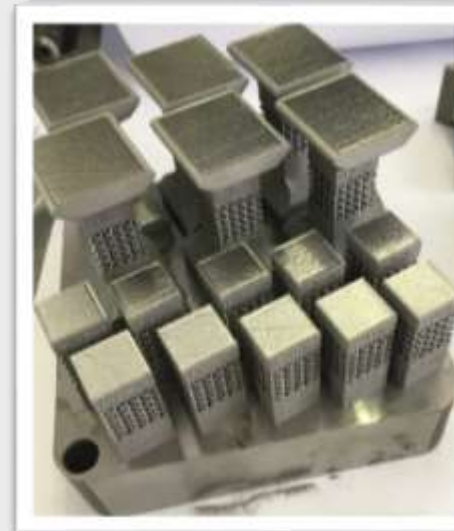
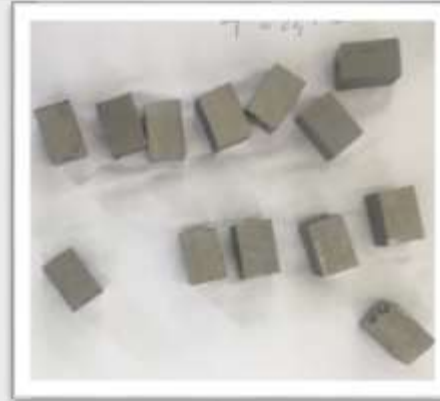




**ПОЛИТЕХ**  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

Выполнение ФЦП № 14.578.21.0245 от 26.09.17  
«Новые цифровые технологии моделирования и создания  
функционально-градиентных материалов и конструкций для  
аддитивного производства деталей и узлов с переменными  
структурой, химическим составом и плотностью»

1. Корректировка технологических режимов СЛП для сплава ВТ6.
2. Исследование режимов термической обработки на структуру сплава ВТ6.
  - Согласно литературным данным определены начальные режимы.
  - Исследование различных режимов и выбор основных.
3. Разработка конструкции образцов для исследования механических свойств образцов с градиентной плотностью.
4. Разработка конструкции вспомогательных захватов для исследования механических свойств образцов с градиентной плотностью (г/п).
5. Испытание захватов. Проведение механических испытаний образцов.
6. Механические испытания образцов с г/п с различным размером прутков.



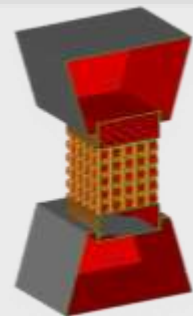
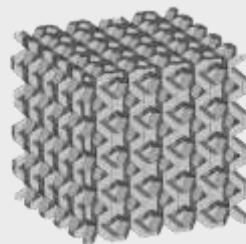
7. Исследование фактического размера элементарных ячеек и отклонения от 3D модели (при различной толщине прутков)

8. Исследование микроструктуры образцов с г/п. Исследование зависимости структуры от положения в образце (размер зерна, размер пластин альфа-фазы) и режима термической обработки.

9. Изготовление образцов для ГИП, ТО

10. По разработанным и рассчитанным с помощью ПО для оптимизации были составлены образцы с комбинированной г/п. Подготовлены образцы для испытания на растяжение и сжатие после термомех. обр.

11. Корректировка технологических режимов СЛП для порошка чистого титана.



После отжига при 1050 °С



После ГИП при 920 °С и 1050 °С



## Материал с градиентным химическим составом, изготовленный СЛП

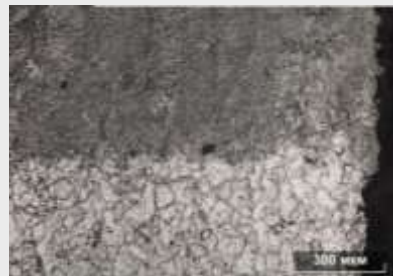
Отжиг 920 °С



Отжиг 1050 °С



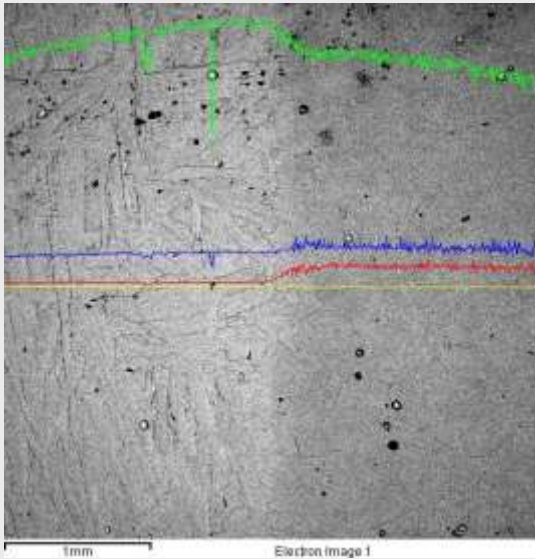
ГИП 920 °С



ГИП 1050 °С

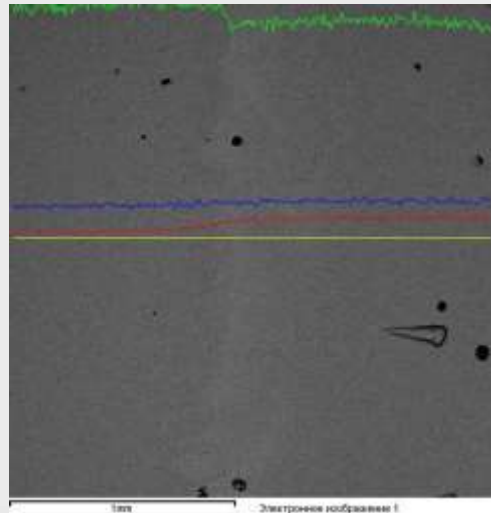


Простая смена материала

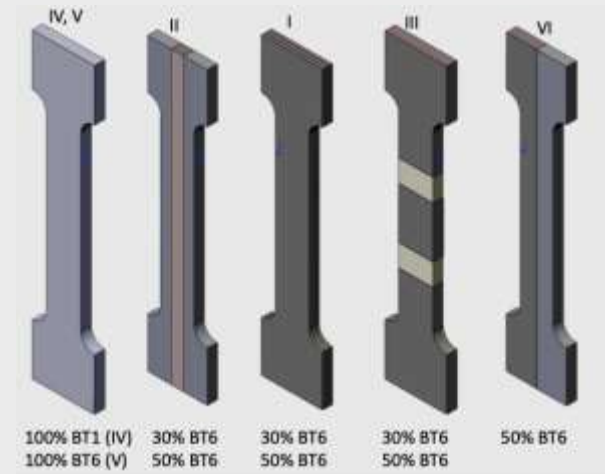


100% BT6
90% BT6 + 10% BT1
80% BT6 + 20% BT1
70% BT6 + 30% BT1
60% BT6 + 40% BT1
50% BT6 + 50% BT1
40% BT6 + 60% BT1
30% BT6 + 70% BT1
20% BT6 + 80% BT1
10% BT6 + 90% BT1
100% BT1

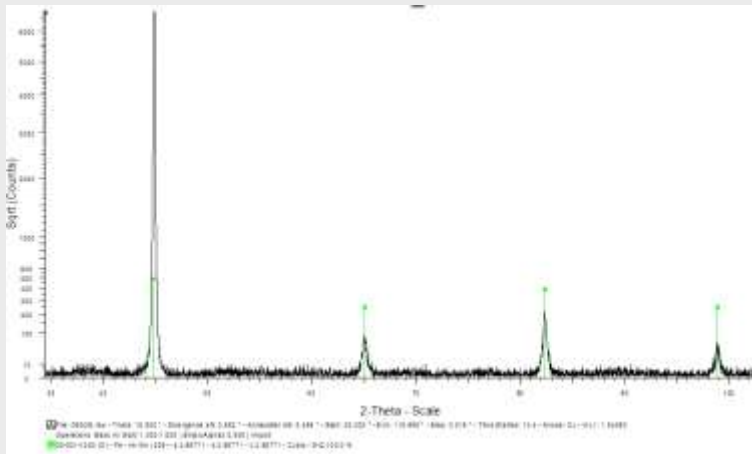
9 порошковых композиций с шагом 10% на каждый слой



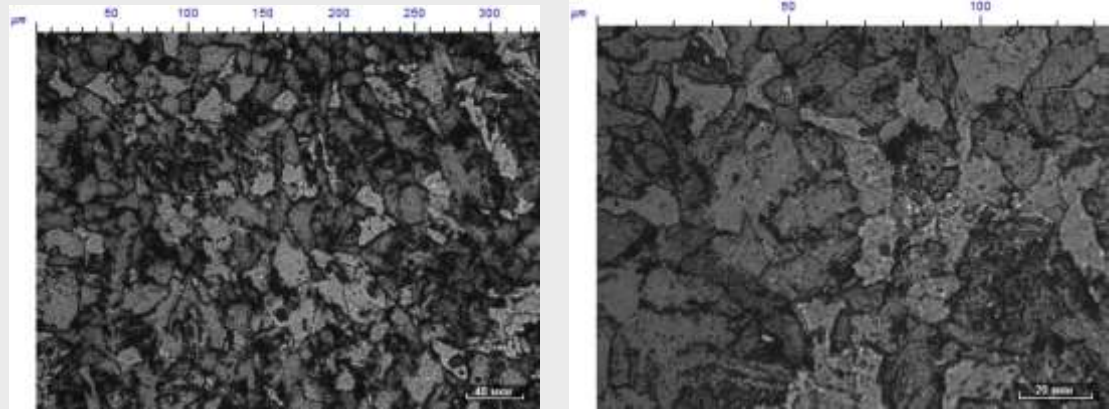
Исследование механических свойств материалов с градиентным химическим составом с различной комбинацией вставок



Фазовый состав исходного образца



Исходная микроструктура



Твердость образцов НВ

Образец	Номер измерения				Среднее, МПа
	1	2	3	4	
09Г2С	233,4	240,9	217,5	212,4	226
09Г2С после Т/О	164,6	169,2	166,0	165,3	166

Компактные образцы с градиентной структурой  
(переход в центральной части)

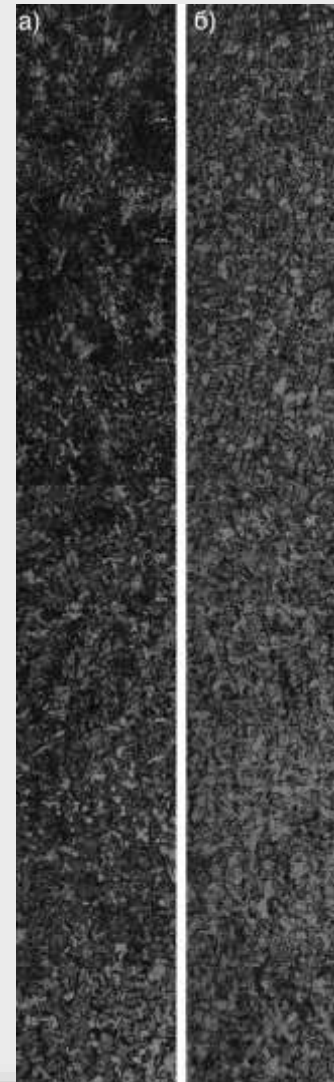
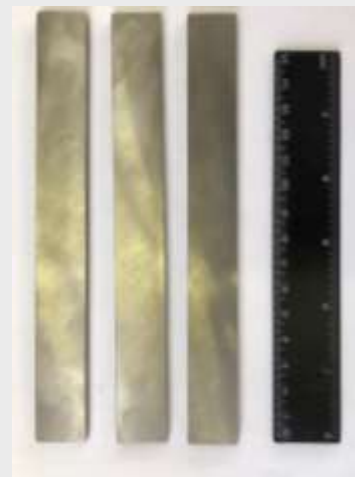


Микроструктура образца с градиентной структурой до (а) и после (б) термической обработки  
Направление выращивания – сверху вниз

Микроструктура после ГИП



Образцы для испытаний на разрыв



Исследование образцов:

- Компактный структурно-градиентный материал;
- Компактные материалы с градиентной плотностью;
- Жаропрочный стальной порошок ЭИ961 после сфероидизации;
- Образец Ti6Al4V после термообработки при 1050 °С;
- Образец из стали 09Г2С изготовленный электро-дуговым выращиванием.

