

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОВРЕМЕННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
НА ПАО «КУЗНЕЦОВ»**

©2016 А.С. Попов, Д.А. Баранов, И.А. Дяговцов, В.Г. Климов, Е.Ю. Щедрин, А.В. Когтева

Публичное акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

**POSSIBILITIES OF DIRECT GROWING LASER TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING OF MODERN  
GAS TURBINE ENGINES PARTS ON THE JSC «KUZNETSOV»**

Popov A.S., Baranov D.A., Dyagovtsov I.A., Klimov V.G., Shedrin E.Yu., Kogteva A.V.  
(JSC «Kuznetsov», Samara, Russian Federation)

*The article investigates the prospect for implementation of the direct laser growing technology methods of heterophase powder metallurgy production of parts for industrial gas turbine engine NK-36ST.*

Решение задач увеличения ресурса газотурбинного двигателя и одновременного снижения себестоимости его изготовления возможно с применением аддитивного производства – новаторских технологий изготовления и ремонта сложнопрофильных и уникальных деталей с высокой точностью из металлических порошков [1, 2].

Одним из перспективных направлений развития аддитивных технологий является изготовление изделий с градиентными эксплуатационными характеристиками, основанными на физических процессах гетерофазной порошковой металлургии. Наиболее перспективной с этой точки зрения является технология прямого лазерного выращивания, позволяющая одновременно подавать в зону лазерного воздействия порошки с различными свойствами [3].

Актуальность описанного в докладе исследования определена проводимыми в настоящее время совместными работами ПАО «КУЗНЕЦОВ» и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) по проекту «Создание технологии высокоскоростного изготовления деталей и компонентов авиационных двигателей методами гетерофазной порошковой металлургии» в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы».

Суть разрабатываемой технологии состоит в формировании изделия из порошка, подаваемого сжатой газопорошковой струей

непосредственно в зону выращивания, причём газопорошковая струя может быть как коаксиальной, так и не коаксиальной сфокусированному лазерному лучу, обеспечивающему нагрев и частичное плавление порошка и подогрев подложки.

На базе СПбПУ и НИТУ «МИСиС» проведены металлографические исследования и механические испытания выращенных образцов из различных материалов. Результаты испытаний удовлетворительные, при этом есть перспективы совершенствования технологии. Результаты испытаний на разрыв выращенных образцов из никелевого жаропрочного сплава соответствуют уровню прокатанных листовых материалов.

Анализ номенклатуры деталей двигателя НК-36СТ с учётом применимости технологии прямого лазерного выращивания производился по следующим критериям: материал деталей – жаропрочные никелевые сплавы; производство деталей характеризуется высокой трудоёмкостью и длительностью производственного цикла; в связи с большим количеством применяемых в изготовлении «традиционных» технологий (литьё, сварка, механическая обработка, нанесение специальных покрытий, электроэрозионная обработка и пр.) производство деталей сопряжено с высокими затратами на оснастку и логистические процессы. Кроме вышечисленных факторов, при отборе деталей учитывалась также необходимость в изменении конструкции, которое может быть достигнуто с применением аддитивных технологий (т.н. «бионический дизайн») [4].

Анализ экономической эффективности внедрения разрабатываемой технологии производился сравнением себестоимости изготовления отобранных деталей традиционными способами и с применением технологии прямого лазерного выращивания. Расчёт производился исходя из прогнозной программы выпуска двигателей НК-36СТ до 2025 года.

По итогам анализа номенклатуры деталей и узлов двигателя НК-36СТ были отобраны детали (141 наименование), в производстве которых перспективно применение технологии прямого лазерного выращивания методами гетерофазной порошковой металлургии. Среди отобранных деталей присутствуют как малогабаритные детали сложной геометрии, так и крупногабаритные (диаметром до 2000 мм) корпусные узлы.

По результатам произведённого анализа себестоимость изготовления комплекта деталей с применением технологии прямого лазерного выращивания в 3 раза меньше, чем себестоимость существующего производства. При этом трудозатраты за счёт применения разрабатываемой технологии сокращаются в 5,22 раза.

С целью увеличения положительного эффекта от внедрения в производство ПАО

«КУЗНЕЦОВ» разрабатываемой технологии прямого лазерного выращивания необходимо проведение работ по всестороннему исследованию отобранных деталей с целью совершенствования их конструкции путём внедрения принципов бионического дизайна.

#### Библиографический список

1. Туричин Г.А., Земляков Е.В., Поздеева Е.Ю., Туоминен Я., Вуористо П. Технологические возможности лазерной наплавки с использованием мощных волоконных лазеров // МИТОМ №3, 2012. 37 с.
2. Грабченко А.И., Внуков Ю.Н., Доброскок В.Л. и др. Интегрированные генеративные технологии: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. А. И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. 416 с.
3. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2013. 221 с.
4. Латыпов Р.Р., Тереулов Н.Г., Смыслов А.М., Лобанов А.В. Технология лазерной обработки конструкционных и инструментальных материалов в авиадвигателестроении / Под ред. В. Ф. Безъязычного. – М.: Машиностроение, 2007. 240 с.

УДК 539.3:669

## БЕЗОПАСНОЕ УСТАЛОСТНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

©2016 Т.А. Хибник

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE SAFE FATIGUE DAMAGE OF THREADED CONNECTIONS

Khibnick T.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*Fatigue fractures has been considered for studs securing the hub of propeller and the cover of turbine. Has been shown the principle of secure damaged parts, which allows you to operate the detail with a fatigue crack to a safe failure.*

Известно, что в СССР действовали нормы по принципу безопасного ресурса (safe-life), исключая возможность возникновения трещин. Очевидно, что такой подход был не совсем оправдан. После нескольких катастроф, произошедших с самолётами из-за усталостных трещин, в нормах

стали учитывать такие факторы, как живучесть и выносливость. Новые нормы обеспечения живучести назвали принципом безопасного или допустимого повреждения деталей (damage tolerance), которые допускают наличие трещин малой глубины [1]. Стадия развития этих трещин весьма продолжитель-