

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МИСиС

КАФЕДРА МЦМ

Исследование структурообразования и свойств  
высокотемпературного композиционного материала на  
основе твердого раствора ниобия, армированного  
дисперсными частицами  $Al_2O_3$ .

Аспирант: Карашаев М.М.

Научный руководитель: доц., к.т.н. Абузин Ю.А.

Москва 2015

## Актуальность темы

- Дальнейшее повышение мощности и КПД современных газовых турбин, используемых в качестве авиационных двигателей, энергетических установок и газоперекачивающих агрегатов, возможно только за счет повышения рабочего газа на входе в турбину. Для этого, в свою очередь, требуется повысить предельные рабочие температуры, при которых возможна эффективная эксплуатация деталей горячего тракта.
- Поэтому на смену сложнолегированным жаропрочным сплавам на основе никеля должны прийти новые материалы с тугоплавкой матрицей.
- В последние годы ведутся исследования по разработке жаропрочных композиционных материалов на основе Nb. К преимуществам таких материалов относятся меньшая на 20% плотность по сравнению с традиционно применяемыми жаропрочными сплавами, отсутствие дефицитных легирующих элементов и более высокая температура плавления. Лопатки из подобного композита могут длительно работать при температурах примерно на 200<sup>0</sup>С более высоких, чем аналогичные детали из никелевых жаропрочных сплавов (1350 - 1400<sup>0</sup>С).

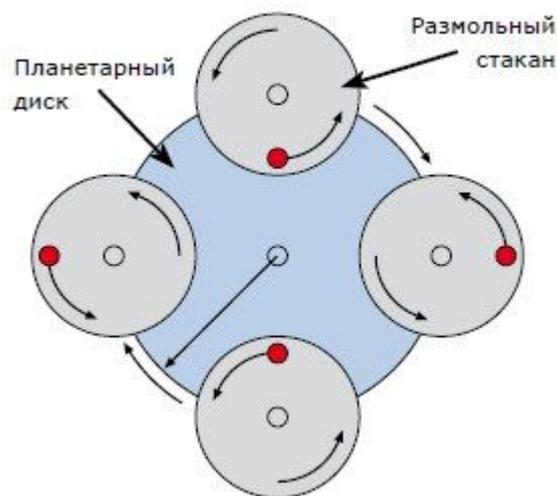
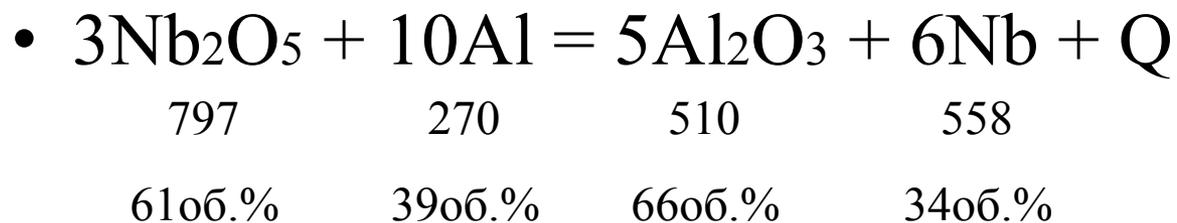
## Цели и задачи

- **Цель:** установление основных закономерностей формирования структуры и свойств в системе Nb – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также разработка технологии получения композиционного материала на основе этой системы, оценка механических свойств конечного материала.
- **Задачи:**
- Обоснование выбора технологической схемы с проведением необходимых расчетов объемной доли Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- Предложение этапов технологии получения композиционного материала;
- Исследование основных закономерностей структурообразования на каждом этапе технологического передела;
- Получение опытных образцов по оптимизированной технологии;
- Проведение комплекса механических свойств полученных опытных образцов композиционного материала системы Nb – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

# Технологическая схема получения композиционного материала на основе Nb



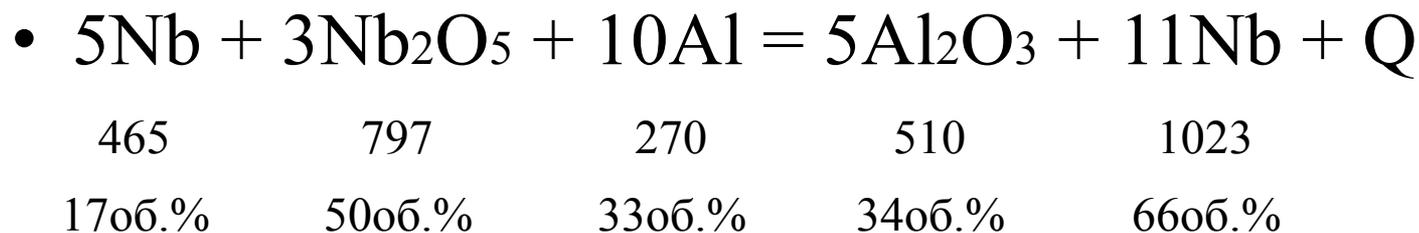
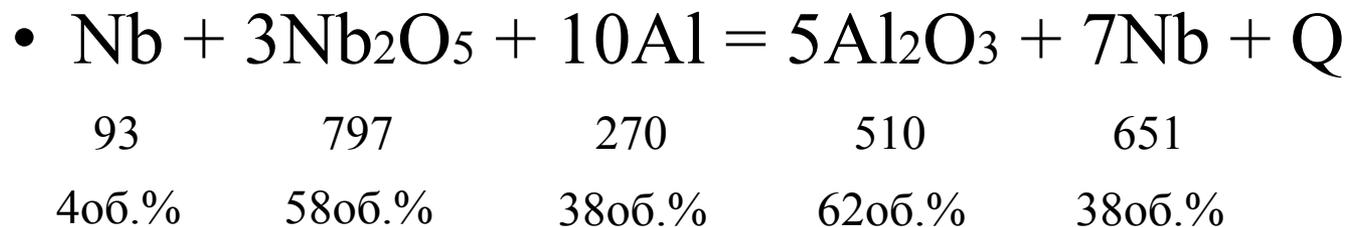
# Этап 1. Шихтовка смеси. Расчет объемной доли $Al_2O_3$ по базовой реакции



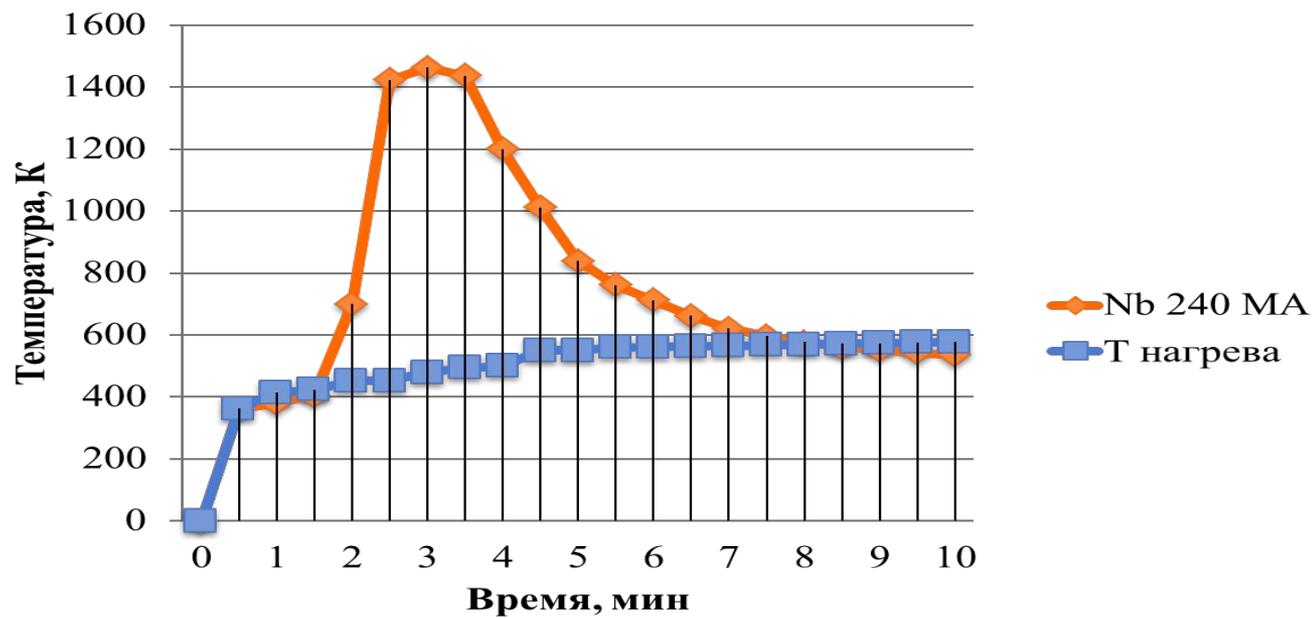
Технологические параметры обработки:

1. Время механической активации.
2. Скорость обработки.
3. Среда в барабане.

# Этап 1. Шихтовка смеси. Варьирование объемной доли $Al_2O_3$



# Предварительная механическая активация Nb



Элемент	Время механической активации, мин	Температура саморазогрева, С
Nb	120	759
	240	1286
	360	1255
	700	1265

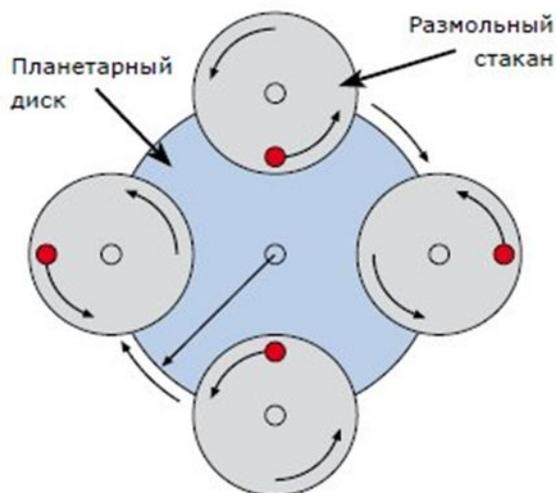
# Этап 1. Шихтовка смеси. Расчет объемной $Al_2O_3$ по базовой реакции

- $3Nb_2O_5 + 10Al = 5Al_2O_3 + 6Nb$
- $MoO_3 + 2Al = Al_2O_3 + Mo$
- **Nb** вводится как чистый элемент после механической активации
- **Zr** вводится как чистый элемент
- **C** вводится как чистый элемент

Прототип	Об.% $Al_2O_3$	$MoO_3$	$Nb_2O_5$	Nb	Al	Zr	C
ВН – 4	20	4,504	0,315	27,794	1,79	0,47	0,1
	30	4,23	3,66	23,74	2,82	0,44	0,1
	40	3,897	7,640	18,86	4,04	0,41	0,1

## Этап 2. Режимы получения композиционных гранул перед испарением

Прототип	Легирующие элементы	Объемная доля $Al_2O_3$	Режимы получения КГ, мин
ВН - 4	9,1%Mo; 1,5%Zr; 0,3%C	20	60
		30	20
		40	20



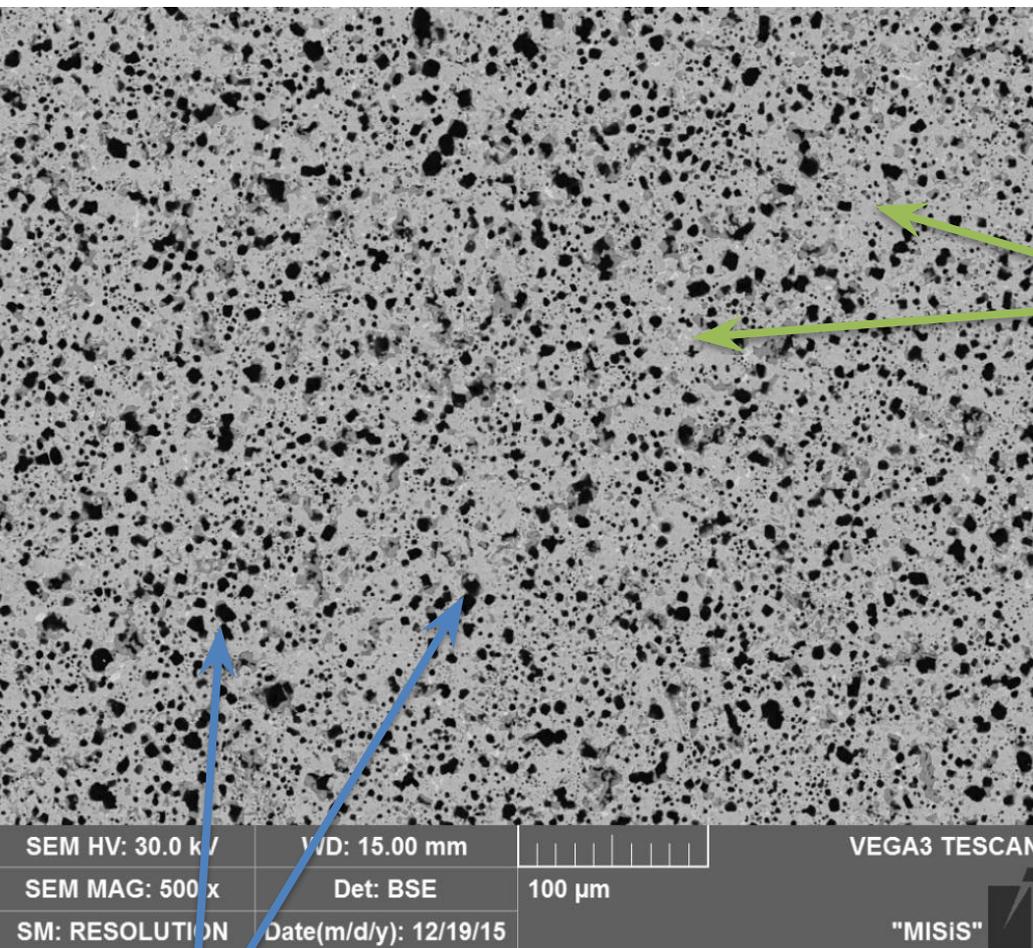
Технологические параметры обработки:

1. Время механической активации.
2. Скорость обработки.
3. Среда в барабане.

# Этап 3. Испарение – конденсация КОМПОЗИЦИОННЫХ гранул

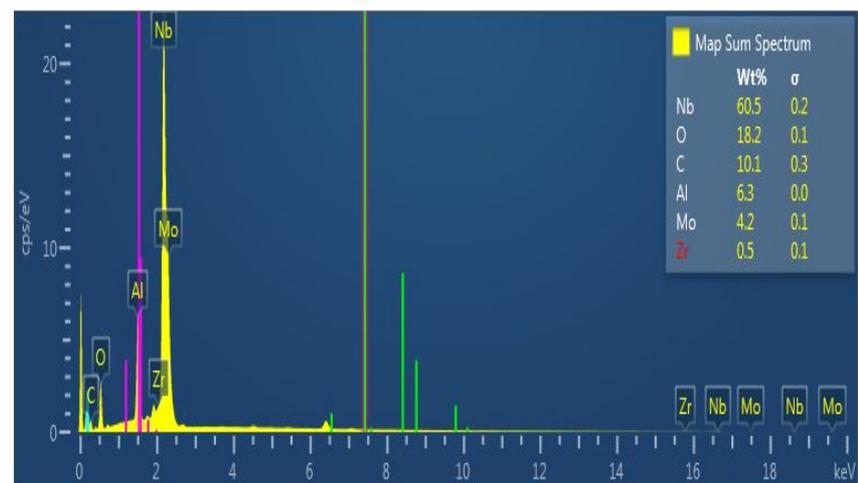


# Структура КМ системы Nb – 20%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

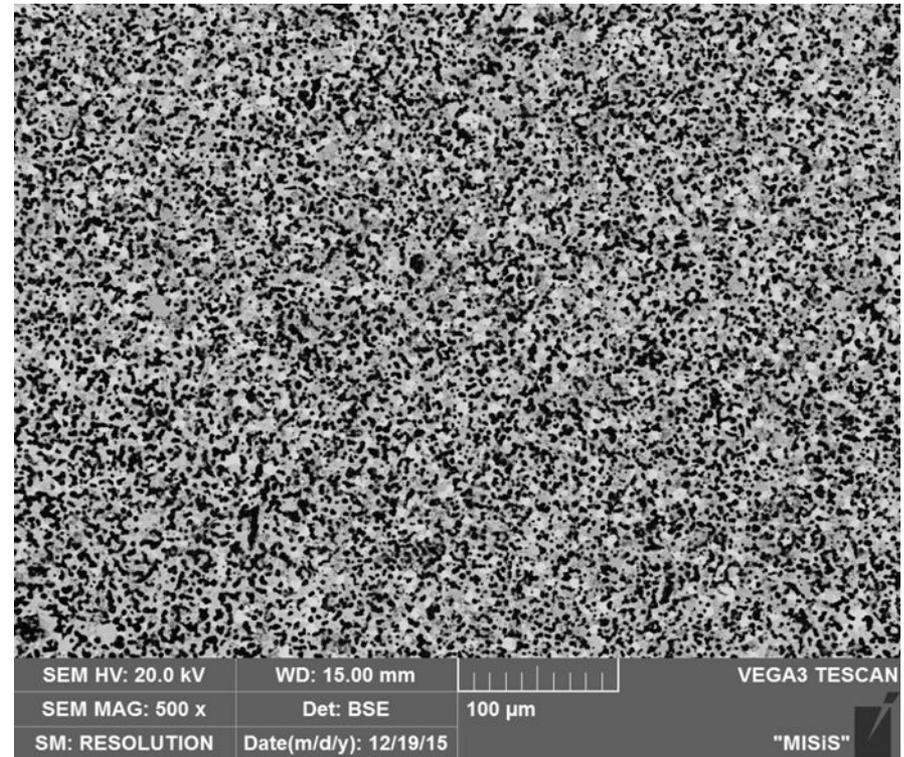
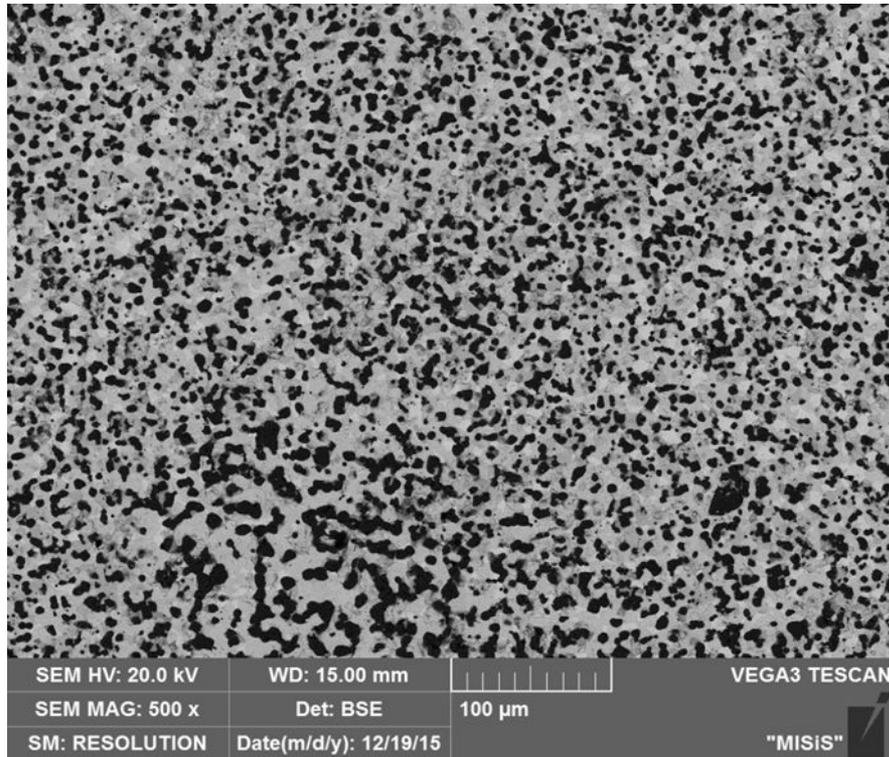
Nb(Mo)



# Структуры КМ систем Nb – (30, 40)%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

30%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

40%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



# Плотность и твердость экспериментальных образцов

Образец	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Nb(Mo) – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,37
ВН – 4 (Базовый)	8,29
ВН – 4 (20% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,15
ВН – 4 (30% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6,77
ВН – 4 (40%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6,51

Образец	Твердость, HV (30)
Nb(Mo) – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1016,4
ВН – 4 (Базовый)	489,3
ВН – 4 (20%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1532,4
ВН – 4 (30% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1131,2
ВН – 4 (40% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1253,3

## Выводы

- Обоснован выбор технологической схемы с проведением необходимых расчетов объемной доли  $Al_2O_3$ ;
- Предложены этапы технологии получения композиционного материала;
- Исследованы основные закономерности структурообразования на каждом этапе технологического передела;
- Получены опытные образцов по оптимизированной технологии;
- Максимальная твердость составила 1532,4 HV, минимальная плотность 6,37 г/см<sup>3</sup>