

«Исследование, разработка и внедрение в производство технологии изготовления литьём по выплавляемым моделям лопаток газотурбинных авиационных двигателей из интерметаллидного сплава системы Ti-Al».

Цель проекта – разработка и внедрение на ПАО «УМПО» технологического процесса изготовления литьём по выплавляемым моделям лопаток газотурбинных авиационных двигателей из интерметаллидного сплава системы Ti-Al.

Конструктора авиационных двигателей всегда стремились и будут стремиться к уменьшению массы двигателя с целью повышения их тяговесовых характеристик. В последние годы учёными всего мира в большом количестве уже проведены и активно продолжают проводиться работы в этом направлении, в частности за счёт снижения массы лопаток компрессора высокого давления (КВД) и турбины низкого давления (ТНД). При этом в настоящее время среди специалистов и учёных широко обсуждается вопрос изготовления этих лопаток методом литья из интерметаллидных сплавов на основе титана.

Перспективность этого направления очевидна и объясняется тем, что не только без снижения эксплуатационных характеристик двигателя, а даже с повышением некоторых из них, массу газотурбинных литых лопаток в нём можно сократить более чем в 2 раза за счёт замены сплава на основе никеля, который традиционно идёт на их изготовление, на титановый сплав системы Ti-Al. Из литературы известно, что в мире уже есть опыт применения таких лопаток в авиационных двигателях. Однако в России, после распада СССР, не проводилось активных работ по разработке литейных титановых интерметаллидных сплавов системы Ti-Al и технологиях их применения для изготовления газотурбинных лопаток. Реализация данного проекта позволила впервые в России в производственных условиях ПАО «УМПО» изготовить лопатки КВД и ТНД двигателя ПД14 из интерметаллидного титан-алюминиевого сплава.

В ходе выполнения проекта разработан и внедрён в производство на ПАО «УМПО» комплексный технологический процесс изготовления этих лопаток из титанового сплава TNM-B1 на базе литья по выплавляемым моделям.

Разработка технологического процесса базировалась на результатах предварительного моделирования структуры сплава в отливках с помощью программы TermoCalc и процессов заполнения интерметаллидным титановым расплавом литейной формы и затвердевания отливки «Лопатка» с помощью программ ProCast и Полигон.

Для получения достоверных результатов моделирования для сплава TNM-B1 был определён интервал кристаллизации, который составил 76°C ($t_{\text{лик}}=1637^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{сол}}=1561^{\circ}\text{C}$); уточнены тепловые свойства материалов огнеупорной оболочки; экспериментально определены в зависимости от температуры нагрева плотность, теплоёмкость и температуропроводность сплава; исследована структура сплава, находящегося в контакте с материалом литейной формы; проведён расчёт устойчивости оксидов по отношению к интерметаллидному сплаву. Достоверность полученных данных была подтверждена сходимостью результатов рентгеновского анализа отливки «Лопатка» и моделирования процесса её затвердевания с помощью программы ProCast.

Как уже отмечалось выше, опробование и внедрение технологии литья лопаток из сплава TNM-B1 проводилось на ПАО «УМПО» на специально создаваемом для этих целей плавильно-литейном участке. В связи с этим именно под оборудование этого участка была разработана технология литья, сконструирован и изготовлен на базе цифровых технологий весь комплект литейной оснастки и приспособлений.

Созданное производство по изготовлению литых лопаток КВД и ТНД позволит не только комплектовать ими двигатели ПД14, но и применять их в других разрабатываемых, перспективных газотурбинных двигателях.

На основании работ, проведённых в ходе выполнения проекта, была разработана следующая конструкторско-технологическая документация:

- Конструкторская документация на лопатки и пресс-формы - 14 шт.;
- Технологические процессы на изготовление лопаток и литьё - 4 шт.;
- Технологические инструкции на производство и обработку отливок - 5 шт.;
- Технические условия на детали и отливки лопаток - 4 шт.

Результаты научных исследований, полученные в ходе выполнения проекта, отражены в 8-ми статьях, опубликованных в российских журналах, входящих в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных по РИНЦ.

По результатам интеллектуальной деятельности по проекту получен 1 патент RU № 2520250 «Сплав на основе гамма алюминиды титана».

Результаты, полученные в ходе выполнения проекта, были доложены на международных научных семинарах, конференциях и выставках (выступления с докладами; демонстрация реальных материальных литых изделий впервые изготовленных и внедрённых в производство в России), а именно на:

- Форуме стран BRICS по литейному производству: 2014г., Индия, г. Ахмедабад; 2017 г. ЮАР, г. Вадевилль;

- Совещании «Легкие и надежные конструкции» в рамках открытой школы-конференции стран СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы 2014». Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им.С.П.Королева. Место проведения – Уфа, 9-10 октября 2014 г.;

- Ежегодной национальной выставке «ВУЗПРОМЭКСПО – 2014г., 2015г., 2016г. В рамках ВУЗПРОМЭКСПО-2015г. Круглый стол «Корпоративное управление формированием НТЗ, как функцией Проекта-«Авиация 6-го поколения». Спикер. Доклад: «Вклад кооперации высших учебных заведений (НИТУ» МИСиС» - «УГАТУ») в создание высокотехнологичного литейного производства для нужд Российского авиастроения».

- Форуме и выставке «Открытые инновации» Технополис, Москва, 14-16 октября 2014 г.;

- Научно-практической конференции «Проблемы создания и внедрения перспективных материалов в интересах развития системы ВС РФ». Доклад: «Перспективные высокопрочные легкие сплавы и технологии их получения и применения для новых изделий оборонно-промышленного комплекса». 31.03.2016г. Минобороны РФ. Конгрессно-выставочный центр военно-патриотического парка ВС РФ «Патриот», п. Кубинка, Наро-Фоминский р-н, Московская обл.

- Московском международном салоне образования, 12-15 апреля 2017г. Проведение занятия со школьниками на тему: «Как сделать самолет легким»

- в интервью РИАновости: Группа ученых из Национального исследовательского технологического университета "МИСиС" и Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ) разработала инновационные лопатки для двигателей самолетов.

Востребованность результатов данной работы со стороны предприятий авиационного двигателестроения, таких как входящие в состав АО «ОДК» ПАО «УМПО», АО «ММП им. В.В.Черышева, ОАО «ВПК», НПО «Сатурн», ФГУП ММП «Салют», ОАО «ПМЗ», АО «Климов» и др., будет неукоснительно возрастать по мере их отказа от импортозависимости и постепенного перевода всего технологического процесса изготовления лопаток газотурбинных двигателей на российские сплавы, материалы и технологии.

Заведующий кафедрой ЛТиХОМ



В.Д.Белов