

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»**

Кафедра «Материаловедение и технологии материалов»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА
по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»**

«Влияние типа упрочнения на структуру и свойства двухфазных титановых сплавов»

Студент:

Камалова Даяна Юлаевна

Группа:

T10-406Б-16

Дипломный руководитель:

Шалин Алексей Владимирович

Москва 2020

Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Цель

Оценить изменение структуры и свойств титановых сплавов после различных типов упрочнения

Задачи

1. Оценить влияние дополнительного легирования железом на прочность сплава BT3-1;
2. Оценить влияние различных степеней деформации на прочность сплава BT6 при различных степенях деформации;
3. Оценить влияние режимов упрочняющей термической обработки
4. на прочность сплава BT35.

Объекты и методы исследования

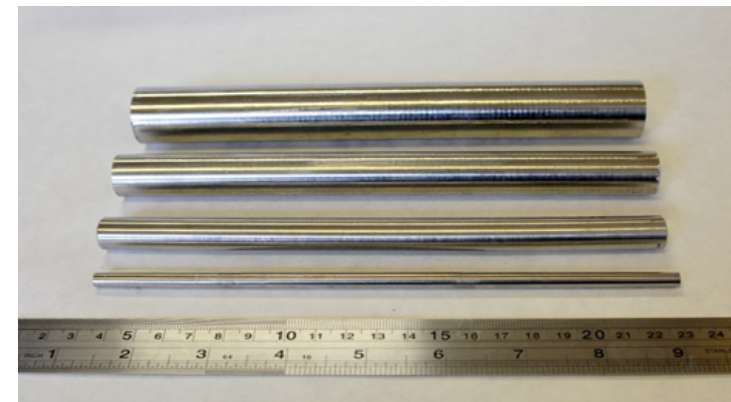
Сплав	Легирующие элементы, масс. %							
	Al	V	Mo	Zr	Sn	Nb	Cr	Fe
BT3-1	6,0	-	2,5	0,5	-	-	1,5	≤0,35
BT6	5,9	4,1	-	-	-	-	-	≤0,35
BT35	3,5	15	1,5	-	-	-	3	≤0,35



Исходные прутки из BT3-1



Исходные прутки из BT6



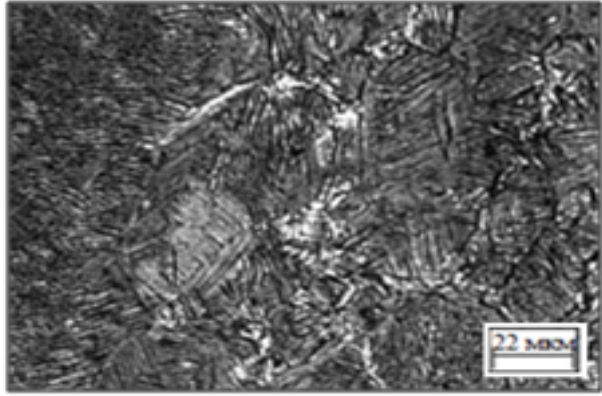
Исходные прутки из BT35

Использованные методы исследования

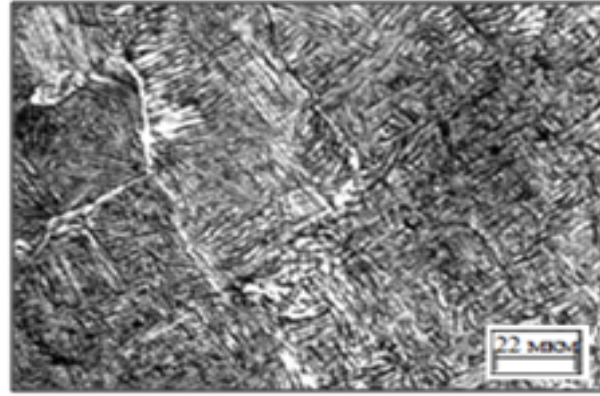
- Металлографические исследования (микроскоп Axio Observer)
- Измерение твердости по методу Роквелла (твердомер Buehler MacroMet)
- Статические механические испытания для определения уровня механических свойств (разрывная машина TIRATEST)

Упрочнение титанового ($\alpha+\beta$)-сплава ВТ3-1 за счёт легирования железом

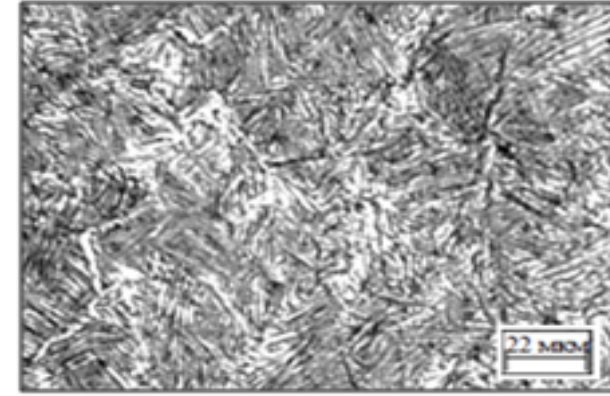
Структура прутков в исходном состоянии и с добавлением 2,5% и 5% железа



Исходный



+2,5% Fe



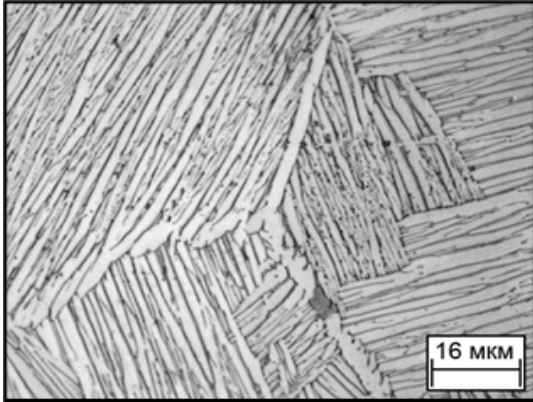
+5% Fe

Механические свойства сплава ВТ3-1 дополнительно легированного железом в отожженном состоянии (620°C, 1ч, охлаждение на воздухе)

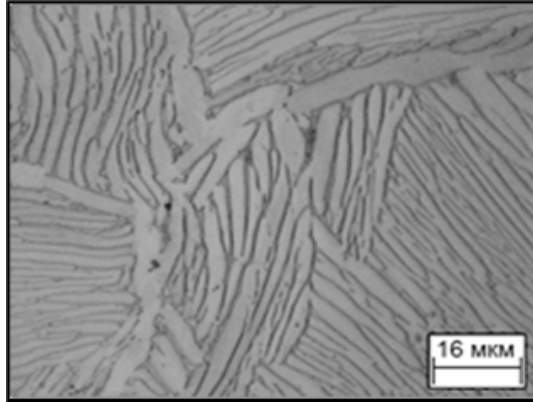
Состав	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
Исходный	1019	993	21	49
Исходный + 2,5% Fe	1041	996	18	39
Исходный + 5% Fe	1077	1024	15	39

Упрочнение титанового ($\alpha+\beta$)-сплава ВТ6 при прессовании

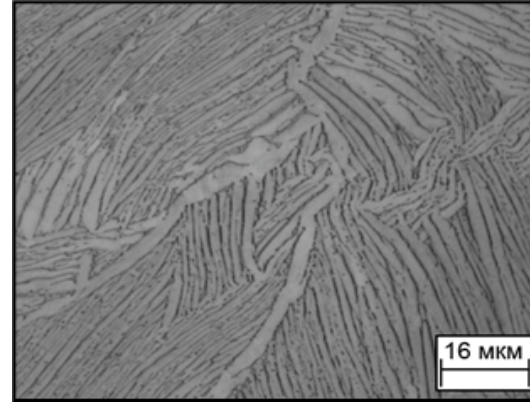
Микроструктуры исходной заготовки и деформированных (прессованных) прутков ВТ6



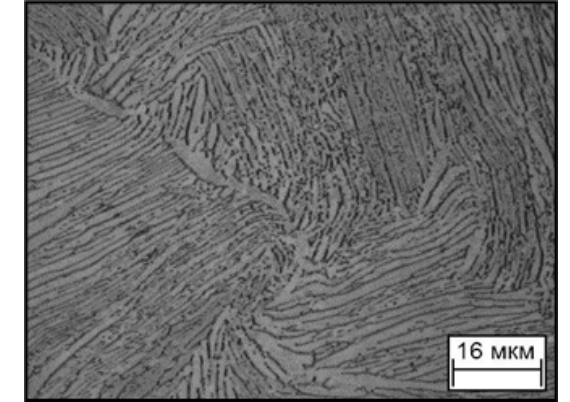
Ø 90 мм



Ø 45 мм
($\epsilon = 50\%$)



Ø 35 мм
($\epsilon = 60\%$)



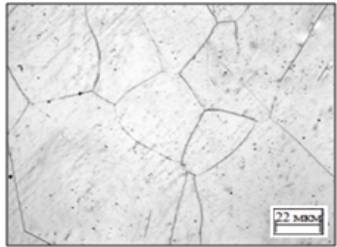
Ø 25 мм
($\epsilon = 70\%$)

Механические свойства прутков ВТ6 с различной степенью деформации

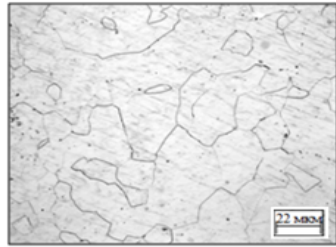
Диаметр прутка, мм	Механические свойства			
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
90 (исходный)	890	860	20	40
45	930	900	16,5	37
35	970	940	15	34,5
25	995	925	14,5	36,8

Влияние термической обработки на механические свойства титанового псевдо-β-сплава ВТ35

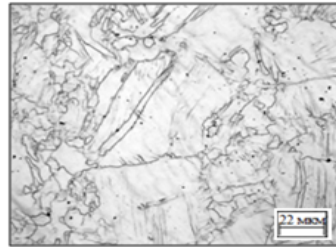
Структура исходных прутков ВТ35 различного диаметра



Ø 22 мм

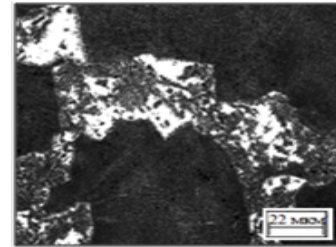


Ø 16 мм

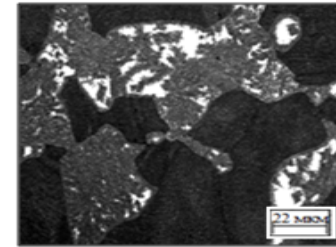


Ø 8 мм

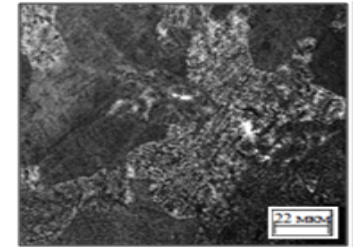
Структуры прутков ВТ35 различного диаметра после упрочняющей термической обработки (закалка + старение) (800°C, 2 часа, воздух + 475°C, 25 часов, воздух)



Ø 22 мм



Ø 16 мм



Ø 8 мм

Механические свойства исходных прутков ВТ35

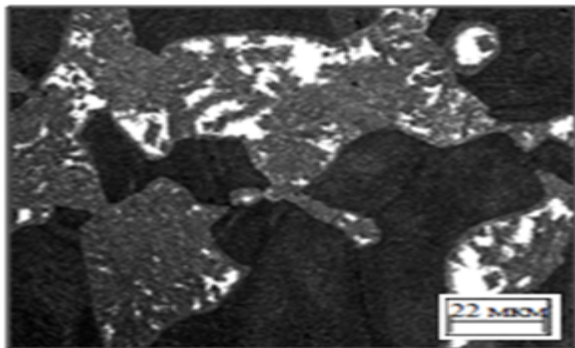
Диаметр прутка, мм	Испытания на растяжение	
	σ_B , МПа	δ , %
22	775	26
16	780	25
8	810	25

Механические свойства прутков ВТ35 после закалки и старения

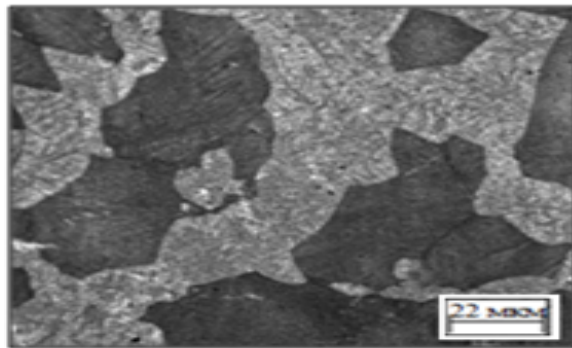
Диаметр прутка, мм	Испытания на растяжение	
	σ_B , МПа	δ , %
22	1289	6
16	1282	8
8	1275	8

Влияние параметров старения на свойства сплава ВТ35

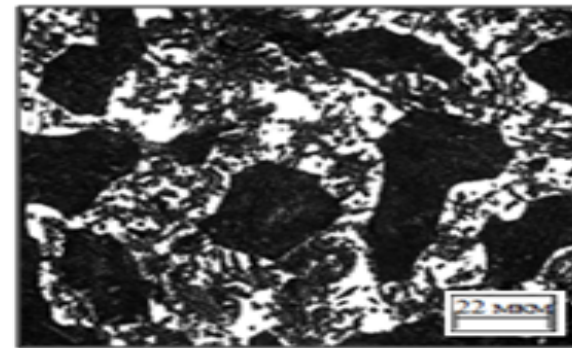
Микроструктура прутка ВТ35 (Ø 16 мм) после различных режимов упрочняющей термической обработки



800°, 2 часа, воздух
+475°, 25 часов, воздух



800°, 2 часа, воздух
+475°, 50 часов, воздух



800°, 2 часа, воздух
+500°, 25 часов, воздух

Свойства прутков ВТ35 (Ø 16мм) после различных режимов упрочняющей термической обработки

Режим	Твёрдость ед. HRC	Испытания на растяжение		
		σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
800°С, 2 часа, воздух 475°С, 25 часов	42,5	1282	8	13
800°С, 2 часа, воздух 475°С, 50 часов	43,5	1410	5	13
800°С, 2 часа, воздух 500°С, 25 часов	42,0	1210	9	18

Выводы по работе

1. Установлено, что при введении 2,5% железа в титановый ($\alpha+\beta$)-сплава BT3-1 предел прочности увеличился на 22 МПа, а при введении 5% - на 58 МПа.
2. Изучено, что с увеличением степени деформации путем прессования прутков из титанового ($\alpha+\beta$)-сплава BT6 предел прочности прутков увеличился на 10,5% до 995 МПа.
3. Показано, что при упрочняющей термической обработке титанового псевдо- β -сплава BT35, включающей закалку с 800°C на воздухе и последующее старение при 475°C со временем выдержки 25 часов и последующим охлаждением на воздухе – наблюдался эффект дисперсионного упрочнения, выраженный в повышении предела прочности почти в 1,5 раза.
4. Установлено, что увеличение времени выдержки при старении с 25 до 50 часов приводит к повышению прочности на 128 МПа за счёт наиболее полного протекания процессов распада метастабильной фазы. Повышение же температуры до 500°C при одинаковом времени выдержки приводит даже к некоторому разупрочнению сплава до 1210 МПа за счёт роста выделившихся структурных составляющих.