



Министерство образования и науки
Российской Федерации

Каталог экспозиции
Exhibition catalog

**«PERSPECTIVE DIRECTIONS OF
SCIENTIFIC RESEARCHES IN THE FIELD OF
NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF
THE RUSSIAN TECHNICAL UNIVERSITIES»**

**«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ
НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ»**

Berlin, 2015

Оглавление / Table of content

ОГЛАВЛЕНИЕ / TABLE OF CONTENT	2
-------------------------------------	---

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА И НИКЕЛЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ 3D – ТЕХНОЛОГИЙ Е.А. ЛЕВАШОВ ¹ , ПОГОЖЕВ Ю.С. ¹ , СЕНТЮРИНА Ж.А. ¹ , ЗАЙЦЕВ А.А. ¹ , МИХАЙЛОВ М.А. ¹ , В.И. ЮХВИД ² , В.Н. САНИН Ю.С. ² , АНДРЕЕВ Д.Е. ² , КОСИНЦЕВ А.В. ³ , А.И. ЛОГАЧЕВА ⁴ , А.Н. ТИМОФЕЕВ ⁴ 1- НИТУ «МИСИС», МОСКВА 119049, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 4 2- ФГБУН ИСМАН, 3- ООО «МЕТСИНТЕЗ», 4 – ОАО «КОМПОЗИТ»	5
--	---

CONTRIBUTION OF SHS TO PRODUCTION OF GRANULES FOR ADDITIVE TECHNOLOGY OF SELECTIVE LASER AND ELECTRON BEAM SINTERING E.A. LEVASHOV ¹ , YU.S. POGOZHEV ¹ , V.N. SANIN ² , V.I. YUKHVID ² , D.E. ANDREEV ² , A.A. ZAITSEV ¹ , ZH.A. SENTYURINA ^{1,3} , A.I. LOGACHEVA ³ , A.N. TIMOFEEV ³ 1 NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY "MISIS", LENINSKY PROSPECT, 4, MOSCOW 119049, RUSSIA 2 INSTITUTE OF STRUCTURAL MACROKINETICS AND MATERIALS SCIENCE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, UL. ACADEMICA OSIPYANA, 8, CHERNOGOLOVKA, MOSCOW REGION, 142432, RUSSIA 3 ОАО "COMPOZIT", UL. PIONERSKAYA, 4, KOROLEV, MOSCOW REGION, 141070, RUSSIA	6
--	---

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ, МАГНИЕВЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕЛОВ В.Д. ПАВЛИНИЧ С.П., БЕЛОВ Н.А., КОЛТЫГИН А.В., ФАДЕЕВ А.В. НИТУ «МИСИС», УГАТУ	9
---	---

DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF MODERN FOUNDRY TECHNOLOGIES OF HIGH-TECH PRODUCTION MANUFACTURING OF ALUMINUM, MAGNESIUM AND TITANIUM PRECISION CASTINGS FOR TURBINE ENGINES BELOV VD PAVLINICH SP, BELOV NA, KOLTYGIN AV, FADEEV AV MUST "MISA" USATU	9
--	---

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛОПАТОК КВД И ТНД ИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА ТI-AL БЕЛОВ В.Д. ПАВЛИНИЧ С.П., БЕЛОВ Н.А., КОЛТЫГИН А.В., ФАДЕЕВ А.В. НИТУ «МИСИС», УГАТУ	10
--	----

DEVELOPMENT OF TI-AL INTERMETALLIC COMPOUND HPC AND THE LPT BLADES CASTING TECHNOLOGY BELOV VD PAVLINICH SP, BELOV NA, KOLTYGIN AV, FADEEV AV MUST "MISA" USATU	10
---	----

МЕТОД ПОСЛОЙНОЙ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА (ПЛА) И НАНОРАЗМЕРНОГО ГИДРОКСИАПАТИТА (ГАП) С.Д. КАЛОШКИН, А.СЕНАТОВ НИТУ «МИСИ С»	10
3D-PRINTING FOR OBTAINING POLYLACTIDE (PLA) / 15 % WT. HYDROXYAPATITE (HA) POROUS SCAFFOLDS WITH PRE-MODELLED STRUCTURE S.KALOSHKIN, F.SENATOV MISIS	11
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОАО "НПО "САТУРН" МАКСИМ М.Ф., ФЕДОСЕЕВ Д.В. ОАО "НПО "САТУРН"	11
THE INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES FEDOROV M.M., FEDOSEEV D.V. "NPO" SATURN "	18
ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ «ПРЯМОГО ПРОИЗВОДСТВА» В РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ОПЫТ ФГБОУ УГАТУ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СМИРНОВ В.В., БАРЗАЛИ В.В., ЛАДНОВ П.В ФГБОУ ВПО «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (УГАТУ) КАФЕДРА «МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА» (МИТЛП).....	25
EXPERIENCE OF ADDITIVE MANUFACTURING IN UFA STATE AVIATION TECHNICAL UNIVERSITY SMIRNOV V.V., BARZALI V.V., LADNOV P.V.	27
ПНЕВМОВАКУУМНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР ЖИДКОСТЕЙ ЧЕРНЫШЕВ А.В., БОРИСОВ Ю.А., ОРЛОВ С.А, ДРУЦА В.Л. МГТУ ИМ.БАУМАНА	28
PNEUMATIC VACUUM CONCENTRATOR LIQUIDS Y.A. BORISOV, A.V. CHERNYSHOV, S.A. ORLOV, V.L. DRUTSA; BAUMAN MSTU	29
УСТАНОВКА ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ РАСТВОРОВ ДНК ЧЕРНЫШЕВ А.В., ПУГАЧУК А.С. МГТУ ИМ.БАУМАНА	29
INSTALLATION OF VACUUM SEPARATION OF DNA SOLUTIONS PUGACHUK A.S., CHERNYSHOV A.V. BAUMAN MSTU	30
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ/ПЛАВЛЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ РМ-250 Д.Т.Н. РУСИН М.Ю., Д.Т.Н. СУЗДАЛЬЦЕВ Е.И., ЗАЙЦЕВ В.С. ОАО "ОБНИНСКОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ТЕХНОЛОГИЯ", Г. ОБНИНСК КАЛУЖСКОЙ ОБЛ., РОССИЯ	30

THE DEVELOPMENT OF MANUFACTURING TECHNOLOGY SMALL-SIZED PRODUCTS FROM METAL AND CERAMIC POWDERS BY SELECTIVE LASER SINTERING/MELTING AT THE PM-250 MACHINE RUSIN M.Y., SUZDALTSEV E.I., ZAITCEV V.S. JSC "OBNINSK RESEARCH AND PRODUCTION ENTERPRISE" TECHNOLOGY ", OBNINSK, KALUGA REGION., RUSSIA30

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОРЫЩЕНКО А.С., ГОРЫНИН И.В., КУЗНЕЦОВ П.А., ТЕЛЕНКОВ А.И., САВИН В.И., БОБЫРЬ В.В. РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ФГУП «ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ» 31

ADDITIVE TECHNOLOGY BASED ON THE COMPOSITE POWDER MATERIALS ORYSCHENKO A.S., GORYNIN I.V., KUZNETSOV P.A., TELENKOV A.I., SAVIN V.I., BOBYR V.V. RUSSIA, ST. PETERSBURG, FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE "CENTRAL RESEARCH INSTITUTE" PROMETEIY "32

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ТУРИЧИН Г.А., ЗЕМЛЯКОВ Е.В. "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО"32

HIGH-SPEED LASER TECHNOLOGY CULTIVATION OF ENGINE COMPONENTS TURICHIN G., ZEMLYAKOV E. "ST. PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY NAMED AFTER PETER THE GREAT"32

МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРОЛЕВ В.А. ФГУП «ВИАМ»33

METAL POWDER COMPOSITIONS FOR ADDITIVE MANUFACTURING KOROLEV V.A. FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE VIAM.....33

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА И НИКЕЛЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ 3D – ТЕХНОЛОГИЙ

**Е.А. Левашов¹, Погожев Ю.С.¹, Сентюрин Ж.А.¹, Зайцев А.А.¹,
Михайлов М.А.¹,
В.И. Юхвид², В.Н. Санин Ю.С.², Андреев Д.Е.², Косинцев А.В.³, А.И. Логачева⁴,
А.Н. Тимофеев⁴**

1- НИТУ «МИСиС», Москва 119049, Ленинский проспект, 4

2- ФГБУН ИСМАН,

3- ООО «Метсинтез»,

4 – ОАО «Композит»

Перспективным направлением исследования является создание жаропрочных материалов (ЖМ) на основе алюминидов TiAl и NiAl, способных обеспечить высокую прочность, коррозионную стойкость, термодинамическую стабильность в условиях воздействия высоких нагрузок, агрессивных сред и высоких температур до 1100 °С, обладая низким удельным весом (~ 5 г/см³). Одной из проблем, затрудняющих создание интерметаллидных сплавов, является чувствительность их фазового состава к небольшим изменениям концентраций легирующих элементов, наличию примесей, параметрам технологического процесса. Другой проблемой является неоднородность структуры (в частности, из-за ликвационных явлений), плохой спекаемости, малой пластичности, что затрудняет получение таких сплавов на интерметаллидной основе и может приводить к недопустимому разбросу значений служебных характеристик. Поскольку ЖМ являются труднообрабатываемыми, то производство изделий сложной формы традиционными способами (точение, электроэрозионная обработка) является чрезвычайно дорогостоящим и сопровождается большими потерями ценных элементов. Поэтому получили развитие аддитивные технологии селективного электронно-лучевого сплавления (СЭЛС) и селективного лазерного плавления (СЛП). Однако для реализации производства сложнопрофильных деталей с использованием аддитивных технологий необходимы гранульные материалы правильной сферической формы и регламентированной зернистости. Стоимость таких материалов становится ощутимой при внедрении аддитивных технологий в серийное производство.

В этой связи начаты работы по созданию интегральной технологии, включающей в себя: центробежное СВС–литье полуфабриката ЖМ с использованием оксидного сырья; гомогенизирующий переплав полуфабриката и отливка электродов; центробежное распыление и классификация гранул правильной сферической формы и регламентированной зернистости. Проведены исследования процесса синтеза литых полуфабрикатов (слитков) на основе NiAl и TiAl в условиях воздействия центробежных сил, включая поиск оптимальных режимов для обеспечения: наибольшей глубины фазоразделения целевого продукта от шлаковой фазы, формирования заданного состава сплавов с допустимым содержанием примесей. Изучены температурно-временные режимы гомогенизирующего переплава и условия кристаллизации отливки. Параллельно ведется отработка технологии гидридно-кальциевого восстановления применительно к получению гранул на основе TiAl. Установлены зависимости глубины протекания гидридно-кальциевого восстановления от состава шихты и условий протекания процесса.

CONTRIBUTION OF SHS TO PRODUCTION OF GRANULES FOR ADDITIVE TECHNOLOGY OF SELECTIVE LASER AND ELECTRON BEAM SINTERING

E.A. Levashov¹, Yu.S. Pogozev¹, V.N. Sanin², V.I. Yukhvid², D.E. Andreev², A.A. Zaitsev¹, Zh.A. Sentyurina^{1,3}, A.I. Logacheva³, A.N. Timofeev³

1 National University of Science and Technology "MISIS", Leninsky prospect, 4, Moscow 119049, Russia

2 Institute of Structural Macrokineitics and Materials Science, Russian Academy of Sciences, ul. Academica Osipyana, 8, Chernogolovka, Moscow Region, 142432, Russia

3 OAO "Compozit", ul. Pionerskaya, 4, Korolev, Moscow Region, 141070, Russia

Designing refractory materials (RMs) based on TiAl and NiAl aluminides, which are capable of ensuring high strength, corrosion resistance, and thermodynamic stability under high loads, in aggressive environments, and at high temperatures up to 1100oC, while being characterized by low specific weight ($\sim 5 \text{ g/cm}^3$) is a promising trend in research. One of the problems impeding production of intermetallic alloys is that their phase composition is sensitive to slight changes in concentrations of doping elements, presence of impurities and technological parameters. Another problem includes structure heterogeneity (in particular, due to liquation phenomena, poor sinterability and low plasticity), which impedes production of intermetallic-based alloys and may cause impermissible variability in performance parameters. Since RMs are hard-to-cut, production of irregularly shaped articles using the conventional methods (turning, electroerosion processing) is extremely cost-intensive and is accompanied by significant loss of valuable elements. Hence, the additive technologies of selective electron beam melting (SEBM) and selective laser melting (SLM) have been developed. However, granular powder materials having regular spherical shape and specific grain size are needed to manufacture geometrically complex parts using additive technologies.

In this connection, the consortium of organizations MISIS, ISMAN, Metsintez and Compozit are currently developing an integral technology that would include: 1- centrifugal SHS casting of a RM semi-product based on NiAl and TiAl using oxide raw material; 2- remelting of the RM semi-product with alloy structure modification using nanopowder containing master alloys and further electrode molding; 3- centrifugal sputtering of electrodes and classification of granules to the specified grain size.

Combustion synthesis of cast semi-products (ingots) from promising NiAl- and TiAl-based alloys under centrifugal forces was performed, including searching for the optimal modes to provide the greatest degree of phase separation in the target product from the slag phase and formation of the specified alloy composition with the allowable impurity content (Fig. 1). The features of structural phase transformations of the synthesis products were studied during centrifugal SHS casting [1].



Fig. 1. Overview of RM semi-product based on NiAl produced by centrifugal SHS casting in optimal conditions

Optimization of temperature–time modes of induction remelting of SHS semi-products, concentration of alloying and functional additives, and crystallization conditions were carried out in order to obtain electrodes with satisfied quality on criteria of chemical homogeneity, grain size of the main phases, amount of impurities, residual porosity. Fig. 2 demonstrate electrode ingot based on NiAl produced by integral technology and his microstructure before and after modification by 1% vol ZrO₂ nanoparticles. Grain size of NiAl, Ni₂₀Al₃B6 phases became smaller in 2,5-3 times.

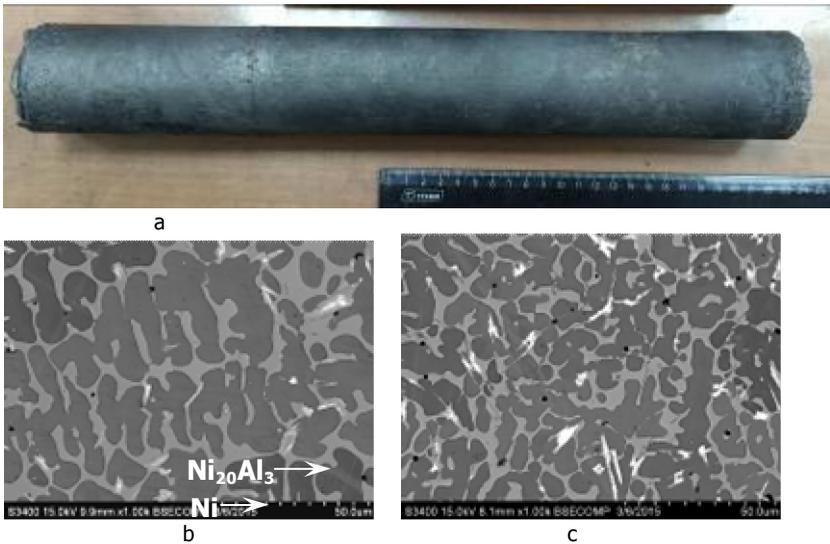


Fig. 2. Overview of electrode ingot based on NiAl produced by induction remelting in optimal conditions (a) and his microstructure: before (b) and after modification by nanoparticles (c)

Electrodes obtained are tested in process of centrifugal sputtering of granules with the spherical shape and specified grain size. For example, granules based on TiAl alloy (a), their microstructure (b) and grain size distribution 40-100 μm are shown on Fig. 3.

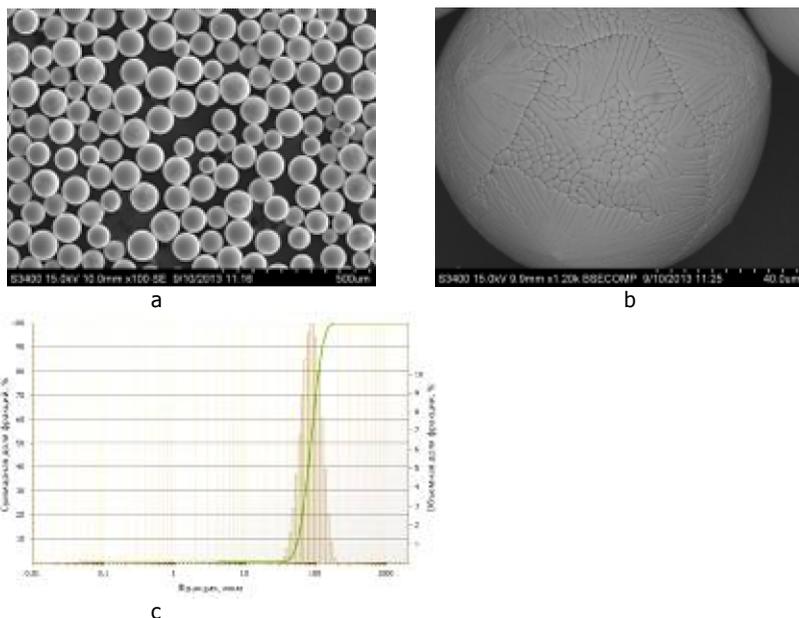


Fig. 3. Granules based on TiAl alloy produced by centrifugal sputtering (a) and his microstructure (b) and grain size (c)

Authors gratefully acknowledge the support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of Federal Target Program on Priority Directions of R&D in Russia in the years 2014–2020 (agreement No. 14.578.21.0040, project identification No. RFMEFI57814X0040).

1. Sanin V.N., Ikornikov D.M., Andreev D.E., Yuhvid V.I., Levashov E.A., Pogozhev Yu.S. Cast NiAl/Ni₂₀Al₃B₆ Composites by Centrifugal SHS. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis, 2014, Vol. 23, No. 4, p. 232–239

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО
ИЗГОТОВЛЕНИЮ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ,
МАГНИЕВЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Белов В.Д. Павлинич С.П., Белов Н.А., Колтыгин А.В., Фадеев А.В.
НИТУ «МИСиС», УГАТУ**

1. Разработка литейной технологии и изготовление «пилотной» отливки «Корпус коробки приводов». Изделие ВК2500. Сплав МЛ10 Габаритные размеры 460 x 200 x 140. Преобладающая толщина стенки 5 мм. Масса детали 2,6 кг. Масса отливки 10 кг.
2. Разработка технологии изготовления отливки «Корпус» из титанового сплава ВТ5Л. Изделие ПД-14. Толщина стенки 2.5-3мм
3. Разработка литейной технологии и изготовление «пилотной» отливки «Корпус опоры». Изделие ВК2500. Сплав АК5М. Преобладающая толщина стенки 5 мм.
4. Разработка литейной технологий и изготовление «пилотной» отливки «Корпус редуктора». Изделие ПД-14. Сплав АК7ч. Габаритные размеры 925 x 365 x 130. Преобладающая толщина стенки 4 мм.

**DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF MODERN FOUNDRY TECHNOLOGIES OF
HIGH-TECH PRODUCTION MANUFACTURING OF ALUMINUM, MAGNESIUM AND
TITANIUM PRECISION CASTINGS FOR TURBINE ENGINES**

**Belov VD Pavlinich SP, Belov NA, Koltygin AV, Fadeev AV
NUST "MISA" USATU**

1. Development of the foundry technology and manufacturing of the "pilot" casting "Gearbox" VK2500 product. ML10 alloy Dimensions: 460 x 200 x 140. General wall thickness is 5 mm. Weight of the part 2.6 kg. Casting weight 10 kg.
2. Development of the foundry technology and manufacturing of the pilot" casting "Box". Titanium alloy VT5L. Product PD-14. The wall thickness is 2.5-3 mm
3. Development of foundry technology and manufacturing of "pilot" casting "Housing support". VK2500 product. AK5M alloy. General wall thickness is 5 mm.
4. Development of foundry technology and manufacturing of "pilot" casting "Gearbox" The PD-14 product. Alloy AK7ch. Dimensions 925 x 365 x 130. General wall thickness is 4 mm.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛОПАТОК КВД И ТНД ИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА TI-AL

**Белов В.Д. Павлинич С.П., Белов Н.А., Колтыгин А.В., Фадеев А.В.
НИТУ «МИСиС», УГАТУ**

Разработка технологии получения отливок лопаток ГТД:

1. Лопатка КВД
2. Лопатка ТНД

На установке плавки и центробежного литья CONSARC.
по технологии литья по выплавляемым моделям.

DEVELOPMENT OF TI-AL INTERMETALLIC COMPOUND HPC AND THE LPT BLADES CASTING TECHNOLOGY

**Belov VD Pavlinich SP, Belov NA, Koltygin AV, Fadeev AV
NUST "MISA" USATU**

Development of gas turbine engine blades casting technology

1. HPC blade
2. LPT blade

Investment casting on melt-casting centrifugal system CONSARC

МЕТОД ПОСЛОЙНОЙ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА (ПЛА) И НАНОРАЗМЕРНОГО ГИДРОКСИАПАТИТА (ГАП)

**С.Д. Калошкин, А.Сенатов
НИТУ «МИСиС»**

Методом послойной 3D-печати по созданной компьютерной модели получены биорезорбируемые конструкции на основе полилактида (ПЛА) и наноразмерного гидроксиапатита (ГАП) для заселения мультипотентными мезенхимальными стромальными клетками для замещения дефектов слабонагруженных участков костей размером 3-5 см³. Композиционную нить для 3D-печати получали методом шнековой экструзии. Разработанные конструкции имеют рельефную поверхность, пористость более 30 % об., а средний размер пор - 500 мкм, что может обеспечить адгезию и пролиферацию клеток. Наличие биоактивной нанокерамики может улучшить остеоинтеграцию. Продемонстрировано наличие эффекта памяти формы у разработанных конструкций, что позволяет расширить область применения в качестве «самоустанавливающихся» имплантатов. Такие полимерные конструкции могут выдерживать до 3 циклов сжатие-нагрев-сжатие без расслоения. Восстановление формы составляет 98%.

3D-PRINTING FOR OBTAINING POLYLACTIDE (PLA) / 15 % WT. HYDROXYAPATITE (HA) POROUS SCAFFOLDS WITH PRE-MODELLED STRUCTURE

**S.Kaloshkin, F.Senatov
MISIS**

Poly lactide (PLA) / 15 % wt. hydroxyapatite (HA) porous scaffolds with pre-modelled structure were obtained by 3D-printing by fused filament fabrication for the introduction of multipotent mesenchymal stromal cells to replace bone defects of lightly loaded areas with size of 3-5 cm³. Composite filament was obtained by extrusion. The developed constructions are textured surface, a porosity of 30 vol.%, And the average pore size - 500 microns, which can provide adhesion and cell proliferation. The presence of bioactive nanoceramics can improve osseointegration. Shape memory effect (SME) of such constructions was observed. SME during heating may resulted in "self-healing" of scaffold by narrowing the cracks. PLA/HA 3D-scaffolds may withstand up to 3 compression-heating-compression cycles without delamination. It was shown that PLA/15%HA porous scaffold obtained by 3D-printing with shape recovery of 98 % may be used as self-fitting implant for small bone defects replacement due to appearance of SME.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОАО "НПО "САТУРН"

**Максим М.Ф., Федосеев Д.В.
ОАО "НПО "САТУРН"**

Внедрение аддитивных технологий в производство на НПО «Сатурн» началось более десяти лет назад, с применения стереолитографии при изготовлении форм для литья по выжигаемым моделям, изготовления стереолитографических моделей опытных деталей для проведения газодинамических и гидравлических испытаний и т.д. Это позволило существенно сократить сроки и затраты на производство деталей газотурбинных двигателей (далее ГТД) - не требовалась дополнительная оснастка для изготовления пресс-форм. В 2000-е годы аддитивные технологии бурно развивались, продолжительное время заняло изучение оборудования, представленного на рынке, и его технологических возможностей. В итоге был сформирован перечень оборудования, который необходим НПО «Сатурн» для комплексного внедрения аддитивных технологий в производство опытных и серийных деталей ГТД. В 2014 году на территории опытного завода НПО «Сатурн» был построен производственно-лабораторный корпус, в котором, на площадях около 700 м², располагалась лаборатория аддитивных технологий (далее ЛАТ) НПО «Сатурн», где были собраны самые современные и востребованные направления аддитивных технологий.

ЛАТ НПО «Сатурн» оснащена следующим технологическим оборудованием послыного синтеза:

- установка селективного лазерного сплавления металлов EOS M280;
- установка селективного лазерного сплавления металлов и спекания керамики PHENIX SYSTEMS PM250;

- установка селективного лазерного спекания полимерных порошковых материалов EOS EOSINT P760;
- установка электронно-лучевого сплавления металлов ARCAM EBM A2;
- установка прямого нанесения металла OPTOMECH LENS 850R;
- стереолитографическая установка 3D SYSTEMS SLA 7000;
- стереолитографическая установка ЛС-350;
- 3D принтер OBJET EDEN 350.

Практическое применение аддитивных технологий при изготовлении функциональных деталей на ОАО "НПО "Сатурн", на примере модифицированного сегмента жаровой трубы ГТД 110 изготовленного из CoCrMo суперсплава на установке селективного лазерного сплавления EOS EOSINT M280. Детали, изготовленные селективным лазерным плавлением из порошкового материала на основе жаропрочных кобальтовых сплавов, имеют высокие механические свойства при высоких температурах и обладают хорошей износостойкостью и коррозионной стойкостью. В качестве исходного материала для изготовления опытных образцов и деталей был выбран порошок из жаропрочного сплава CoCrMo, полученный газовой атомизацией. Химический и гранулометрический состав исследуемого порошка определялся при помощи растрового электронного микроскопа Inspect S50. Определение механических свойств образцов осуществлялось на электромеханической машине для испытаний на кратковременную прочность Tinius Olsen (UK), замеры шероховатости, построение профилограммы поверхности, замеры геометрических параметров производились на лазерном 3D микроскопе (LEXT 3D MEASURING LASER MICROSCOPE) OLYMPUS OLS4000. Анализ геометрии деталей проводился на бесконтактной оптической измерительной системе ATOS II SO. Поиск оптимальных параметров процесса селективного лазерного сплавления (мощность лазерного излучения, защитная атмосфера, толщина порошкового слоя, скорость сканирования, диаметр пятна лазера, расстояние между соседними векторами, тип стратегии сканирования), изготовление опытных образцов и деталей осуществлялось на установке EOS EOSINT M280.

Установка оснащена иттербиевым волоконным лазером с максимальной выходной мощностью 400 Вт, длиной волны 1070 нм, возможностью непрерывного режима работы, и двухосевым сканатором, позволяющим варьировать скорость сканирования лазерным излучением (далее скорость сканирования) с возможностью регулировки диаметра лазерного пятна. Установка имеет возможность создания защитной атмосферы (аргонной, азотной и др.) и нагрева рабочего пространства до температуры 100 °С. Имеет рабочую зону 250x250x320 мм.

Результаты гранулометрического анализа показали, что для исследуемого порошка распределение частиц по размерам соответствует нормальному закону. Частицы порошка обладают высоким показателем сферичности и низким значением неровности, что необходимо для нанесения равномерного и однородного слоя с максимально возможной плотностью упаковки (Рис.1).

Неравновесная структура сплава, представленная пересыщенным твердым раствором на основе гексагональной низкотемпературной и кубической высокотемпературной модификаций кобальта, может быть объяснена высокой скоростью охлаждения в присутствии легирующих компонентов (хром и молибден). После термообработки в вакууме резко изменяется структура сплава, снимаются внутренние напряжения. Термообработка приводит к образованию в сплаве трехфазной структуры: основы сплава, состоящей из твердого раствора хрома и молибдена в кобальте с кубической элементарной гранецентрированной ячейкой, сложного карбида и фазы, соответствующей твердому раствору на основе гексагональной модификации кобальта.

На Рис.3 представлены кольцевые образцы наружным диаметром 48 мм и толщиной стенки 4 мм, для исследования влияния режимов термообработки на внутренние напряжения возникающие в процессе селективного лазерного сплавления.

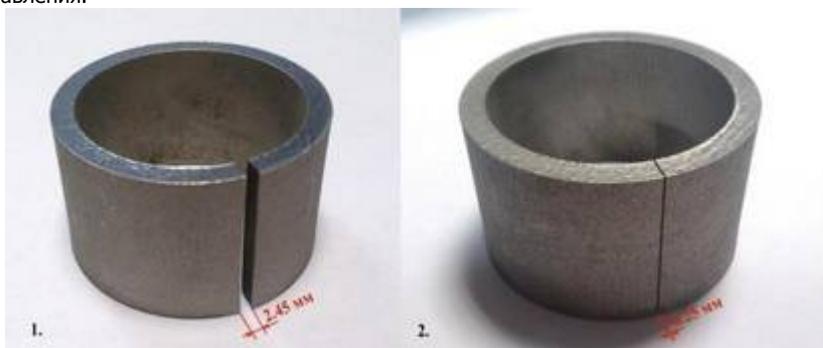


Рис. 3. Кольцевые образцы из CoCrMo для анализа влияния режимов термообработки для снятия внутренних напряжений

Первый образец без термообработки, второй образец прошел термообработку в течение двух часов в вакууме. На стенке образцов был сделан пропил на электроэрозионной установке (ширина реза 0,25 мм) по направлению "вырачивания". Образцы наглядно показывают, какие значительные внутренние напряжения возникают в деталях получаемых селективным лазерным сплавлением, и как влияет последующая термообработка на снятие напряжений.

Механические характеристики исследованных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Механические характеристики образцов изготовленных из CoCrMo селективным лазерным сплавлением.

Характеристика	Образцы без термообработки	Образцы после термообработки
$\sigma_{в}, \text{кг/мм}^2$	131,0	122,0
$\sigma_{0,2}, \text{кг/мм}^2$	112,0	79,0
$\delta, \%$	24,8	40,6
$\psi, \%$	22,7	28,6

Специалистами ОАО «НПО «Сатурн» выполнена опытная работа по изготовлению модифицированных сегментов жаровой трубы ГТД-110 из перспективного жаропрочного сплава CoCrMo методом послойного лазерного синтеза на установке EOSINT M280 с целью проведения стендовых испытаний в составе опытного одnogорелочного отсека.

Изготовление сегмента жаровой трубы по классической технологии (точение из прутка) достаточно трудоемкий процесс. Альтернативный способ получения изделия "сегмент жаровой трубы" методом селективного лазерного сплавления позволил сократить цикл изготовления и снизить трудоемкость последующей механической обработки.

Важным фактором являлся выбор материала. Ранее, сегменты жаровой трубы изготавливались из материала ЭП648 с рабочей температурой 1000⁰С. Изготовление сегментов выполнялось из жаропрочного сплава CoCrMo, который обладает лучшими прочностными характеристиками, высокой коррозионной стойкостью и имеет рабочую температуру 1150⁰С, что в перспективе позволяет увеличить ресурс деталей камеры сгорания или сократить затраты воздуха на охлаждение жаровой трубы и потенциально увеличить до 3% КПД ГТД.

По разработанной CAD модели оптимизированной для изготовления селективным лазерным сплавлением и отработанных на образцах, оптимальных технологических параметрах селективного лазерного (Рис. 4) с местными минимально необходимыми припусками на механообработку.



Рис. 4. Заготовка одиночного сегмента изготовленная селективным лазерным сплавлением металлопорошковой композиции CoCrMo.

Данный вариант изготовления заготовки сегмента не удовлетворял требованиям по геометрическим отклонениям (Рис. 5). Внутренние напряжения, возникающие при изготовлении детали селективным лазерным сплавлением, приводили к короблению изготавливаемой заготовки до 0.5 мм.

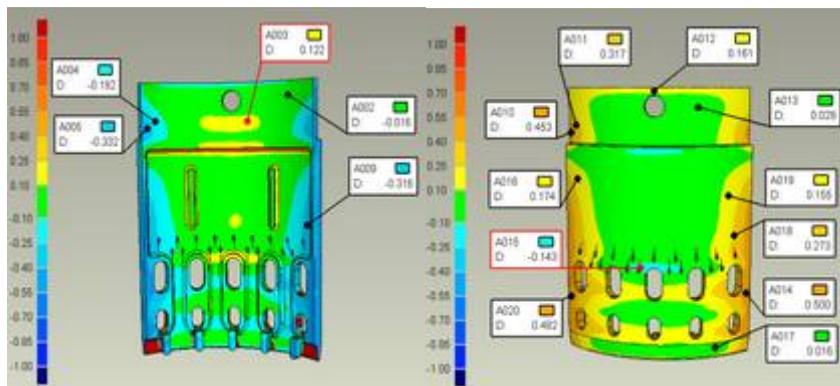


Рис. 5. Анализ геометрических отклонений заготовки одиночного сегмента вызванных внутренними напряжениями, возникающими в процессе селективного лазерного сплавления

С целью минимизации влияния внутренних напряжений на геометрию, а также для увеличения технологичности последующей механообработки была разработана CAD модель кольцевой заготовки включающей в себя четыре сегмента (Рис. 6)



Рис.6. Доработанная CAD модель заготовки сегментов жаровой трубы.

Заготовка была изготовлена селективным лазерным сплавлением, проведена термическая обработка. Проведенный анализ геометрических искажений подтвердил полное соответствие заготовки требованиям конструкторской документации (Рис. 7). Последующим технологическими операциями была механообработка и электроэрозионная разделка на сегменты. Механообработка проводилась по стандартной технологии, с подбором твердосплавных режущих пластин на основе карбида вольфрама с различным процентным соотношением связующего (ВК8, ВК10, ВК10ХОМ), и определением оптимальной скорости подачи режущего инструмента на образцах различных конфигураций. Окончательная обработка производилась резцами с твердосплавной пластиной марки ВК8. Количество шифров применяемого инструмента и оснастки при обработке снижено на 11 единиц.

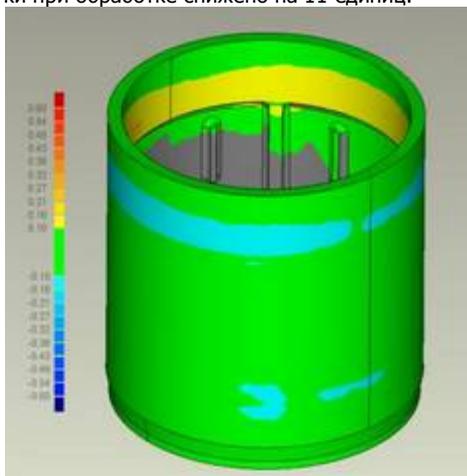


Рис. 7. Анализ геометрических отклонений изготовленной заготовки после термической обработки.

В настоящее время проведены стендовые испытания сегментов жаровой трубы ГТД-110 в составе одnogорелочного отсека ведется подготовка к натурным испытаниям в составе изделия (Рис. 8).



Рис. 8. Препарированный сегмент перед сборкой в отсек.

Сравнительный анализ технологии получения заготовки путем послойного лазерного сплавления металлического порошка с последующей механообработкой и стандартной технологии изготовления сегмента жаровой трубы из прутка точением на обрабатывающих центрах, показал значительное сокращение (более чем в 5 раз) цикла изготовления, сокращение номенклатуры и использования режущего инструмента, увеличение КИМ с 0,08 до 0,9. По результатам экономических расчетов себестоимостей деталей, полученных селективным лазерным сплавлением ниже на 26%.

THE INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Fedorov M.M., Fedoseev D.V.
"NPO" Saturn "

The introduction of additive technologies in production on "Saturn" began over a decade ago, with the use of stereolithography in the manufacture of molds for investment casting models made stereolithography models experienced parts for gas-dynamic and hydraulic tests, etc. This will significantly reduce the time and cost of producing components of gas turbine engines (the CCD) - no additional accessories required for the manufacture of molds. In the 2000s, additive technology developed rapidly, took a long time study of the equipment available on the market, and its technological capabilities. The result was, a list of equipment that is needed "Saturn" for the comprehensive implementation of additive technologies in production and experimental production of details GTD. In 2014, the territory of the pilot plant "Saturn" was built production and

laboratory building, in which an area of about 700 m² situated Laboratory additive technologies (hereinafter LAT) "Saturn", where they were collected the most modern and popular areas of additive technologies .

LAT "Saturn" is equipped with the following layered fusion process equipment:

- Installation of selective laser melting of metals EOS M280;
- Installation of selective laser melting of metals and ceramics sintering PHENIX SYSTEMS PM250;
- Installation of selective laser sintering of polymer powder materials EOS EOSINT P760;
- Installation of electron-beam weld metal ARCAM EBM A2;
- Set up a direct metal deposition OPTOMECH LENS 850R;
- Installation of stereolithography 3D SYSTEMS SLA 7000;
- Installation of stereolithography PM-350;
- 3D printer OBJET EDEN 350.

Practical application of additive technology in the manufacture of functional parts in the "NPO" Saturn ", the example of the modified segment of the flame tube made of GTE 110 CoCrMo superalloy installation of selective laser melting EOS EOSINT M280. Parts made by selective laser melting of the particulate material based on heat-resistant cobalt alloys have excellent mechanical properties at high temperatures and have good wear resistance and corrosion resistance. The starting material for the production of prototypes and selected parts of the superalloy powder CoCrMo, the resulting gas atomization. The chemical composition and particle size distribution of the test powder was determined using a scanning electron microscope Inspect S50. Determination of mechanical properties of the samples was carried out on an electromechanical machine to test short-term strength of the Tinius Olsen (UK), roughness measurements, building profilograms surface measurements made on the geometric parameters lezernom 3D microscope (LEXT 3D MEASURING LASER MICROSCOPE) OLYMPUS OLS4000. Analysis was conducted on the geometry of the parts-contact optical measuring system ATOS II SO. Search of optimum parameters of the selective laser melting (laser power, the protective atmosphere, the thickness of the powder layer, scanning speed, spot size of the laser, the distance between adjacent vectors strategy type scanning), and prototyping of parts in a setup EOS EOSINT M280.

Installation is equipped with fiber laser with a maximum output power of 400 W, a wavelength of 1070 nm, the possibility of continuous operation, and the dual-axis Coordinate Scanning Devices, which allows to vary the speed of the laser scanning study (the scanning speed) c possibility of adjusting the diameter of the laser spot. The machine has the ability to create a protecting atmosphere (argon, nitrogen and others.) And heating of the working space to a temperature of 100 ° C. It has the work area 250x250x320 mm.

The results of particle size analysis showed that the test of the powder particle size distribution corresponds to the normal law. The powder particles have a high sphericity index and a low roughness value, it is necessary to apply a uniform and homogeneous layer with the greatest possible packing density (Fig.1).

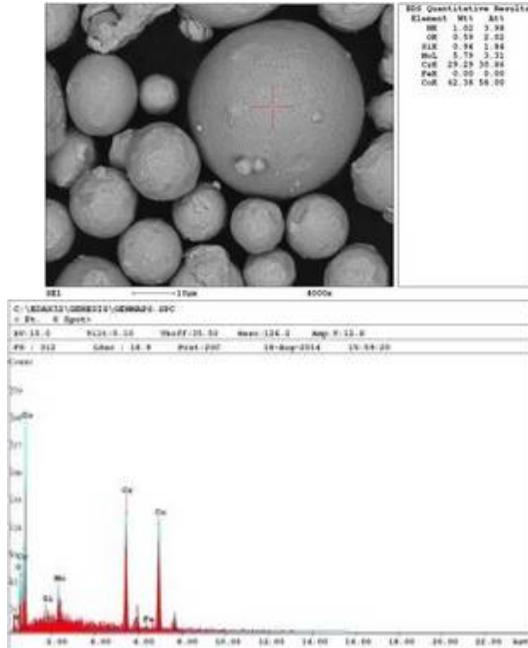


Fig.1. The surface morphology and chemical composition of the powder particles CoCrMo.

In optimal parameters were produced prototypes, a number of studies. The values of dimensional accuracy, surface roughness, density of test samples. The prototypes have a dense structure (Figure 2), pores and voids are practically absent, confirming the correctness of the choice of optimal technological parameters of selective laser melting.

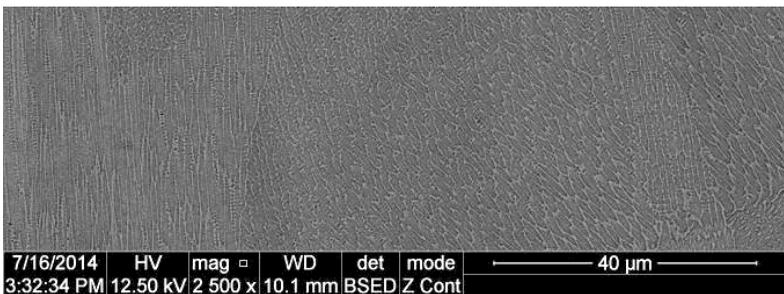
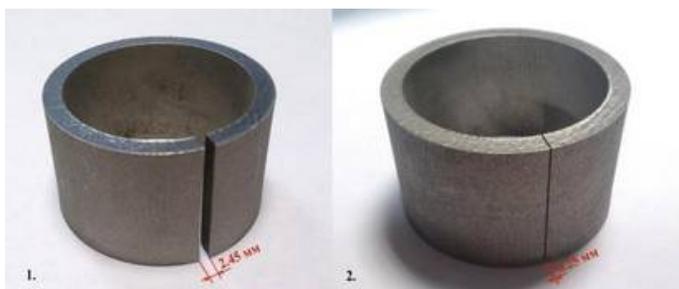


Fig. 2. Microstructure of prototypes

Analysis of the alloy after selective laser fusion showed that the alloy structure consists of a supersaturated solid solution based on the low-temperature hexagonal and cubic modifications high cobalt. Non-equilibrium structure of the alloy represented by supersaturated solid solution on the basis of low-temperature hexagonal and cubic high-

temperature modifications of cobalt, can be explained by a high rate of cooling in the presence of alloying elements (chromium and molybdenum). After heat treatment in vacuum dramatically changes the structure of the alloy, the internal stresses are removed. The heat treatment leads to the formation of a three-phase structure of the alloy: the alloy base, consisting of a solid solution of chromium and molybdenum in cobalt with a face-centered cubic unit cell, and a composite carbide phase corresponding to a solid solution based on hexagonal cobalt.

Figure 3 shows on ring samples outer diameter of 48 mm and a wall thickness of 4 mm, for the study on the effect of heat treatment on the internal stresses arising during selective laser melting.



The first sample without heat treatment, a second sample was heat-treated for two hours in vacuum. On the wall of the sample was made on EDM propyl installation (cutting width 0.25 mm) in the direction of "growing." Samples clearly show any significant internal stresses occur in the details obtained by selective laser fusion, and how it affects the subsequent heat treatment on stress relief.

Mechanical characteristics of the samples studied are presented in Table 1.

Table 1.

Mechanical properties of samples made of CoCrMo selective laser fusion.

Characteristics	The samples without heat treatment	The samples after heat treatment
$\sigma_B, \text{ кг/мм}^2$	131,0	122,0
$\sigma_{0.2}, \text{ кг/мм}^2$	112,0	79,0
$\delta, \%$	24,8	40,6
$\Psi, \%$	22,7	28,6

The specialists of JSC "NPO" Saturn "performed experimental work on the production of modified segments of the flame tube GTD-110 from the perspective of superalloy

CoCrMo by layering laser synthesis installation EOSINT M280 to conduct test bench of experienced odnogorelochnogo compartment.

Manufacturing segment header pipe according to classical technology (turning from bar) is sufficient time-consuming process. An alternative method of producing "a segment of the flame tube" method of selective laser melting has reduced the production cycle and reduce the complexity of subsequent machining.

An important factor is the choice of material. Earlier, the flame tube segments made of a material with EP648 operating temperature 10000S. Manufacturing segment provides a heat resistant alloy CoCrMo, which has better strength properties, high corrosion resistance, and has a working temperature 11500S, potentially increase the resource to allow parts of the combustion chamber or to reduce the costs of air for cooling the flame tube and potentially increase up to 3% efficiency turbine engine.

In developed CAD model, optimized for the production of a selective laser fusion and waste samples, optimal technological parameters of selective laser (Fig. 4) with the local minimum necessary allowances for machining.



Fig. 4. Harvesting single segment produced by selective laser fusion of metal-powder composition CoCrMo.

This option preform manufacturing segment did not satisfy the requirements for geometric deviations (Fig. 5). The internal stresses arising in the manufacture of parts of selective laser fusion, leading to warping manufactured blanks up to 0.5 mm.

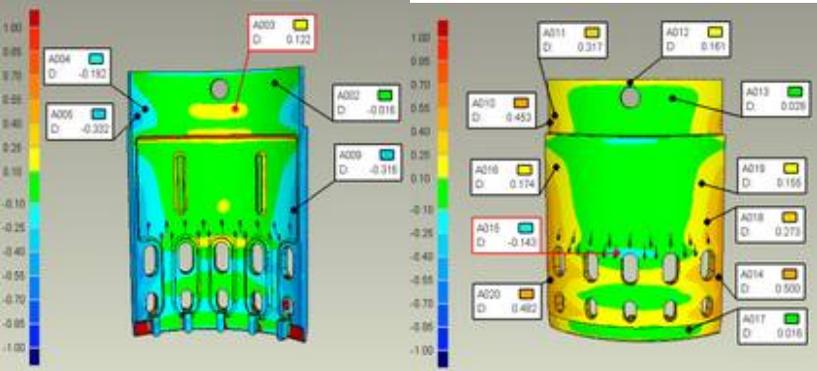


Fig. 5. Analysis of the geometrical deviations of a single segment of the workpiece caused by internal stresses arising in the process of selective laser melting

To minimize the influence of the internal stresses on the geometry, as well as to increase the processability subsequent machining was developed CAD model of the ring blank includes four segments (Fig. 6)



Figure 6. Modified CAD Models blank header pipe segments.

The blank was made by selective laser fusion, thermal treatment carried out. The analysis of geometric distortion has confirmed full compliance with the requirements of the design documentation workpiece (Fig. 7). The subsequent process steps were machining and EDM cutting into segments. Machining carried out by the standard technology, with the selection of carbide inserts based on tungsten carbide with varying percentages of binder (VK8, VK10, VK10HOM), and the determination of the optimal flow rate of the cutting tool on samples of different configurations. Finishing made cutters with carbide inserts VK8 brand. Number codes used tools and equipment during processing is reduced by 11 units.

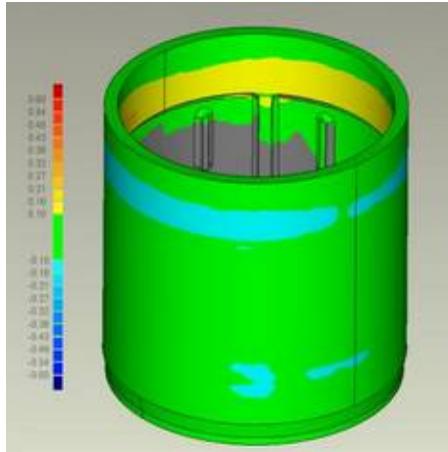


Fig. 7. Analysis of geometrical deviations preform after heat treatment.

Currently conducted bench tests of the flame tube segments GTD-110 as part of one of the burner compartment is preparing for full-scale tests as part of the product (Fig. 8).



Fig. 8. The prepared segment prior to assembly into the bay.

Comparative analysis of the technology of harvesting by layering laser alloying metal powder with further machining, and standard technology for manufacturing segments flame tube of bar turning machining centers, showed a significant reduction (more than 5 times) manufacturing cycle, reducing range and the use of cutting tools, increasing KIM from 0.08 to 0.9. As a result of the economic calculation of the cost of parts produced by selective laser fusion below 26%.

ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ «ПРЯМОГО ПРОИЗВОДСТВА» В РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ОПЫТ ФГБОУ УГАТУ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Смирнов В.В., Барзали В.В., Ладнов П.В
**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический
университет» (УГАТУ) Кафедра «Машин и технологий литейного
производства» (МитЛП)**

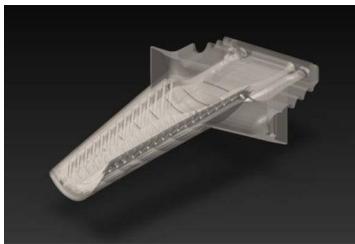
На сегодняшний день в УГАТУ на кафедре МитЛП ведется активная работа по отработке и внедрению принципов «прямого аддитивного производства» для получения сложнопрофильных тонкостенных изделий авиационной промышленности. Сотрудниками кафедры были выполнены работы по получению характерных изделий типа «Лопатка ГТД», «Корпус», «Патрубок» и др. (Рис.8,9).

Изделие "Корпус" (Рис.8а) показывает технологическую возможность изготовления функционального сложнопрофильного, разнотолщинного изделия.

Изделие «Лопатка ГТД» (Рис.8б) имеет крайне сложную геометрию за счет наличия развитой сети тонких каналов охлаждения и весьма малой приведенной толщины стенки, однако, при получении данного изделия был получен положительный результат.



а



б

Рис.8. Разработанные объемные математические модели деталей «Корпус» (а) и «Лопатка ГТД» (б)

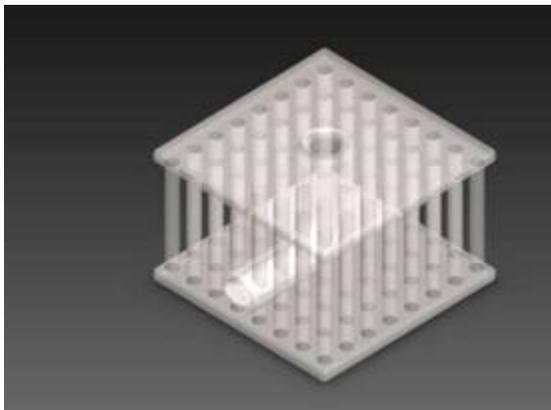


Рис.9. Разработанная объемная математическая модель детали «Патрубок»

Изделие «Патрубок» (Рис.9) представляет собой попытку создания элемента упрощенной бионической легковесной конструкции с внедренным в тело изделия участком трубопровода оптимального сечения.

Возможности оборудования кафедры МИТЛП позволяют получать изделия из таких материалов как: нержавеющая сталь, никелевые жаропрочные сплавы типа «Inconel», титановые сплавы типа ВТ 6. Минимальная возможная толщина стенки изделий при этом составляет 0,35 мм.

Кроме того, на кафедре проводятся работы по определению механических свойств стандартных образцов, полученных методом послойного синтеза из металлических порошков вышеуказанных материалов.

Подводя итоги следует сказать, что несмотря на все преимущества аддитивных технологий, существуют довольно серьезные проблемы развития данной отрасли в России. Так, оборудование, работающее на принципах послойного синтеза, производится в странах Европы и США, а основную прибыль компании имеют не с продажи самого оборудования, а с поставок расходных материалов к нему. В связи с этим очевидно, что ключевой задачей ближайшего времени является создание в России сопутствующих производств, выпускающих расходные рабочие материалы для аддитивных машин конкурентоспособного качества, с целью ограничить использование зарубежных материалов, а также вести работы по созданию собственной линейки новых аддитивных машин.

Для внедрения данных технологических принципов непосредственно в промышленное производство представляется необходимым создание комплексных участков послойного синтеза изделий, включающий полный цикл производства: от металлических порошков и полимерных материалов до конкретного работоспособного изделия.

EXPERIENCE OF ADDITIVE MANUFACTURING IN UFA STATE AVIATION TECHNICAL UNIVERSITY

Smirnov V.V., Barzali V.V., Ladnov P.V.

To date, the Ural University is actively working on and implementation of the principles of direct additive manufacturing for thin-walled composite products of the aviation industry. Employees of the Department were carried out to obtain the characteristic products of type "the Blade GTD", "Corps", "Tube", etc. (Figure 8.9).

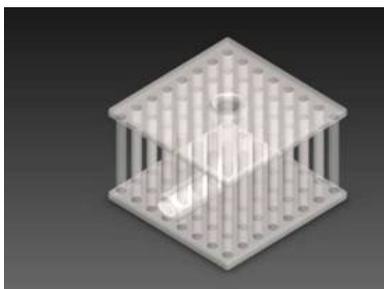
Product "Corps" (fig. 8A) shows the technological possibility of producing functional hard profile, thickness of the product.

Product "GTD" Blade (fig. 8B) is extremely complex geometry due to the developed network of thin cooling channels and a very low given wall thickness, however, upon receipt of this product was obtained a positive result.



Figure 8. The developed mathematical models of three-dimensional parts "Corps" (a) and "The blade GTD" (b)

Fig. 9. mathematical model of volumetric details "Tube"



Product "Tube" (fig. 9) is an attempt to create a lightweight Bionic construction with embedded in the body of the product pipeline plot optimum section.

Hardware capabilities of the Department to produce the products from materials such as stainless steel, nickel-based heat-resistant alloys type Inconel, titanium alloys types WT 6. Minimum wall thickness possible products is 0.35 mm.

In addition, the Department provides the identification of mechanical properties of standard specimens received by the layer of synthesis of metallic powders of the above materials.

Summing up, it should be said that in spite of all advantages of additive technologies, there are serious problems of development of the industry in Russia. So, equipment operating on the principles of the laminate synthesis is carried out in Europe and the United States, and the main profit companies have not sold the equipment and consumables supplies to it. In this regard, it is clear that a key task for the nearest time is to create in Russia related industries producing consumable materials for additive machine competitive quality, with a view to limiting the use of foreign materials and to work to create their own range of new additive machines.

To embed data technological principles directly in manufacturing, it seems necessary to create complex sites layer-wise synthesis products, including a full production cycle: from powdered metal and polymeric materials to specific healthy products.

ПНЕВМОВАКУУМНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР ЖИДКОСТЕЙ

**Чернышев А.В., Борисов Ю.А., Орлов С.А, Друца В.Л.
МГТУ им.Баумана**

Концентратор жидкостей предназначен для повышения процентного содержания полезного вещества (ДНК, высокомолекулярный соединений и т.д.) в общем объеме пробы. Принцип действия основан на эффекте повышения скорости испарения при увеличении градиента концентрации пара. Поток очищенного воздуха или газа направляется через кольцевые каналы в пробирку, тем самым интенсивно удаляя



пары жидкости от межфазной границы, а полученная парогазовая смесь удаляется из устройства. Установка не требует использования сжатого газа в баллонах, при соблюдении правил эксплуатации отсутствует вероятность перекрестного загрязнения образцов.

Патент: Микроупариватель, №149825РФ, приоритет от 25.07.2014.

Комплектация: Автономное

использование или на базе твердотельного термостатирующего устройства для подогрева пробирок;

Максимальная потребляемая мощность: При автономном использовании 100Вт; При использовании с термостатом 500Вт (с учетом мощности термостата);

Вместимость: 16 пробирок

Объем пробирок: 2мл

Габариты: 255мм*170мм*110мм без термостата и 255мм*170мм*180мм с термостатом;

PNEUMATIC VACUUM CONCENTRATOR LIQUIDS

**Y.A. Borisov, A.V. Chernyshov, S.A. Orlov, V.L. Drutsa;
Bauman MSTU**

Description of the development: The concentrator is intended to increase the liquids percentage of useful substance (DNA, high molecular weight compounds, etc.) in a total volume sample. The principle of action is based on the effect of raising the rate of evaporation when increases gradient the vapor concentration. The flow of purified air or gas is directed through channels in a circular tube, thereby rapidly removing the vapors from the liquid phase boundary and the resulting steam-gas mixture is removed from the device. The device does not require the use of compressed bottled gas, in compliance with the rules of operation there is no possibility of cross contamination of samples.

УСТАНОВКА ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ РАСТВОРОВ ДНК

**Чернышев А.В., Пугачук А.С.
МГТУ им.Баумана**

Установка предназначена для проведения этапа пробоподготовки при исследовании ДНК методом ПЦР. Выделение ДНК из первичного раствора производится с помощью связывания молекул ДНК на порошке сорбента в рабочих ячейках установки. При работе имеется возможность регулировки потока рабочей среды и давления в рабочей полости. Имеется возможность использования



различных планшетов сорбции по объему и количеству ячеек. Установка мобильна, защищена патентом Российской Федерации. Работа проведена на основе государственного контракта РФ №114103050023 от 30.10.2014 и при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Технические характеристики:

Габариты 400x300x230, масса 8,5 кг, требуемое напряжение сети 220 В. Количество проб: 1-96, объем проб 0,5-2 мкл, время подготовки проб 25-35 мин. Диапазон давлений в рабочей полости: 0,5-1 бар.

INSTALLATION OF VACUUM SEPARATION OF DNA SOLUTIONS

**Pugachuk A.S., Chernyshev A.V.
Bauman MSTU**

Installation is intended for carrying out a stage of sample preparation at research DNA by the PCR method. Extraction of DNA from primary solution is made by means of binding of molecules of DNA on sorbent powder in working cells of installation. During the work there is a possibility of adjustment of a stream of a working environment and pressure in working area. There is a possibility of use of various devices of sorption on the volume and quantity of cells. Installation is mobile, protected by the patent of the Russian Federation. Work is carried out on the basis of the state contract Russian Federation No. 114103050023 of 30.10.2014 with assistance of Fund of assistance to development of small forms of the enterprises in the scientific and technical sphere.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ/ПЛАВЛЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ РМ-250

**Д.т.н. Русин М.Ю., Д.т.н. Суздальцев Е.И., Зайцев В.С.
ОАО "Обнинское научно-производственное предприятие "Технология", г.
Обнинск Калужской обл., Россия**

В данной статье рассмотрена возможность изготовления изделий из металлического порошка CoCr на установке РМ-250, представлены результаты анализа керамических порошков для определения возможности их использования в качестве материала для изготовления изделий, представлены результаты формирования первого слоя керамических порошков (кварцевый и стеклокерамический) на плите спекания при различных технологических параметрах, исследована возможность спекания лазером установки РМ-250 верхних слоев керамических образцов, исследована возможность использования лазера установки для резки керамических изделий.

THE DEVELOPMENT OF MANUFACTURING TECHNOLOGY SMALL-SIZED PRODUCTS FROM METAL AND CERAMIC POWDERS BY SELECTIVE LASER SINTERING/MELTING AT THE РМ-250 MACHINE

**Rusin M.Y., Suzdaltsev E.I., Zaitcev V.S.
JSC "Obninsk Research and Production Enterprise" Technology ", Obninsk,
Kaluga region., Russia**

In this article, the possibility of manufacture of products from CoCr metal powder on РМ-250 machine was considered, presents the results of analysis of ceramic powders to determine the possibility of use them as a material for the manufacture of products, presents the results of creating a first powder bed from ceramic powders (quartz and

glass) on the sintering plate at various process parameters, investigated the possibility of laser sintering of the upper layers of the ceramic samples on PM-250 machine, investigated the possibility of using a PM-250 machine laser for cutting ceramic products.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Орыщенко А.С., Горынин И.В., Кузнецов П.А., Теленков А.И., Савин В.И.,
Бобырь В.В.**

Россия, Санкт-Петербург, ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»

Представлены возможности применения перспективных аддитивных технологий объемной лазерной наплавки и селективного лазерного спекания в машиностроении с целью создания деталей сложной формы и восстановительного ремонта изношенных элементов изделий различного назначения из металлических порошковых материалов. Показаны возможности технологической цепочки от производства металлических порошков до создания готовых покрытий и изделий на базе единого комплекса.

ADDITIVE TECHNOLOGY BASED ON THE COMPOSITE POWDER MATERIALS

**Oryshenko A.S., Gorynin I.V., Kuznetsov P.A.,
Telenkov A.I., Savin V.I., Bobyr V.V.
Russia, St. Petersburg, Federal State Unitary Enterprise "Central Research
Institute" Prometey "**

Possibilities of using in engineering the advanced additive technology of volumetric laser cladding and selective laser sintering for complex parts creating and worn elements reconditioning of various purposes products from metal powder materials are presented.

The possibilities of the technological chain from production of metal powders to finished coatings and products creating based on a single set.

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

**Туричин Г.А., Земляков Е.В.
"Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"**

Сложные конструктивные элементы, обеспечивающие требуемые гидро- и газодинамические характеристики, изготавливаются методом прямого лазерного выращивания. Основа, выполняющая роль несущей конструкции, относительно несложная по геометрии, изготавливается методом литья.

При таком подходе сохраняются преимущества литейной технологии, в первую очередь надежность, и технологии прямого лазерного выращивания, когда можно быстро вырастить любую геометрию изделия без ограничения и максимально воплотить замыслы конструкторов. Использование комбинированной технологии на основе литья и прямого лазерного выращивания позволяет дополнительно повысить производительность изготовления сложнопрофильных конструкций в 2-3 раза при сохранении заданных эксплуатационных свойств.

Установлено, что структура литого материала и материала выращенной части при правильном выборе режима выращивания способны обеспечить формирование переходной зоны с заданными свойствами. В переходной зоне и в зоне выращивания, как показывают эксперименты, сохраняется также характерный размер структурных элементов, определяемый размерами частиц порошка. При этом пористость в переходной и выращенной частях не превышает 1%.

HIGH-SPEED LASER TECHNOLOGY CULTIVATION OF ENGINE COMPONENTS

**Turichin G., Zemlyakov E.
"St. Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great"**

Complex structural elements which ensure the required hydraulic and hydrodynamic characteristics, are manufactured by direct laser cultivation. The foundation performs the role of a supporting structure, relatively simple geometry, is manufactured by casting.

Such an approach benefits remain foundry technology, primarily reliability, and direct laser technology of cultivation, when you can quickly grow any geometry of the product without limitations and maximum embody ideas of designers. The use of combination technology based on injection moulding and cultivation of direct laser makes it possible to improve the performance of manufacturing composite structures in 2-3 times when you save the specified performance level.

Found that the structure of the cast material and material cultivated parts with the right growing regime capable of forming a transition zone with the specified properties. In the transitional zone and in the zone of cultivation, as shown by experiments, there is also the characteristic structural elements of size determined by the sizes of particles of a powder. While porosity in the transitional and cultivated parts does not exceed 1%.

МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Королев В.А.
ФГУП «ВИАМ»**

Одним из условий, обеспечивающих широкое внедрение аддитивных технологий в российскую промышленность, является использование отечественных материалов. Создание новых материалов для аддитивного производства заключается не только в разработке технологии изготовления порошковых композиций, но и в подборе параметров синтеза и постобработки, обеспечивающих требуемое качество деталей. В области аддитивного производства ФГУП «ВИАМ» обладает компетенциями по разработке технологий изготовления металлопорошковых композиций, селективного лазерного сплавления, горячей изостатической и термической обработки, а также общей квалификации (паспортизации) материалов. На базе ФГУП «ВИАМ» создано аддитивное производство полного цикла, включающее выплавку шихтовой заготовки, получение порошков сплавов методом атомизации, газодинамическую сепарацию и рассев, селективное лазерное сплавление, газостатическую и термическую обработку, испытания и контроль.

METAL POWDER COMPOSITIONS FOR ADDITIVE MANUFACTURING

**Korolev V.A.
Federal State Unitary Enterprise VIAM**

One of the conditions for a broad introduction of additive technologies to the Russian industry is the use of local materials. The creation of new materials for additive manufacturing is not only the development of technology of powder compositions, but also in the selection of synthesis parameters and post-processing, providing the required quality parts. In the additive manufacturing FSUE "VIAM" has the competence to develop technologies to manufacture metal-powder composition, selective laser melting, HIP and heat treatment and qualification (certification) materials. On the base of FSUE "VIAM" was created full-cycle additive manufacturing, including smelting alloys, producing powders by atomization, gas-dynamic separation and sieving, selective laser melting, HIP and heat treatment, testing and control.