

вариантов состояния упрочнённой поверхности практически совпадают с аналогичными зависимостями для гладких образцов. При этом эпюры остаточных напряжений отличаются от исходных для гладкого образца не более чем на 3% (в меньшую сторону).

Вывод. Прогнозирование приращения предела выносливости рассмотренных корсетных образцов и других деталей с малой концентрацией напряжений можно выполнять по распределению остаточных напряжений по толщине упрочнённого слоя образца-свидетеля (гладкий образец диамет-

ром, равным опасному сечению детали с концентратором напряжений).

#### Библиографический список

1 Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулук В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. / Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.

2. Сазанов В.П., Чирков А.В., Самойлов В.А., Ларионова Ю.С. Моделирование перераспределения остаточных напряжений в упрочнённых цилиндрических образцах при опережающем поверхностном пластическом деформировании. / Вестник СГАУ.– 2011. – 3(27). – Ч. 3. – С. 171-174.

УДК 539.4.014.13

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЙ ИЗ НИКЕЛЯ И ХРОМА

©2018 А.С. Букатый, В.В. Лунин, П.А. Пешков, Е.В. Зотов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE OPTIMIZATION OF THE PARTS MADE OF TITANIUM ALLOYS MANUFACTURE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR THE NICKEL AND CHROME COVERS ADHESION ENSURING

Bukatyy A.S., Lunin V.V., Peshkov P.A., Zotov E.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The works on the chrome cover adhesion on parts "piston with a rod" made of BT3-1, BT-22 alloys ensuring have been carried out based on the examination of residual stresses in a parts surface layer after grinding and hardening by surface plastic deforming.*

В работе изложены результаты исследований по обеспечению адгезии покрытия при хромировании штоков, изготавливаемых из сплавов BT22 и BT3-1 на АО «Авиаагрегат».

Определение остаточных напряжений осуществлялось на образцах – полукольцах с применением автоматизированного прибора АСБ-1 [1]. При этом учитывалось изменение деформаций колец от разрезки.

Проведённые исследования показали, что в процессе шлифования в поверхностном слое детали создаются растягивающие остаточные напряжения (ОН) до 170 МПа, значительно ухудшающие адгезию покрытий. Операция «Отжиг» снижает уровень растягивающих остаточных напряжений в по-

верхностном слое до величины 20...40 МПа, но знак напряжений не меняется. В связи с этим решение проблемы заключается в создании благоприятной технологической наследственности перед нанесением покрытий.

Первым этапом работы являлось применение упрочняющей дробеструйной обработки. Исследования проводились на детали «поршень со штоком» из материала BT3-1, обладающего значительно худшей адгезией по сравнению с BT-22. При изготовлении по базовому технологическому процессу наблюдалось отслаивание хромового покрытия на всех изготовленных деталях. Для повышения адгезии хромового покрытия на основе работы [2] разработаны мероприятия, целью которых является назначение режимов

дробеструйной обработки, создающих в поверхностном слое детали сжимающие остаточные напряжения при обеспечении остаточных деформаций в пределах технологических допусков.

По результатам работ был выбран наименее интенсивный режим упрочнения, обеспечивающий наилучшую шероховатость упрочняемой поверхности и достаточный уровень сжимающих остаточных напряжений, не приводящий к значительным остаточным деформациям упрочняемых деталей: скорость перемещения сопла – 19 мм/с; давление воздуха – 1,8 ат; расход дроби – 4,5 кг/мин; количество сопел – 2 шт; диаметр стальных микрошариков – 0,6 мм; расстояние от сопел до упрочняемой поверхности – 175 мм. Апробация в производстве показала отсутствие отслоения покрытия на всех изготовленных деталях. Эпюра остаточных напряжений после упрочняющей обработки показана на рис. 1.

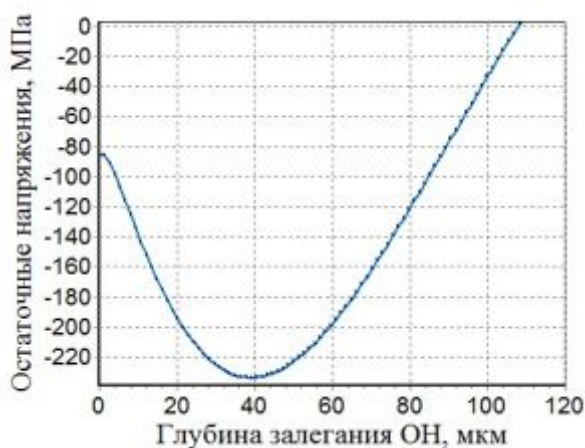


Рис. 1. Эпюра остаточных напряжений после упрочняющей обработки микрошариками

Второй этап работ заключался в оптимизации режимов шлифования по остаточным напряжениям. Предварительные эксперименты на натуральных деталях показали, что правильный выбор режимов шлифования может обеспечить на поверхности детали сжимающие или значительно уменьшить растягивающие остаточные напряжения. Таким образом, была поставлена задача добиться адгезии покрытий без изменения базового технологического процесса, не предусматривающего применение упрочняющей обработки.

Опытные работы проводились на образцах – кольцах, вырезанных из деталей – штоков из материала ВТЗ-1. Эпюра остаточных напряжений, полученная при определении напряжений в образцах, обработанных на исходных режимах, по базовому технологическому процессу показана на рис. 2. По результатам проведенных работ выбран режим шлифования: скорость перемещения стола – 5,3 мм/об, припуска на обработку – 0,01 мм, скорость вращения образца – 300 об/мин. Полученный режим шлифования исключил появление прижогов и обеспечил адгезию хромового покрытия при гальванической обработке детали «поршень со штоком» из материала ВТЗ-1.

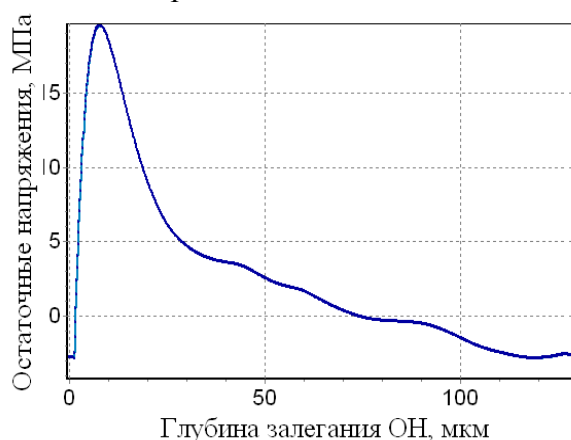


Рис. 2. Эпюра остаточных напряжений после шлифования

Результаты работ апробированы на деталях – штоках, цилиндрах, поршнях. Улучшение адгезии получено не только для хромового покрытия, но и для покрытия никелем.

## Выводы

1. Проведена оптимизация технологических процессов упрочняющей обработки и шлифования по остаточным напряжениям. На основе исследования остаточных напряжений в поверхностном слое исключены прижоги, обеспечено наличие сжимающих остаточных напряжений, улучшающих адгезию гальванических покрытий.

2. Технологическая наследственность на всех этапах изготовления деталей влияет не только на сопротивление деталей усталости, но и на адгезию и герметичность гальванических покрытий. Полученные результаты исследований позволили обеспечить

адгезию гальванических покрытий для деталей из титановых сплавов ВТ 22 и ВТ 3-1.

#### Библиографический список

1. Букатый С.А., Букатый А.С. Автоматизированная система определения остаточных напряжений. / Механика и процессы управления. Труды XXXVIII Уральского се-

минара. Екатеринбург: УрО РАН, Миасс. – 2008. – Т. 1. – С. 191-194.

2. Букатый С.А., Семенченко И. В. Коробление и размерная стабильность маложестких тонкостенных деталей в производстве газотурбинных двигателей. / Вестник машиностроения. – М.: Машиностроение, 1994. – № 10. – С. 32-37.

УДК 629.7

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ СВЕРХЛЁГКОГО КЛАССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2018 А.В. Нагиев<sup>1</sup>, Е.В. Космодемьянский<sup>1</sup>, В.А. Кирпичев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### CARRIER ROCKET EXTRALIGHT CLASS CREATION WITH USE OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS POSSIBILITY ANALYSIS

Nagiev A.V., Kosmodemyansky E.V. (JSC «SRC «Progress», Samara, Russian Federation)

Kirpichev V.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*Creation of carrier rocket of extralight class and working off on it new technologies is offered: application in designs of polymeric composition materials, use of the additive technologies, new components of fuel, development of the reusable first step.*

Малые космические аппараты (МКА) запускают на ракетах-носителях (РН) совместно с более крупногабаритными КА (попутный запуск) или крупными партиями (кластерный пуск).

При попутном запуске возможны задержки с запуском из-за задержек в создании основной полезной нагрузки; орбита выбирается не заказчиком, а владельцем основного груза; имеется запрет применения высокоэнергетических устройств [1].

Текущие рыночные тенденции в области запусков МКА, а также развитие зарубежных высокотехнологичных проектов формируют необходимость в создании РН, способной выводить малые КА на требуемую для них орбиту в кратчайшие сроки [2].

Предлагаемая двухступенчатая РН сверхлёгкого класса (СЛК) «Аквилон» предназначена для выведения полезной нагрузки массой в 450 кг на низкую околоземную орбиту (НОО) или 300 кг на среднюю стационарную орбиту (ССО) (H=500 км) при стартовой массе РН 14,5 т (16 т в возвращаемой конфигурации) и предполагаемой стоимости

запуска в 6,3 млн. долл., что лишь незначительно уступает РН «Электрон» и превосходит другие аналоги. В качестве полезной нагрузки (ПН) могут выступать как малые КА (МКА), так и группировки КА формата CubeSat с устройством отделения.

Предлагаемая РН (рис. 1) включает в себя два ракетных блока, соединенных по схеме тандем.

2-й ракетный блок (РБ) представляет собой композитную цилиндрическую оболочку, с внутренней стороны баков снабжённую герметизирующим слоем. Межбачковые отсеки отсутствуют вследствие совмещения днищ баков «О» и «Г» ввиду близости температур заправленных компонентов топлива, что позволяет сэкономить некоторую массу. РБ оснащён однокамерной ЖРДУ с возможностью управления вектором тяги (установка в кардановом подвесе), а также оснащён системой управления движением. Полезная нагрузка защищена от тепловых и механических нагрузок набегающего потока двустворчатый головным обтекателем.