

УДК 621.7.015: 621.921.7

Н.В. ГОНЧАР, Д.Н. СТЕПАНОВ, Е.А. ГОНЧАР, А.А. ШАТАЛОВ

Запорожский национальный технический университет, Украина

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ
ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ
ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

Приведены результаты исследования микропрофиля поверхности и параметров шероховатости после обработки инструментом на основе полимерно-абразивных волокон и последующего поверхностного упрочнения различными методами. Показана возможность получения высокого качества поверхности и благоприятного микропрофиля поверхности. Установлено, что полимерно-абразивный инструмент обеспечивает параметр $Ra=0,15\ldots 0,3$ мкм с высокой производительностью и создает базу под дальнейшее комплексное упрочнение шариками различных диаметров поверхностей образцов из жаропрочного никелевого сплава ХН73МБТЮ-ВД.

Ключевые слова: поверхность, шероховатость, жаропрочный сплав, полимерно-абразивные волокна, поверхностно-пластическое деформирование, упрочнение.

Финишная обработка деталей газотурбинных двигателей (ГТД) является достаточно трудоемким и в то же время ответственным процессом из-за сложного доступа и минимального силового воздействия на поверхности сложнопрофильных и тонкостенных валов, дисков, лопаток и др., и необходимостью обеспечить благоприятные свойства поверхностного слоя [1]. В связи с этим выбор инструментов и методов финишной и упрочняющей обработки имеет большое значение с точки зрения обеспечения высокой производительности и качества.

Применение полимерно-абразивных волокон, собранных в виде щетки вращательного действия, позволяет удалять заусенцы и скруглять острые кромки, полученные на формообразующих операциях, таких как протягивание, фрезерование, сверление, а также обрабатывать плоские поверхности без съема значительных слоев материала и практически без силового воздействия. Литературных данных об использовании таких инструментов для труднообрабатываемых жаропрочных никелевых сплавов, из которых изготавливаются детали ГТД, недостаточно. Также представляет интерес применение после полимерно-абразивного инструмента (ПАИ) последующей поверхностно-пластической деформации (ППД). Выбор методов ППД в серийном производстве определяется в первую очередь трудоемкостью и возможностью его применения для обработки деталей конкретной конструкции. В качестве упрочняющей обработки сложнопрофильных деталей (лопаток, тонкостенных валов, ободной части дисков и др.) достаточно распространенным и

эффективным методом является поверхностное дробеударное упрочнение шариками.

Несмотря на то, что методы поверхностного деформационного упрочнения используются при производстве деталей авиационных двигателей и общего машиностроения уже достаточно продолжительное время, их возможности для дальнейшего повышения долговечностей детали не исчерпаны. В настоящее время приобретают особую актуальность исследования, направленные на разработку технологии комплексного упрочнения, что позволит в полной мере использовать резервы прочности поверхностного слоя материала.

Целью данной работы являлось исследование влияния отделочной обработки ПАИ и последующего упрочнения на параметры шероховатости (величину Ra , шаг, радиус впадин микронеровностей и среднюю высоту образующих впадину микронеровностей, соответственно, S_m , ρ_m , t_m) образцов из жаропрочного сплава на никелевой основе ХН73МБТЮ-ВД. Исходной поверхностью являлась поверхность после точения $Ra=1,6\ldots 3,2$ мкм.

В качестве исследуемых были приняты: отделочный метод – обработка ПАИ, упрочняющие методы – пневмодробеструйное упрочнение (ПДУ) стеклянными микрошариками, а также ультразвуковое упрочнение (УЗУ) стальными шариками.

Полимерно-абразивный инструмент дискового типа, диаметром 120 мм; вылет волокна 20 мм; диаметр волокна 1 мм; материал абразивного зерна – карбид кремния 63С, зернистость F90; подача 1 м/мин; скорость резания 17 м/с; натяг 2 мм; количество двойных ходов 3-5. Режимы обработки вы-

браны по [2] и предварительно проведенным исследованиям при условии обеспечения большой производительности без потери благоприятных свойств поверхностного слоя.

УЗУ проводили в концентраторе типа "ступенчатый"; рабочие тела – шарики из стали ШХ-15 диаметром 0,68 мм, масса шариков 25 г. ПДУ стеклянными микрошариками диаметром 70...80 мкм осуществляли с режимами: давление перед соплом –

0,5 МПа; расстояние от среза сопла до упрочняемой поверхности – 15 мм. Предварительно были выполнены исследования для оптимизации УЗУ и ПДУ лабораторных образцов по времени упрочнения в диапазоне 15...80 с для получения благоприятного сочетания характеристик поверхностного слоя, предотвращения разрушения поверхности и максимального использования резервов прочности материала [3].

Таблица 1

Результаты исследования параметров шероховатости

№ п/п	Вариант технологии	Кол-во дв. ход. ПАИ	Параметры шероховатости, мкм				$\alpha_{\sigma}^{\text{доп}}$
			Ra	S _m	ρ_m	t _m	
1	ПАИ	3	0,28	9,76	17,6	2,4	1,09
		5	0,16	10,15	21,76	2,1	1,04
2	ПАИ + УЗУ	5	0,82	12,12	42,24	6,5	1,14
3	ПАИ + ПДУ	5	0,57	9,12	16,64	6,7	1,19
4	ПАИ + УЗУ+ ПДУ	5	0,67	12,31	21,44	6,4	1,16
5	Протягивание	–	1,32	5,36	4,95	8,35	1,51
6	Протягивание + ПСА	–	0,78	4,90	7,60	5,1	1,26

Все варианты финишной обработки, обеспечивают высокий класс шероховатости и качество полученного микрорельефа. Целью отделочных методов обработки является удаление рисков на поверхности, которые являются потенциальными очагами зарождения усталостных трещин.

Для сравнения в табл. 1 (п. 5 и 6) показаны результаты, полученные после протягивания пазов типа «ласточкин хвост» дисков компрессора и финишной обработки в псевдосжиженном слое абразива (ПСА), принятой в серийном производстве [4].

Риски и мелкие неровности поверхности являются технологическими концентраторами напряжений, общей безразмерной характеристикой которых является так называемый коэффициент технологической концентрации напряжений $\alpha_{\sigma}^{\text{доп}}$ [5], зависящий от формы микрорельефа (высоты, шага и радиуса впадин микронеровностей).

Как показано в работе [4] «плавный» микрорельеф поверхности без острых вершин, с большим шагом и радиусом впадин благоприятно влияет на сопротивление усталости деталей, работающих при переменных нагрузках.

По результатам данного исследования (табл. 1) установлено, что ПАИ обеспечивает высокую про-

изводительность и качество отделочной обработки. Последующая обработка УЗУ обеспечивает наибольший шаг и радиус впадин, что дает возможность применять обработку ПАИ+УЗУ для сложно-профильных деталей ГТД. Дальнейшая обработка ПДУ стеклянными микрошариками улучшает показатель Ra с обеспечением благоприятных свойств поверхностного слоя (наклепа и остаточных напряжений [3]).

Результаты исследования параметров шероховатости образцов из жаропрочного никелевого сплава показали, что обработка ПАИ обеспечивает параметр Ra = 0,15...0,3 мкм и создает хорошую базу под дальнейшее комплексное упрочнение шариками различных диаметров.

Литература

1. Петухов А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД: монография / А.Н. Петухов. – М. : Машиностроение, 1993. – 240 с.
2. OSBORN International : Каталог продукции / Osborn PRO, 2008. – 101 с.
3. Гончар Н.В. Технологические особенности комплексного упрочнения деталей ГТД / Н.В. Гончар, Д.В. Павленко, В.К. Яценко, В.В. Ткаченко //

Вестник двигателестроения: сб. ст. / ВАТ «Мотор Сич». – Запорожье, 2006, – № 1. – С. 117-122.

4. Гончар Н.В. Влияние микроконцентраторов напряжений поверхности на выносливость дисков компрессора / Н.В. Гончар, А.Г. Сахно // *Авіаційно-*

космічна техніка і технологія : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2002. – Вип. 30. – С. 97.

5. Нейбер Г. Концентрация напряжений : монография / Г. Нейбер. – М.: Гостехиздат, 1947. – 204 с.

Поступила в редакцию 2.06.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе Ю.Н. Внуков, Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ЗРАЗКІВ З НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ ПІСЛЯ ОБРОБКИ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Н.В. Гончар, Д.М. Степанов, Є.А. Гончар, А.О. Шаталов

Наведено результати дослідів мікропрофілю поверхні та параметрів шорсткості після обробки інструментом на основі полімерно-абразивних волокон та подальшого поверхневого зміцнення різними методами. Показано можливість отримання високої якості поверхні та сприятливого мікропрофілю. Встановлено, що полімерно-абразивний інструмент забезпечує параметр $Ra = 0,15 \dots 0,3$ мкм з підвищеною продуктивністю обробки та створює базу під подальше комплексне зміцнення кульками різних діаметрів поверхонь зразків з жароміцного нікелевого сплаву ХН73МБТЮ-ВД.

Ключові слова: поверхня, шорсткість, жароміцний сплав, полімерно-абразивні волокна, поверхнево-пластичне деформування, зміцнення.

ESTIMATING THE QUALITY OF THE SURFACE OF SAMPLES FROM THE NICKEL ALLOY AFTER PROCESSING THEM WITH THE POLIMER-ABRASIVE TOOLS

N.V. Gonchar, D.N. Stepanov, E.A. Gonchar, A.A. Shatalov

This article is devoted to results of researching the surface microprofile and parameters of roughness after processing with the tool on the basis of polymer-abrasive fibres and the subsequent hardening of the surface by various methods. The authors prove possible to gain high surface quality and a favorable microprofile. It is established, that the polymer-abrasive tool provides parameter $Ra = 0,15 \dots 0,3 \mu m$, high processing efficiency and creates base for complex hardening by different shots of the samples surface from nickel superalloy ХН73МБТЮ-ВД.

Keywords: surface, roughness, superalloy, polymer-abrasive fibres, surface-plastic deformation, hardening.

Гончар Наталья Викторовна – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения Запорожского национального технического университета, Запорожье, Украина, e-mail: gonchar@zntu.edu.ua.

Степанов Дмитрий Николаевич – ассистент кафедры технологии машиностроения Запорожского национального технического университета, Запорожье, Украина, e-mail: stepan85.11@mail.ru.

Гончар Евгения Анатольевна – студент кафедры технологии машиностроения Запорожского национального технического университета, Запорожье, Украина.

Шаталов Артем Александрович – студент кафедры технологии машиностроения Запорожского национального технического университета, Запорожье, Украина.