



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации**

---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «ПРОМЕТЕЙ»**

Руководитель работ  
К. Т. Н.

А.С. Кудрявцев

Ответственный исполнитель  
С. Н. С.

А.Л. Береславский



**Государственный контракт  
№ 02.515.12.5013**

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ  
ПЛАСТИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ  
И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ  
И ПОКРЫТИЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ  
МОРСКОЙ И ОФФШОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Шифр «2009-05-1.5-34-12»**

**Начало работ:  
6 августа 2009 г.**

**Окончание работ:  
30 сентября 2010 г.**



## Требования по назначению научно – технической продукции

---

- Крупногабаритные деформированные полуфабрикаты (листовой прокат, поковки, штамповки и др.) из титановых сплавов марок ПТ-3В, 5В и 37 с повышенными характеристиками механических и специальных свойств должны быть предназначены для корпусов глубоководных аппаратов и других конструкций морского назначения и оффшорной техники.
- Покрытия на титановые сплавы для узлов трения должны быть предназначены для изделий машиностроения: упорные подшипники, уплотнения гребных валов, турбин, насосов, затворов арматуры, работающих в различных средах, используемых в конструкциях морской и оффшорной техники.
- Данная технология обеспечивает создание перспективных образцов глубоководной морской техники. Разработанная технология может быть использована для изготовления другой высокотехнологической продукции (техники для контроля за состоянием и освоения ресурсов Мирового океана, в том числе запасов углеводородов на шельфе, оборудования атомных электростанций, оборудования химических производств и т.д.).



---

## Требования к характеристикам крупногабаритных полуфабрикатов из титановых сплавов:

- *относительное удлинение не менее 8 %;*
- *относительное сужение не менее 18 %;*
- *вязкость разрушения не менее 85-90 МПа·√м.*

## Требования к наплавкам и покрытиям:

- *наплавленный упроченный слой на поверхности запорной аппаратуры из титановых сплавов должен обеспечить высокую герметичность при повышенном давлении рабочей среды (не менее 200 МПа);*
- *покрытия на титановом сплаве в паре с графитобаббитом должны обеспечить понижение коэффициента трения до значений менее 0,04 и скорости изнашивания до значений не более 0,15 мкм/час.*



## **В процессе выполнения темы проведены следующие работы:**

---

- **Обоснован выбор основных параметров структуры и текстуры, а также технологии изготовления крупногабаритных полуфабрикатов из титановых сплавов с заданным уровнем механических свойств.**
- **Обоснован выбор материалов и технологий нанесения покрытий, обеспечивающих заданный уровень коэффициента трения и скорости изнашивания титановых сплавов, работающих в паре с графитобаббитом.**
- **Обоснован выбор материалов и технологий нанесения наплавов на титановые сплавы, обеспечивающих упрочнение поверхности до требуемого уровня свойств.**
- **Проведены патентные исследования.**
- **Проведены экспериментальные исследования:**
  - **структуры и текстуры металла сплавов ПТ-3В, 5В и 37;**
  - **антифрикционных свойств поверхности титановых сплавов после нанесения покрытий микродуговым оксидированием (МДО) и плазменным напылением (ПО);**
  - **упрочняющих наплавов, полученных с применением присадочного материала в виде окисленных прутков из сплавов марок ПТ-7Мсв и ВТ6св.**



## Модельные образцы крупногабаритных полуфабрикатов

---

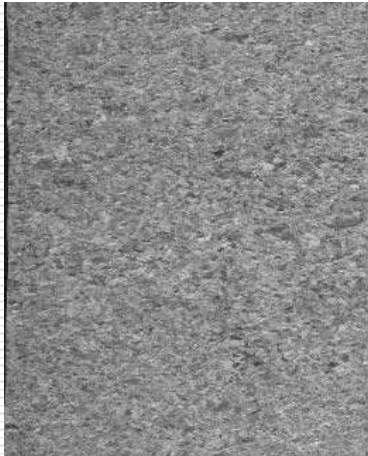
- МО № 1 – модельный образец крупногабаритной плиты из сплава марки ПТ-3В;
  - МО № 2 – модельный образец крупногабаритной плиты из сплава марки 5В;
  - МО № 3 – модельный образец штампованной заготовки из сплава марки ПТ-3В ( $\beta$ -деформация);
  - МО № 4 – модельный образец штампованной заготовки из сплава марки ПТ-3В ( $\alpha+\beta$ -деформация);
  - МО № 5 – модельный образец поковки типа “диск” из сплава марки 37;
  - МО № 6 – модельный образец поковки типа “пластина” из сплава марки 37.
-



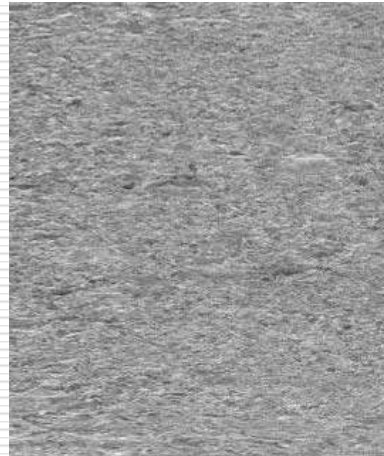
Контракт № 02.515.12.5013

## Макроструктура модельных образцов

---

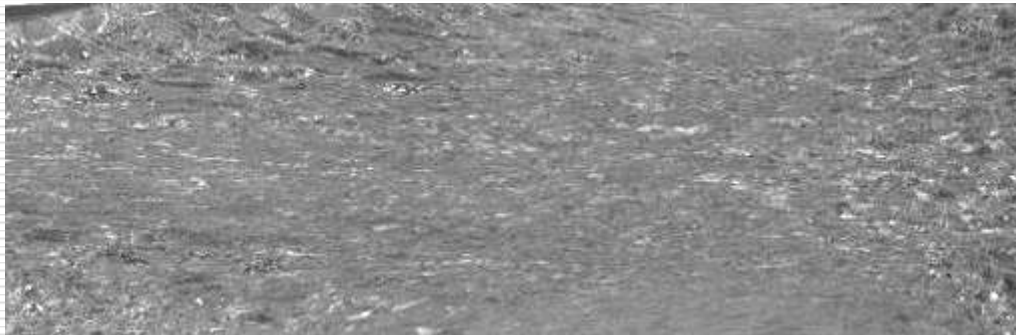


поперечное сечение



продольное сечение

**Характерная макроструктура  
модельного  
образца плиты**



**Характерная  
макроструктура  
модельных образцов  
поковок**

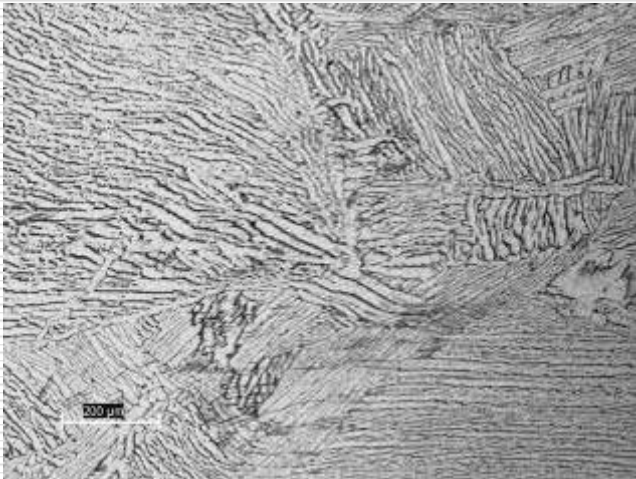
---



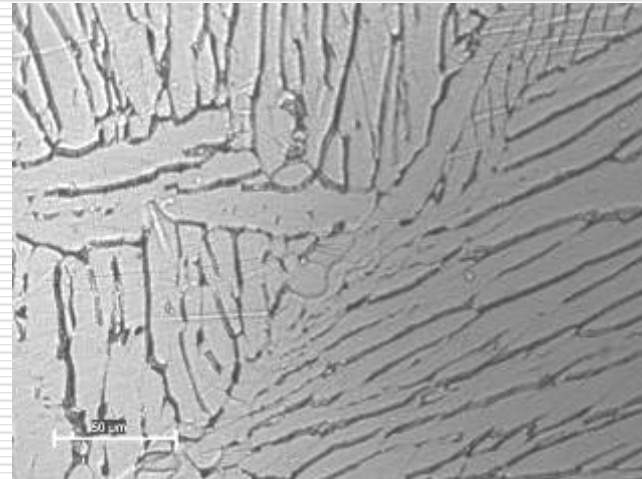
Контракт № 02.515.12.5013

## Характерная микроструктура плит и штампованных заготовок из сплавов ПТ-3В и 5В

---



× 100



× 500

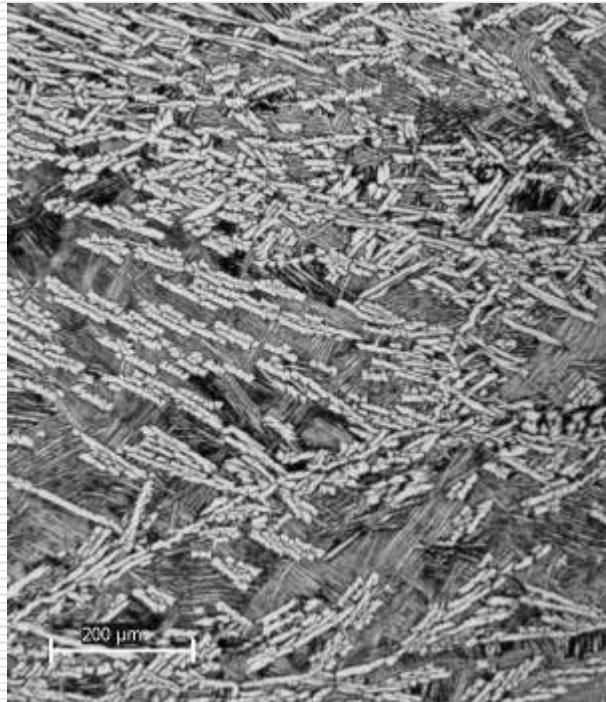
середина по толщине

---

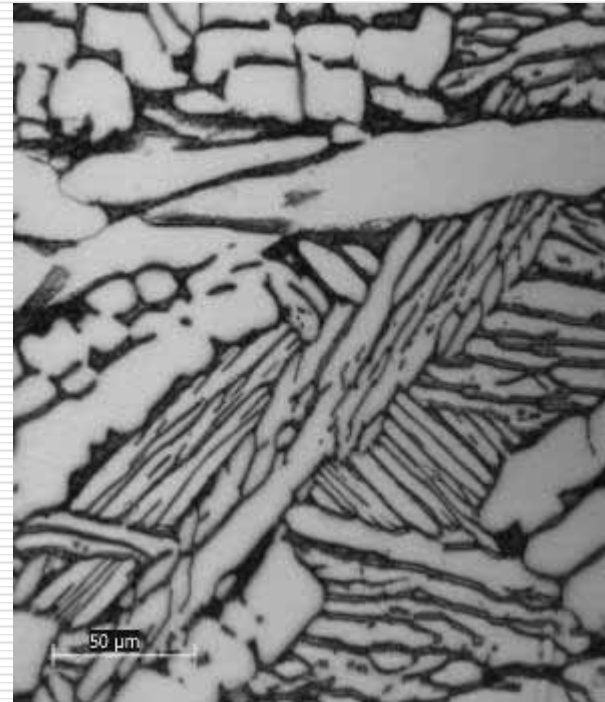




## Характерная микроструктура поковок из сплава 37



×100



×500

середина по толщине



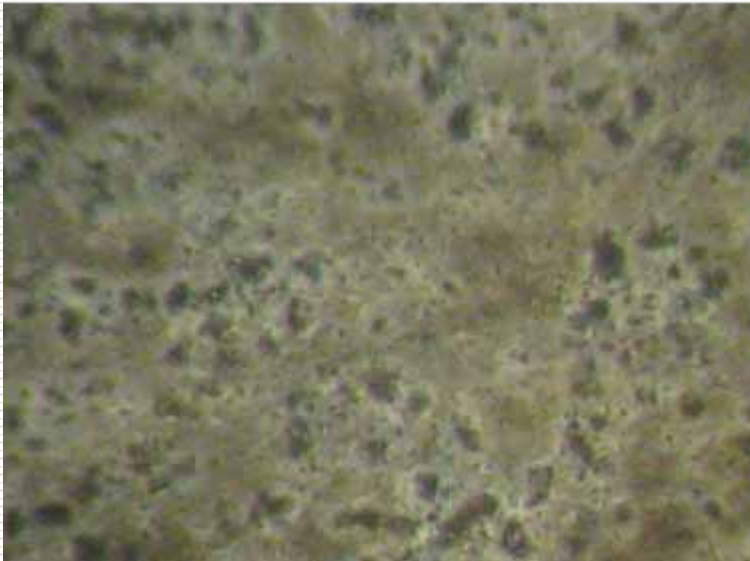
## Результаты испытаний модельных образцов крупногабаритных полуфабрикатов

Модельный образец	Удлинение, %		Сужение, %		Вязкость разрушения, МПа·м <sup>1/2</sup>	
	ТЗ	Факт	ТЗ	Факт	ТЗ	Факт
Плита сплава ПТ-3В	≥ 8,0	13,2-16,6	≥ 18,0	26,8-31,4	≥90	133-139
Плита сплава 5В	≥ 8,0	13,0-14,4	≥ 18,0	24,4-32,4	≥85	139-144
Штамповка сплава ПТ-3В	≥ 8,0	13,8-14,2	≥ 18,0	26,8-31,4	≥90	127-143
Штамповка сплава ПТ-3В (2)	≥ 8,0	13,4-15,2	≥ 18,0	28,6-30,9	≥90	126-127
Поковка «диск» сплава 37	≥ 8,0	10,8-13,0	≥ 18,0	23,8-29,8	≥85	148-152
Поковка «плита» сплава 37	≥ 8,0	14,8-15,2	≥ 18,0	39,9-47,1	≥85	149-151

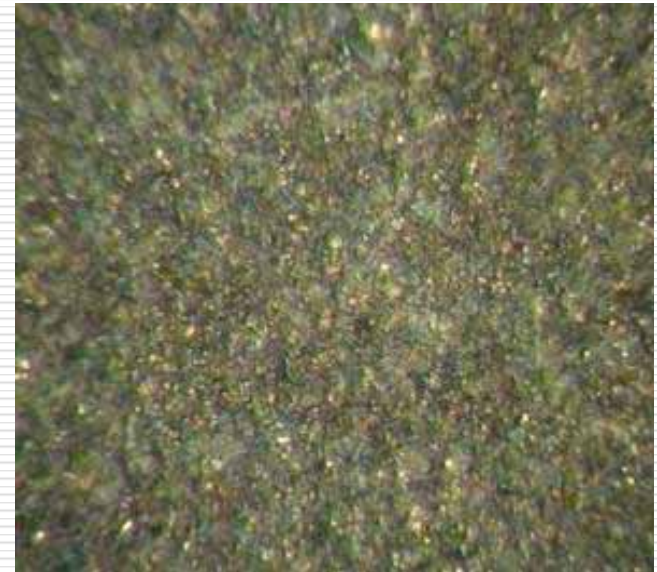


**Модельные образцы с нанесенным покрытием**

---



Поверхность дорожки трения на  
модельном образце с плазменным  
покрытием (×70)



Поверхность дорожки трения  
на модельном образце с  
плазменным покрытием (×70)

**Наработка 1500 км**



---

Установленные требования, мкм/час	Полученные результаты. Мкм/час	Вид покрытия
0,150	0,087	МДО
0,150	0,130	Плазменное напыление
0,150	0,087	Плазменное напыление

Скорость изнашивания графитобаббита АММТ в паре с рабочей поверхностью модельного образца с антифрикционным покрытием

Установленные требования	Полученные результаты	Вид покрытия
0,040	0,037-0,039	МДО
0,040	0,035-0,037	Плазменное напыление
0,040	0,034-0,036	Плазменное напыление

Коэффициент трения пары трения модельный образец – графитобаббит АММТ

---



## В процессе выполнения работ по теме разработаны:

---

### ■ Эскизные документации:

- на изготовление модельных образцов крупногабаритных полуфабрикатов с выбранными параметрами структуры и текстуры;
- на изготовление модельных образцов с упрочняющими наплавками;
- на изготовление модельных образцов с антифрикционными покрытиями.

### ■ Методики:

- оценки износостойкости пар трения,
- оценки стойкости наплавки при контактных давлениях,
- расчёта температуры полиморфного превращения  $\alpha$ - и  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавов (работа выполнена за счет собственных средств);

### ■ Программа и методики испытаний модельных образцов.



## Изготовлены и испытаны модельные образцы

---

### ■ Крупногабаритных полуфабрикатов (6 типов)

- *МО-1 – крупногабаритной плиты из сплава марки ПТ-3В;*
- *МО-2 – крупногабаритной плиты из сплава марки 5В;*
- *МО-3 – штампованной заготовки из сплава марки ПТ-3В ( $\beta$ -деформация);*
- *МО-4 – штампованной заготовки из сплава марки ПТ-3В ( $\alpha+\beta$ -деформация);*
- *МО-5 – поковки типа «Диск» из сплава марки 37;*
- *МО-6 – поковки типа «Пластина» из сплава марки 37.*

### ■ Антифрикционных покрытий методами МДО и ПН (6 типов)

- *МО-1, МО-2 и МО-3 – Образцы с покрытием, нанесенным методом микродугового оксидирования в электролите различного химического состава;*
- *МО-4, МО-5 и МО-6 – Образцы с покрытием, нанесенным методом плазменного напыления порошков различного химического состава.*

### ■ Упрочняющих наплавов (2 типов)

- *МО-1: материал образца – титановый сплав 3М, материал наплавки – окисленный пруток из сплава марки ВТ6св (4 штуки).*
- *МО-2: материал образца – титановый сплав 3М, материал наплавки – окисленный пруток из сплава марки ПТ-7Мсв (4 штуки).*



## Разработаны лабораторные технологические регламенты

---

■ **«Лабораторный технологический регламент изготовления крупногабаритных полуфабрикатов», включающий в себя:**

■ *Принципиальную технологию изготовления крупногабаритных полуфабрикатов из сплавов ПТ-3В, 5В и 37 с повышенными характеристиками механических и специальных свойств.*

■ **«Лабораторный технологический регламент нанесения антифрикционных, износостойких и коррозионностойких покрытий на изделия из титановых сплавов», включающий в себя:**

■ *Принципиальную технологию нанесения покрытий на титановые сплавы методом МДО, с целью повышения антифрикционных свойств титановых сплавов, работающих на трение в морской воде в паре с графитобаббитом.*

■ *Принципиальную технологию нанесения покрытий на титановые сплавы методом плазменного напыления, с целью повышения работоспособности арматуры из титановых сплавов, работающей в контакте с морской водой.*

■ *Принципиальную технологию нанесения покрытий на титановые сплавы, с целью повышения работоспособности арматуры из титановых сплавов, работающей в контакте с морской водой.*





## Получены охранные документы на следующие технологические операции

---

### ■ "ноу-хау":

■ «Способ изготовления крупногабаритных слябов из псевдо  $\alpha$ -титановых сплавов с мелкозернистой структурой с повышенной пластичностью при температурах прокатки» (коммерческая информация);

### ■ "ноу-хау":

■ «Состав электролита, температура электролита и рабочее напряжение для нанесения антифрикционного покрытия из титановых сплавов методом МДО» (коммерческая информация);

■ «Состав и способ подготовки порошкового материала для нанесения антифрикционного покрытия на изделия из титановых сплавов методом плазменного напыления» (коммерческая информация).



## Выполнена технико-экономическая оценка рыночного потенциала

---

### ■ **Технико-экономический анализ показал:**

▶ *средний годовой темп роста производства титановых полуфабрикатов за период с 2006 по 2010 год составил 17% в год;*

▶ *по потреблению титановой продукции судостроительная отрасль находится на втором месте и на её долю приходится 19,8% потребления и имеется повышенный спрос на новые технологии;*

▶ *существует реальная потребность в новых технологиях для обеспечения материалами строительства перспективных изделий по своим ТТХ превышающих существующий мировой уровень;*

▶ *при существующих темпах роста производства стабильное развитие судостроительной отрасли будет продолжаться на протяжении 10-15 лет;*

■ **Для продолжения работ на стадии внедрения в производства разработаны два технических задания на ОКР (ОТР).**

■ **Полученные результаты будут использованы при разработке опытно-промышленных технологий на ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», ОАО «Ижорские заводы», ОАО «Северсталь» и на предприятиях-изготовителях морской техники.**



## Выполнение целевых показателей

<b>№ индикатора</b>	<b>Наименование программного индикатора</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Задано</b>	<b>Достигнуто</b>
<b>И1.5.1</b>	<b>Число завершенных проектов научно-исследовательских работ по контракту</b>	<b>ед.</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>И1.5.2</b>	<b>Число публикаций в ведущих научных журналах, содержащих результаты интеллектуальной деятельности</b>	<b>ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>И1.5.3</b>	<b>Результаты интеллектуальной деятельности («ноу-хау»)</b>	<b>ед.</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>И1.5.4</b>	<b>Число диссертаций, защищенных в рамках выполнения проекта</b>	<b>ед.</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>П.1</b>	<b>Объем привлеченных внебюджетных средств</b>	<b>млн. руб.</b>	<b>2,73</b>	<b>2,73</b>
<b>П.2</b>	<b>Количество молодых специалистов, привлеченных к проведению исследований по проекту</b>	<b>человек</b>	<b>9</b>	<b>10</b>



---

***Благодарю за внимание!***

