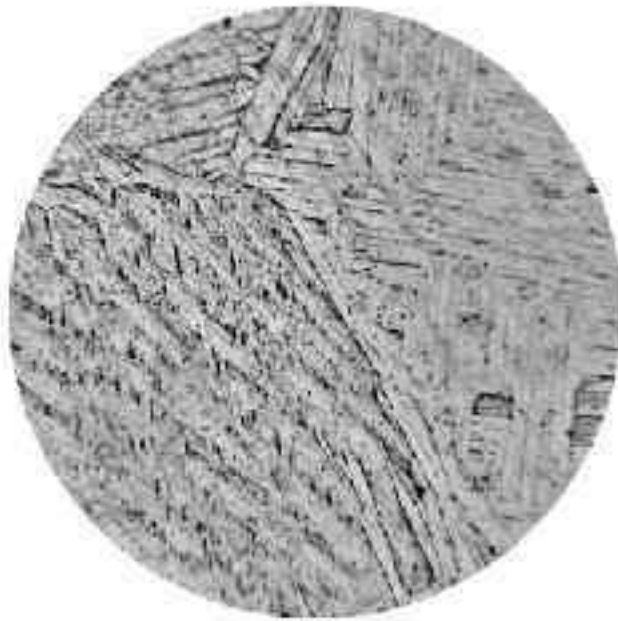
закалка и старение

HB=3.79 ГПа; HRC=40;

HRB=70

Атлас микроструктур титановых сплавов

Титановый сплав VT5-1



охлаждение с печью с 1050°C
(перегрев)

HB=3.10 ГПа; HRC=33



рекристаллизационный
отжиг

HB=2.60 ГПа; HRC=25

Атлас микроструктур титановых сплавов

Микроструктура титанового сплава ВТ6 после закалки (титановый мартенсит)

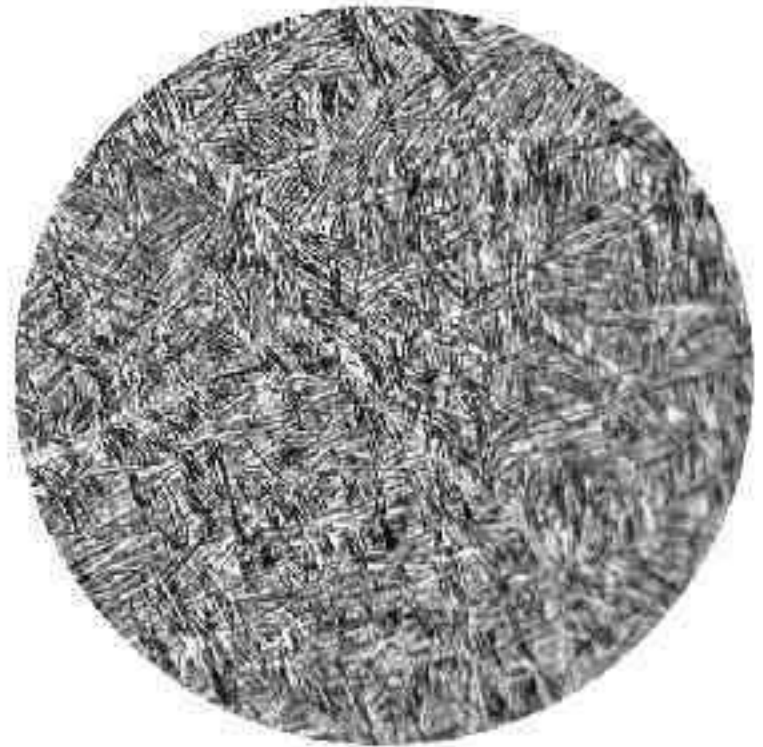


Атлас микроструктур титановых сплавов

Титановый сплав VT22



закалка из β -области
HB=2.31 ГПа; HRC=20;
HRB=100



отжиг в β -области
HB=3.02 ГПа; HRC=32