

ных данных формируются исходный и расчётный факторный модуль, которые являются основой для проведения проектно-виртуальных испытаний. В конечном итоге разрабатываемое программное обеспечение проведения таких испытаний позволит проводить предпроизводственный анализ причин отказов деталей и узлов компрессоров авиационных двигателей и разработать конструктивно-технологические мероприятия по их устранению с учётом конструкционных и технологических особенностей, условий эксплуатации и т.д.

УДК621.3.047.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

©2016 Н.В. Носов, Л.Н. Михайлова

Самарский государственный технический университет

### THE RESEARCH OF TAPERED ROLLER BEARING SURFACE ROUGHNESS

Nosov N.V, Mikhailova L.N. (Samara State Technical University, Samara, Russian Federation)

*The results of researching roughness of tapered roller bearing surfaces. The possibility of using measuring optoelectronic complex. A comparative analysis of roughness parameters for the roller surface found by the measuring optical-electronic complex and profilograph, which shows good agreement.*

Долговечность подшипника в значительной степени определяется работоспособностью тел качения – роликов. Наиболее целесообразной формой рабочего торца конического ролика и упорного борта внутреннего кольца является сфера. При этом контакт происходит по площади, что обеспечивает благоприятное распределение напряжений.

Технология производства конических роликов предусматривает на заключительных операциях технологического процесса применение операций шлифования. Окончательную обработку наружной конической поверхности дорожки качения осуществляют на бесцентрово-шлифовальных станках СВА АКМ 25/1 абразивными кругами на вулканитовых связках (14А 6Н СМ2 В1). Режимы шлифования были следующие: скорость абразивного круга 55 м/с; скорость вращения ведущего круга 70 м/мин; снимаемый припуск 0,01 мм; скорость продольной подачи 300 мм/мин; обработку проводили с охлаждением и периодической правкой ал-

### Библиографический список

1. Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 года и на дальнейшую перспективу.

2. Кожина Т.Д. «Технологическое обеспечение эксплуатационных показателей тяжёлонагруженных деталей газотурбинных двигателей и деталей общего машино-строения» / под общей редакцией Безъязычного В.Ф. / - Рыбинск: РГАТА, ОАО «Формат», 1999. 42 с.

мазным карандашом. Торцы роликов обрабатывались на двухстороннем торцешлифовальном станке ЗА343 абразивными кругами размером 600×63×305 и характеристиками 14А 25П СМ1 10Б. Обработка торцов производилась на следующих режимах: окружная скорость шлифовального круга 35 м/с, общий припуск 0,01 мм, скорость подачи ролика в зону обработки 2,5 м/мин, шлифование осуществлялось с подачей смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ) и периодической правкой круга алмазом в оправке.

На первом этапе исследования шероховатости поверхностей были выполнены на специализированном исследовательском комплексе, включающем профилограф модели SJ – 201Р, компьютер и соответствующее программное обеспечение, позволяющее записывать и обрабатывать профилограммы. На торцах ролика профилограммы снимались в радиальном и окружном направлениях. При исследованиях применялась смазочно-охлаждающая жидкость от цеховой системы. В зону шлифования СОЖ подаётся в

количестве 7 л/мин. Влияние режимов обработки на погрешность профиля сферы при непрерывном шлифовании сферических торцов периферией круга исследовались на станке модели БШ-200М [1]. После выявления оптимальных режимов обработки проводились исследования точности, устойчивости и стабильности процесса. Шлифовальный круг профилировался рассчитанным радиусом обработки и балансировался. Наблюдение за процессом обработки проводилось в течение 3-4 часов межправочного периода работы станка. В процессе экспериментов исследовались факторы, характеризующие точность профиля сферической поверхности торца ролика: радиус сферы, торцовое биение, огранка и шероховатость сферического торца ролика.

При шлифовании роликов 7606 на станке ВШ-680 корригированным радиусом обработки были получены хорошие результаты, а именно, в допуске торцовое биение, огранку и шероховатость. Шлифовались ролик в течение трёх часов без правки круга и при этом средняя величина радиуса сферы постоянно находилась в допуске. Исследование высоты микронеровностей по длине рабочей поверхности ролика показало, что среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$  по этой длине изменяется незначительно от:  $Ra = 0,105$  мкм до  $Ra = 0,094$  мкм.

Исследование высоты микронеровностей поверхности торцов ролика во взаимно перпендикулярных направлениях показало, что параметр  $Ra$  по этим направлениям практически не отличается друг от друга для одной и той же поверхности. Однако на разных торцах ролика формируется различный микрорельеф с  $Ra$  от 0,13 мкм до  $Ra = 0,09$  мкм в радиальном направлении

Такое распределение высотных параметров микрорельефа по торцам ролика связано с тем, что угол захода конуса на шлифовальных кругах разный и в связи с этим с обрабатываемых торцовых поверхностей снимается различный припуск. В частности, с одного торца снимается больший припуск.

На следующем этапе были выполнены исследования шероховатости выбранных участков рабочей и торцовых поверхностей ролика с помощью оптико-электронного комплекса и разработанной методики на основе использования квазиоптимального кор-

реляционного алгоритма. Результаты измерения средней амплитуды переменной составляющей корреляционных функций для выделенных участков (рис. 1) дали следующие значения от  $U_{cp} = 17,9$  отн. ед.; до  $U_{cp} = 16,3$  отн. ед. Таким образом, найдена зависимость, связывающая значения  $U_{cp}$  с  $Ra$  :  
 $Ra = 0,0065 \times U_{cp} - 0,02$  мкм.

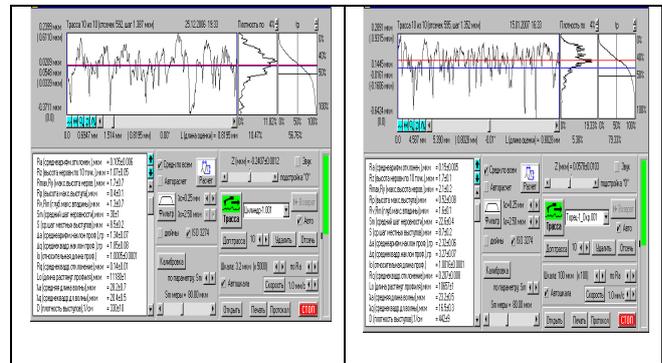


Рис. 1. Вид интерфейса с профилограммой и параметрами шероховатости для рабочей поверхности и торца ролика

Найденные значения среднего арифметического отклонения профиля цилиндрической поверхности ролика вполне согласуются со значениями, определёнными с помощью профилографа модели SJ – 201Р. Графики зависимости средних значений  $Ra$  от исследуемого участка рабочей поверхности, полученные с помощью профилографа и оптико-электронного исследовательского комплекса, приведены на рис. 2.

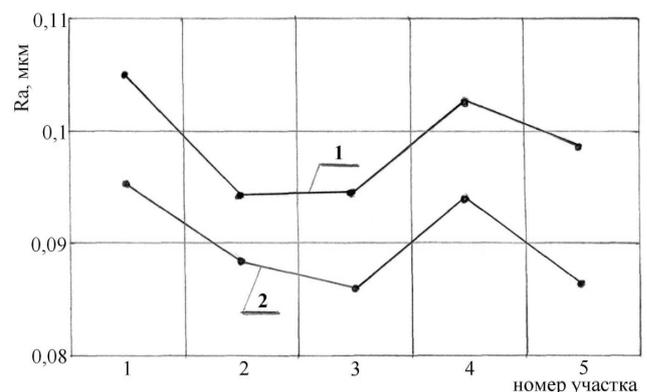


Рис. 2. Значения  $Ra$  на участках рабочей поверхности, полученные с помощью профилографа (1) и с помощью оптико-электронного комплекса (2)

Незначительное расхождение  $\sim 0,1\%$  в значениях  $Ra$ , полученных разными методами можно объяснить невозможностью аб-

солютно точно совмещения участков поверхности для записи профилограмм и видеосъёмки и, кроме того, разной размерностью профилограмм и видеоизображений. Таким образом, и в этом случае параметры шероховатости торцовых поверхностей ро-

лика, найденные с помощью измерительного оптико-электронного комплекса, вполне согласуются с аналогичными параметрами, измеренными с помощью профилографа модели SJ — 201P.

УДК 669.245:621.762

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ ИЗ ПОРОШКА СТАЛИ 316L**

©2016 В.Г. Смелов, А.В. Сотов, А.В. Агаповичев, В.А. Волкодаев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### **RESEARCH OF STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE PRODUCTS OBTAINED BY SELECTIVE LASER MELTING OF POWDER STEEL 316L**

Smelov V.G., Sotov A.V., Agapovichev A.V., Volkodaev V.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The structure and mechanical properties of samples from the steel powder 316L that are produced by selective laser melting. Conducted a chemical and grain size analysis of the starting material. Examined the static test specimens tensile fracture morphology of samples. It is shown that parts are made of the steel powder, can be used under cyclic loads due to the high ductility of the material.*

В последнее время наблюдается значительный рост применения аддитивных технологий при производстве сложнопрофильных деталей. Одним из направлений аддитивных технологий является технология селективного лазерного сплавления (СЛС).

Несмотря на то, что технология СЛС значительно шагнула вперед за последнее время, её использование ограничено в связи с появлением дефектов в выращенных деталях, например, таких как поры и трещины. Поэтому исследование влияния технологии СЛС на механизм формирования структуры и механических свойств спекаемого материала представляет собой значительный интерес.

В работе [1] представлены результаты исследования пористости сплавленного материала в зависимости от параметров обработки (мощность лазера, скорости сканирования, диаметра пучка лазера, толщины слоя). Однако в ней не рассмотрены механические свойства полученных образцов. Также в настоящее время появились более современные методы исследования получен-

ных образцов на наличие внутренних дефектов, такие как компьютерная томография.

Объектами исследования являются порошки нержавеющей стали 316L и образцы, полученные из этого материала, методом СЛС.

Выращивание образцов производилось на установке SLM 280HL. Установка имеет камеру построения размером 280×280×350 мм и оснащена иттербиевым волоконным лазером мощностью 400 Вт. Выращивание образцов производилось в среде инертного газа (азот).

Результаты анализа элементного состава металлического порошка стали 316L, полученного с помощью микрорентгеноспектрального анализа, соответствуют стандарту ASTM A240.

Установлено что порошок стали 316L, в основном, имеет правильную сферическую форму. В качестве характерных дефектов порошка можно выделить дефекты в виде сателлитов и «аморфного» панцыря, присущие для порошков, полученных методом газовой атомизации. Частицы