



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
**«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



НОМИНАЦИЯ

«За подготовку нового поколения специалистов авиастроительной отрасли среди предприятий»

Название работы: **«Подготовка научных, научно-педагогических и инженерных кадров в области аддитивных технологий. Опыт работы НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ».**

В сегодняшнем мире промышленной конкуренции ведущая роль отводится цифровым и аддитивным технологиям, позволяющим создавать детали высокого качества с наименьшими затратами, а также детали, которые невозможно изготовить традиционными технологиями - механообработкой, литьем и т.д. Применение аддитивных технологий даёт возможность реализовать основные принципы создания материалов нового поколения. НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ – это локомотив отечественных аддитивных технологий. Наиболее важным достижением института является создание замкнутого цикла аддитивного производства деталей сложных технических систем.

С целью опережающей подготовки кадров ведущих научных и образовательных организаций с учетом реальных потребностей промышленных предприятий и формирования профессиональных компетенций научных, научно-педагогических работников и специалистов инженерного профиля в области

аддитивных технологий НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ с 2016 года реализует программу дополнительного профессионального образования «Аддитивные технологии производства деталей из металлических материалов, синтезированных методом селективного лазерного сплавления».

Для достижения поставленной цели при прохождении обучения решаются следующие задачи:

- изучение актуальных проблем в области аддитивных технологий;
- изучение основных физико-химических процессов, протекающих при производстве деталей с применением аддитивных технологий;
- изучение типов систем бесконтактной оцифровки и области их применения, принципов действия различных систем бесконтактной оцифровки и требований, предъявляемых к моделям, технологиям, оборудованию и самим деталям;
- изучение основных понятий об используемых металлических (неметаллических) материалах, о технических параметрах, характеристиках и особенностях различных видов установок для выполнения аддитивных технологических процессов, о последующей финишной обработке изделий, полученных аддитивным методом;
- изучение основных понятий о структуре и свойствах материалов для аддитивных технологических процессов, о современных методах их исследования;
- овладение навыками моделирования необходимых объектов в компьютерных программах, предназначенных для последующего производства, опираясь на чертежи, технические задания или оцифрованные модели; осуществлять оценку точности оцифровки посредством сопоставления с оцифровываемым объектом;
- овладение навыками выполнения работ по выбору исходного металлического (неметаллического) материала (порошка) и определения его оптимальных пропорций; выполнения работ по проверке соответствия готовых

изделий техническому заданию с применением измерительного инструмента и систем бесконтактной оцифровки;

– овладение навыками проведения исследований и испытаний материалов для аддитивных технологических процессов, а также изделий на их основе.

В программу повышения квалификации включены теоретические и практические занятия:

– Классификация аддитивных технологий (АТ). История, области применения, текущее состояние и перспективы развития;

– Построение САД модели для АТ. Требования, предъявляемые к моделям, технологиям, оборудованию и самим деталям. Генерация поддерживающих элементов. Выбор ориентации детали при синтезе в зависимости от технологических особенностей оборудования;

– Металлопорошковые композиции. Технологические свойства. Методы получения;

– Практическое занятие (основы построения САД модели; работа в программе Magics (обработка модели); построение поддерживающих элементов.

– Металломатричные порошковые композиционные материалы для аддитивных процессов. Методы и технологии;

– Плазменные методы обработки порошковых материалов;

– Разработка и составление технологического паспорта на заготовку детали, изготавливаемую по АТ;

– Методика бесконтактного сканирования, реверс-инжиниринг, оборудование;

– Прямое лазерное выращивание. Сущность метода. Основное оборудование, параметры процесса. Номенклатура изготавливаемых и ремонтируемых изделий;

- Селективное лазерное сплавление металлопорошковых композиций, оборудование, особенности метода и принципы работы. Номенклатура изготавливаемых изделий;
- Пост-обработка деталей, изготавливаемых методами аддитивных технологий;
- Горячее изостатическое прессование, общий принцип, установки, основные параметры процесса;
- Практическое занятие (процесс изготовления заготовок для атомизации методом литья; процесс получения металлопорошковых композиций методом атомизации; процессы сепарации и классификации металлопорошковых композиций).
- Практическое занятие (технологические особенности установок селективного лазерного сплавления; подготовка исходных металлопорошковых композиций; подготовка оборудования к работе; меры безопасности при работе на оборудовании; принцип работы установок горячего изостатического прессования (ГИП));
- Проектирование вновь создаваемых изделий из металла с учётом технологических особенностей и ограничений аддитивного производств;
- Перепроектирование существующих изделий из металла под АТ. Изделия, которые невозможно изготовить традиционными способами металлообработки (Реверс инжиниринг);
- Достижимые свойства и характеристики материалов для АТ: плотность, пористость, структура, анизотропия, механические свойства;
- Точность геометрических размеров и шероховатость поверхности деталей, полученных методом СЛС;
- Практическое занятие (классификация изделий и требования, предъявляемые к ним; методы постобработки заготовок, изготовленных методом СЛС; оборудование, применяемое в ходе выполнения технологического процесса

постобработки заготовок; демонстрация процесса обработки образца, измерение показателей шероховатости и точности размеров после завершения обработки);

- Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Газовый анализ;

- Технические возможности растровых электронных микроскопов для исследования структуры порошковых материалов;

- Практическое занятие (Исследование структуры порошковых материалов, полученных методом газовой атомизации, на растровом электронном микроскопе);

- Металлофизические методы исследования: рентгеноструктурный анализ порошковых материалов;

- Просвечивающая электронная микроскопия. Основные методы пробоподготовки для материалов, полученных с применением аддитивных технологий;

- Практическое занятие (получение изображений зеренной (ячеистой) структуры, исследование строения границ зерен (ячеек);

- Классификация дефектов металлических материалов, синтезированных методом селективного лазерного сплавления. Методы неразрушающего контроля при производстве изделий с применением аддитивных технологий. Контроль качества металлических деталей полученных по аддитивным технологиям.

Повышение квалификации по программе «Аддитивные технологии производства деталей из металлических материалов, синтезированных методом селективного лазерного сплавления» позволяет получить практический опыт работы в научных лабораториях и на производственных участках, ведь в мировой практике пока не нашли лучшего способа закрепления теоретических знаний, чем практические занятия, что отличает НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ от других образовательных учреждений при проведении обучения на сегодняшний день нет.

В период с 2016 г. по 2021 г. по заявкам 69 образовательных и научных организаций НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ провел обучение по данной программе и выдал удостоверения о повышении квалификации 147 слушателям.



Кроме того НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в рамках выстроенной системы непрерывного образования, направленной на подготовку высококвалифицированных кадров для нужд отечественного материаловедческого комплекса, самостоятельно реализует образовательную программу высшего образования - программу магистратуры по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (лицензия № 2992, выданная Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации 28 октября 2021 г.). В данную программу магистратуры включена дисциплина «Аддитивные технологии в современном производстве», объем практических занятий которой составляет 70 %, что позволяет закрепить теоретические знания на новейшем современном оборудовании.

Структура и содержание дисциплины охватывают круг вопросов, связанных с аддитивными технологиями, которые дают возможность реализации основных принципов создания материалов нового поколения.

В результате изучения дисциплины обучающийся будет:

знать основные понятия и определения в области аддитивных технологий; материалы для аддитивных технологических процессов, их структуру и свойства;

уметь анализировать результаты научно-исследовательских работ, научной и технической информации в области аддитивных технологий; применять современные методы разработки технологических процессов изготовления деталей с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования; проводить анализ, обоснование и выполнение технических проектов по рациональному применению материалов для аддитивных технологических процессов в соответствии с заданными условиями.

владеть знаниями по созданию компьютерных моделей посредством бесконтактной оцифровки реальных объектов и их подготовки к производству; освоения новых технологических процессов производства опытных и серийных образцов изделий на основе комплексного использования аддитивных технологий; навыками профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов; навыками проведения исследований причин брака в производстве и разработки предложений по их предупреждению и устранению, разработки мероприятий по комплексному использованию материалов для аддитивных технологических процессов.

В результате освоения данной дисциплины обучающиеся приобретают знания и умения, необходимые в научно-исследовательской работе.

В настоящее время в магистратуре **обучается 18 студентов**. Дипломы об окончании магистратуры НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ получили 58 выпускников, из них 19 дипломов с отличием.



Таким образом, опыт НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ по подготовке научных, научно-педагогических и инженерных кадров в области аддитивных технологий для России является уникальным и его целесообразно распространить на отраслевые НИИ, крупные российские предприятия, интегрированные структуры, которые в конечном итоге смогут получить высококвалифицированных молодых специалистов, обладающих актуальными теоретическими знаниями и опытом работы на высокотехнологичном оборудовании, способствуя решению стратегически важных задач.

Заместитель генерального директора

« 05 » 04 _____ 2022 г.



Ю.Н. Шевченко

М.П.



Подготовка научных, научно-педагогических и инженерных кадров в области аддитивных технологий.

Опыт работы НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ



ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Аддитивные технологии производства деталей из металлических материалов, синтезированных методом СЛС»

147 человек с 2016 г. прошли курс повышения квалификации по программе ДПО из **69** организаций



41 предприятие



8 предприятий



4 предприятия



10 предприятий



3 предприятия

№	Наименование модулей
1	Аддитивные технологии
2	Создание 3D моделей и процесс построения деталей
3	Аддитивные технологии при получении деталей из металлических материалов
4	Современные методы исследования и контроля деталей полученных с применением аддитивных технологий





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов

**Программа дополнительного
профессионального образования (повышение квалификации)**

**«Аддитивные технологии
производства деталей
из металлических
материалов,
синтезированных методом
селективного лазерного»**



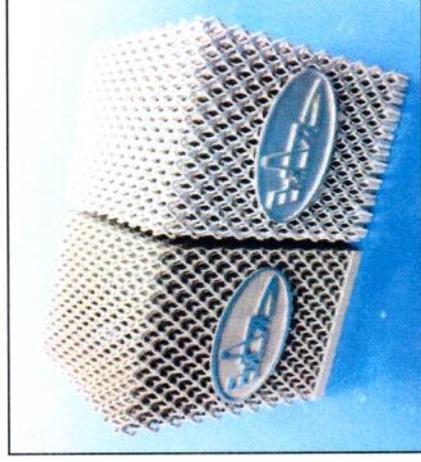
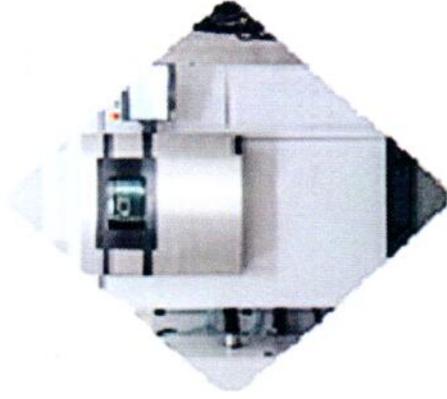
Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.prf; www.viam.ru



Программа предназначена для специалистов предприятий оборонного комплекса, авиационно-космической отрасли, машиностроения и всех, чья деятельность связана с материаловедением.

Занятия проводят ведущие научные сотрудники и специалисты НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в оборудованных учебных классах, лабораториях и на производственных участках, оснащенных самым современным оборудованием.





АННОТАЦИЯ

Актуальность:

В современном мире промышленной конкуренции ведущая роль отводится цифровым и аддитивным технологиям, позволяющим создавать детали высокого качества с наименьшими затратами, а также детали, которые невозможно изготовить традиционными технологиями — механообработкой, литьем и т.д. Применение аддитивных технологий даёт возможность реализовать основные принципы создания материалов нового поколения.

Цель подготовки по программе:

Приобретение и формирование профессиональных компетенций научных работников и специалистов инженерного профиля в области аддитивных технологий, современных требований и тенденций их развития, приобретение навыков, необходимых для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов при использовании их в различных изделиях.



УЧЕБНЫЙ ПЛАН РАБОТЫ

№ п/п	Наименование тем профессионального модуля	Продолжительность, час
1	Классификация аддитивных технологий (АТ). История, области применения, текущее состояние и перспективы развития.	2
2	Построение CAD модели для АТ. Требования, предъявляемые к моделям, технологиям, оборудованию и самим деталям. Генерация поддерживающих элементов. Выбор ориентации детали при синтезе в зависимости от технологических особенностей оборудования.	2
3	Металлопорошковые композиции. Технологические свойства. Методы получения.	2
4	<u>Практическое занятие:</u> - основы построения CAD модели; - работа в программе Magics (обработка модели); - построение поддерживающих элементов.	2
5	Металломатричные порошковые композиционные материалы для аддитивных процессов. Методы и технологии.	1
6	Плазменные методы обработки порошковых материалов.	1
7	Разработка и составление технологического паспорта на заготовку детали, изготавливаемую по АТ	1
8	Методика бесконтактного сканирования, реверс-инжиниринг, оборудование.	1
9	Прямое лазерное выращивание. Сущность метода. Основное оборудование, параметры процесса. Номенклатура изготавливаемых и ремонтируемых изделий.	2



УЧЕБНЫЙ ПЛАН РАБОТЫ

№ п/п	Наименование тем профессионального модуля	Продолжительность, час
10	Селективное лазерное сплавление металлопорошковых композиций, оборудование, особенности метода и принципы работы. Номенклатура изготавливаемых изделий. Пост-обработка деталей, изготавливаемых методами аддитивных технологий. Горячее изостатическое прессование, общий принцип, установки, основные параметры процесса.	2
11	<u>Практическое занятие:</u> - процесс изготовления заготовок для атомизации методом литья; - процесс получения металлопорошковых композиций методом атомизации; - процессы сепарации и классификации металлопорошковых композиций.	3
12	<u>Практическое занятие:</u> - технологические особенности установок селективного лазерного сплавления; - подготовка исходных металлопорошковых композиций; - подготовка оборудования к работе; - меры безопасности при работе на оборудовании; - принцип работы установок горячего изостатического прессования (ГИП).	2
13	Проектирование вновь создаваемых изделий из металла с учётом технологических особенностей и ограничений аддитивного производства Перепроектирование существующих изделий из металла под АТ. Изделия, которые невозможно изготовить традиционными способами металлообработки (Реверс инжиниринг).	4



УЧЕБНЫЙ ПЛАН РАБОТЫ

№ п/п	Наименование тем профессионального модуля	Продолжи- тельность, час
14	Достижимые свойства и характеристики материалов для АТ: плотность, пористость, структура, анизотропия, механические свойства.	2
15	Точность геометрических размеров и шероховатость поверхности деталей, полученных методом СЛС.	1
16	<u>Практическое занятие:</u> - классификация изделий и требования, предъявляемые к ним; - методы постобработки заготовок, изготовленных методом СЛС; - оборудование, применяемое в ходе выполнения технологического процесса постобработки заготовок; - демонстрация процесса обработки образца, измерение показателей шероховатости и точности размеров после завершения обработки	4
17	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Газовый анализ	2
18	Технические возможности растровых электронных микроскопов для исследования структуры порошковых материалов. Практическое занятие: Исследование структуры порошковых материалов, полученных методом газовой атомизации, на растровом электронном микроскопе	1
19	Металлофизические методы исследования: рентгеноструктурный анализ порошковых материалов	1



УЧЕБНЫЙ ПЛАН РАБОТЫ

№ п/п	Наименование тем профессионального модуля	Продолжи- тельность, час
20	Просвечивающая электронная микроскопия. Основные методы пробоподготовки для материалов, полученных с применением аддитивных технологий. <u>Практическое занятие:</u> - получение изображений зеренной (ячейстой) структуры, исследование строения границ зерен (ячеек).	2
21	Классификация дефектов металлических материалов, синтезированных методом селективного лазерного сплавления. Методы неразрушающего контроля при производстве изделий с применением аддитивных технологий. Контроль качества металлических деталей полученных по аддитивным технологиям.	2
	Итого:	40



В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБУЧЕНИЯ

Слушатели, прошедшие подготовку и итоговую аттестацию, должны:

уметь:

- обосновывать способы решения научных и практических задач в современном производстве с использованием достижений в области аддитивных технологий;
- выбирать необходимую систему бесконтактной оцифровки в соответствии с поставленной задачей;
- выполнять работы по бесконтактной оцифровке реальных объектов при помощи систем оптической оцифровки различных типов;
- выбирать оптимальные параметры технологического процесса в соответствии с решаемой производственной задачей;
- оценивать и прогнозировать технологические и эксплуатационные свойства материалов для аддитивных технологических процессов с использованием современных компьютерных информационных технологий;

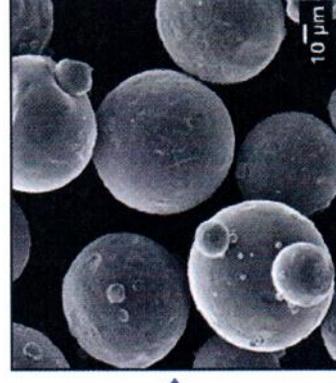
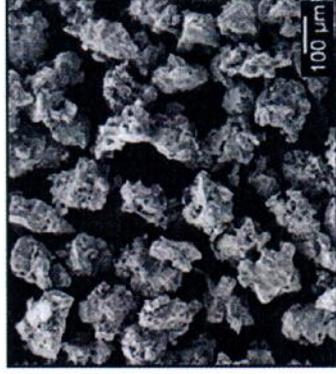
получить навыки:

- моделировать необходимые объекты в компьютерных программах, предназначенных для последующего производства, опираясь на чертежи, технические задания или оцифрованные модели;
- осуществлять оценку точности оцифровки посредством сопоставления с оцифровываемым объектом;
- -выполнения работ по выбору исходного металлического материала (порошка) и определения его оптимальных пропорций; выполнения работ по проверке соответствия готовых изделий техническому заданию с применением ручного измерительного инструмента и систем бесконтактной оцифровки;
- выполнения работ по выбору исходного неметаллического материала (порошка) и определения его оптимальных пропорций;
- выполнения работ по проверке соответствия готовых изделий техническому заданию с применением ручного измерительного инструмента и систем бесконтактной оцифровки;
- проведения исследований и испытаний материалов для аддитивных технологических процессов, а также изделий на их основе.



ПОРОШКИ

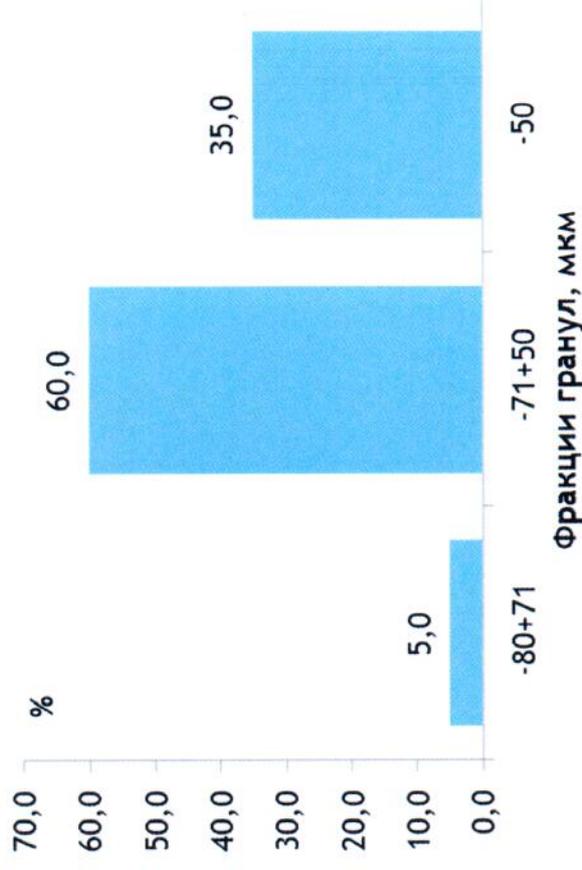
Свариваемые сплавы пониженной плотности системы Al-Mg-Li



Гранулы

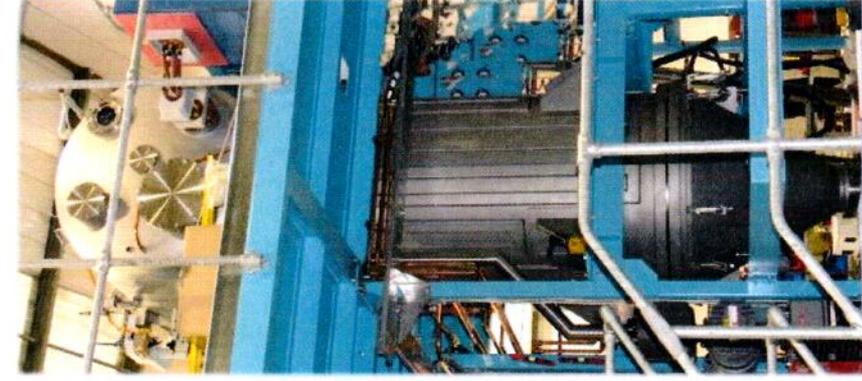
Свойства порошков:

- форма порошка
- размер (фракционный состав и d_{50})
- содержание газовых примесей (O_2, N_2, H_2, H_2O)
- текучесть и сыпучесть
- насыпная плотность и плотность утряски и др.





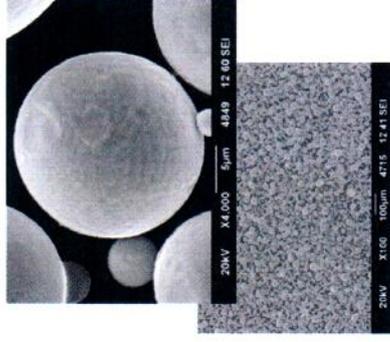
Центр компетенции (трансфера технологий) по порошковым материалам и аддитивным технологиям



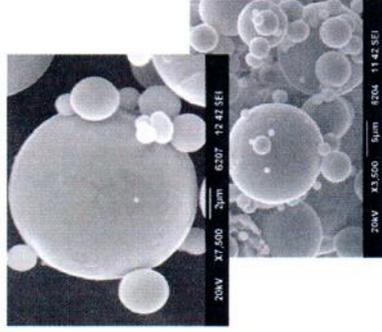
Рабочий вакуум:
5x10⁻²мм рт.ст.
Давление распыления:
В плавильной камере :
0,2-0,6атм. изб.
На форсунке: **30-70атм.**



Порошки Ti-сплавов



Порошки Ni-сплавов



НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ освоено производство высококачественных порошков для аддитивных технологий отечественных сплавов (свыше 20 марок) объёмом производства до 5 тонн/год; ведутся разработки по увеличению номенклатуры изготавливаемых порошков с целью 100% импортозамещения

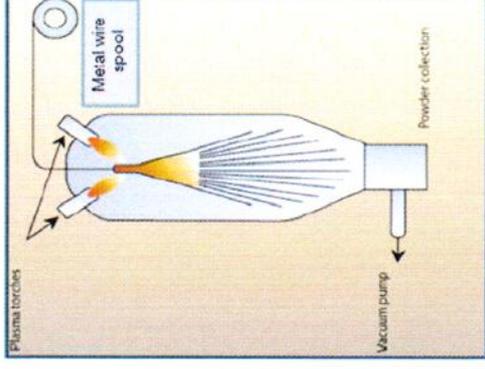


ВИАМ

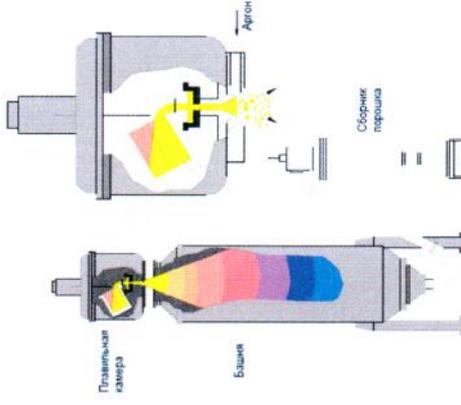
ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ

Plasma

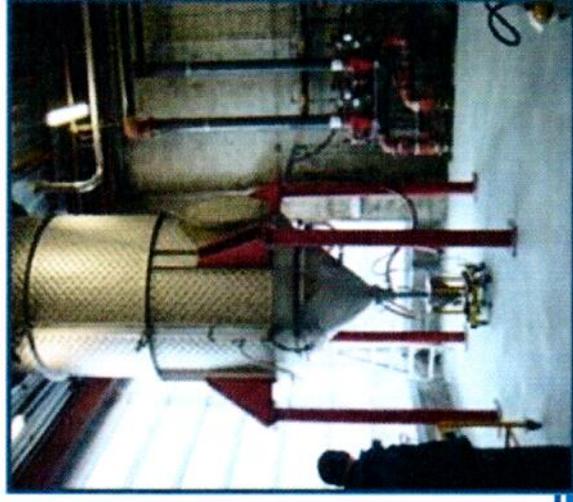
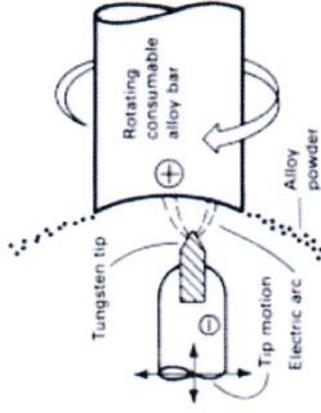
Atomization



Atomizing

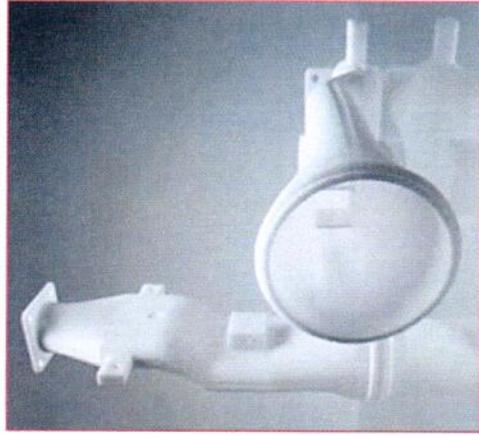


PREP



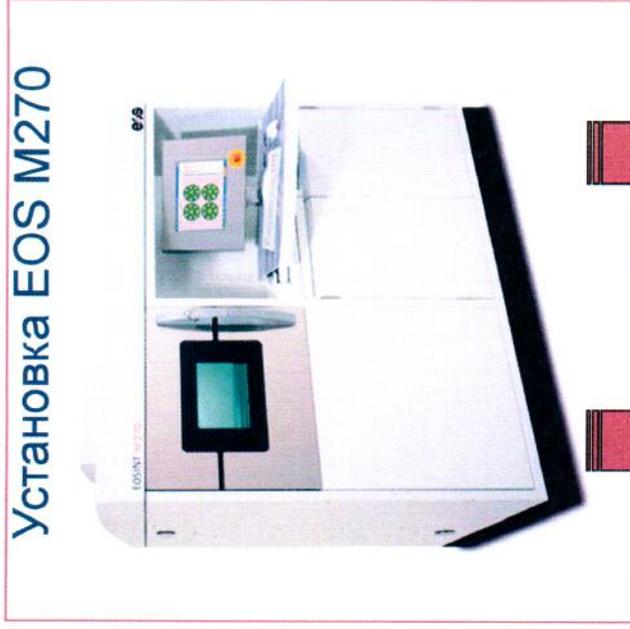


ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ



Возможности технологии:

- Создание прототипов и предсерийных образцов
- Серийный выпуск деталей небольшими партиями
- Опробование «в металле»
- Производство штамповой оснастки
- Ремонт штампов и др. деталей



Установка EOS M270

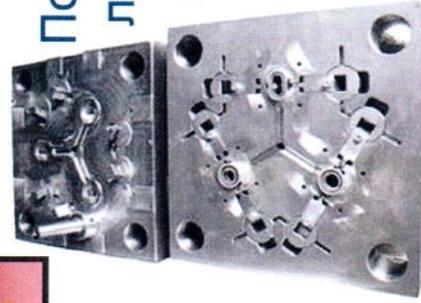
Параметры поставляемых порошков (EOS)		
Гранулометрический состав	Фракция 40-20 мкм	Форма
-60 мкм	~70%	Сферическая

ФГУП ВИАМ:

Организация поставки ультрадисперсных порошков отечественных марок для установок СЛС



Послойный лазерный синтез



CAD-моделирование





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов

УСПЕШНАЯ КАРЬЕРА НАЧИНАЕТСЯ В НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ!

**СЛУШАТЕЛИ, УСПЕШНО
ПРОШЕДШИЕ ОБУЧЕНИЕ,
ПОЛУЧАЮТ УДОСТОВЕРЕНИЕ
УСТАНОВЛЕННОГО ОБРАЗЦА О
ПРОХОЖДЕНИИ КУРСА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**



Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.rf; www.viam.ru



Подготовка научных, научно-педагогических и инженерных кадров в области аддитивных технологий.

Опыт работы НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Дисциплина

Аддитивные технологии в современном производстве

(Трудоемкость дисциплины: **8 з.е./288 ч.**)

Компетенции формируемые в процессе обучения:

- владеть знаниями о материалах для аддитивных технологических процессов, их структуре и свойствах
- уметь создавать 3D-модели и процесс построения деталей
- владеть знаниями об аддитивных технологиях получения деталей из металлических и неметаллических материалов
- применять основные методы исследований металлических и неметаллических материалов, полученных с применением аддитивных технологий
- владеть знаниями о методах неразрушающего контроля, исследований и испытаний при производстве изделий, полученных по аддитивным технологиям



18 общая численность обучающихся в магистратуре

58 выпускников с 2014 г., из них **19** с отличием



Профессорско-преподавательский состав

1 академик РАН

5 докторов наук

8 кандидатов наук

Соотношение практических занятий и теоретических 70/30