

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА АДГЕЗИЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ХРОМИРОВАНИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Лунин В.В.^{1,2}, Сазанов В.П.¹, Евдокимов Д.В.^{1,2}, Мухин А.Ю.¹, Салтанов С.А.¹

¹Самарский университет, г. Самара, valentine-lunin@yandex.ru

²АО «Авиаагрегат», г. Самара

Ключевые слова: шлифование, адгезия покрытий, хромирование, гальваническая обработка, остаточные напряжения, титановый сплав, механическая обработка.

Титановые сплавы находят широкое применение в авиационной промышленности благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. В производстве особо ответственных деталей авиационных шасси с цилиндрическими поверхностями, таких как поршни, штоки, оси, траверсы применяются материалы ВТ22, ВТ3-1.

Обработка титановых сплавов осложнена рядом технологических проблем, среди которых наиболее важными являются технологические остаточные деформации – изменение размеров и формы деталей вследствие действия остаточных напряжений (ОН). Остаточные напряжения бывают двух видов – растягивающие, оказывающие негативное воздействие на технологическую наследственность детали из-за ухудшения адгезии гальванических покрытий и раскрытия трещин в материале деталей, и сжимающие ОН, оказывающие благоприятное влияние на напряжённо-деформированное состояние детали. Растягивающие ОН наводятся в поверхностном слое деталей во время механической обработки, особенно в процессе шлифования. После обработки деталей алмазным выглаживанием создаётся приемлемый уровень ОН [1], но этот вид обработки поверхности пригоден для стальных деталей, а не для деталей из титановых сплавов, поэтому с целью улучшения напряжённо-деформированного состояния детали была предложена упрочняющая обработка микрошариками.

Также существуют проблемы с нанесением износостойких гальванических покрытий из-за плохой адгезии вследствие свойства титана интенсивно окисляться при высоких температурах. Хромовое покрытие наносится лучше на детали из титанового сплава ВТ22, чем на детали из ВТ3-1.

Таким образом, технология механической, термической и гальванической обработок деталей из титановых сплавов связана с необходимостью создания благоприятной технологической наследственности на всех этапах технологического процесса, что является важной задачей при изготовлении особо ответственных авиационных деталей шасси.

В данной работе изложены результаты решения проблемы отслаивания покрытия при хромировании штоков (рис. 1), изготавливаемых из материалов ВТ22 и ВТ3-1. Технологический процесс производства штоков включает операции, ключевыми среди которых являются «Шлифование» и «Отжиг». Проведённые исследования показали, что в процессе шлифовальной обработки в поверхностном слое детали создаются растягивающие остаточные напряжения, значительно ухудшающие адгезию покрытий, и как следствие, приводящие к отслаиванию покрытий. При этом наиболее неблагоприятным является создание растягивающих остаточных напряжений при шлифовании в результате «прижогов». Термическая обработка снижает уровень растягивающих напряжений в поверхностном слое до величины 20...40 МПа, но знак напряжений остаётся прежним, и остаточные напряжения остаются растягивающими. Соответственно решением проблемы являются создание благоприятной технологической наследственности, уменьшение растягивающих и по возможности создание сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое деталей перед нанесением гальванических покрытий.



Рисунок 1 – Шток из материала ВТ3-1 с дефектами хромового покрытия

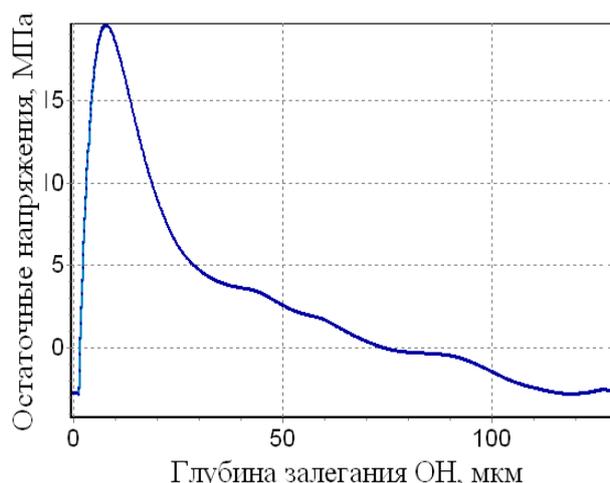


Рисунок 2 – Эюра остаточных напряжений после шлифования образца на оптимальном режиме

Для создания в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений была применена упрочняющая пневмодробеструйная обработка [2]. Мероприятия по упрочнению штоков позволили обеспечить требуемую адгезию покрытий, однако для многих видов деталей упрочняющая обработка не предусмотрена технологическим процессом, в связи с чем дальнейшие работы были направлены на оптимизацию базового технологического процесса.

Для решения вышеописанных проблем были проведены опытные работы, которые заключались в оптимизации режимов шлифования по остаточным напряжениям. Предварительные эксперименты на опытных деталях показали, что правильный выбор режимов шлифования обеспечивает на поверхности детали сжимающие или значительно уменьшает растягивающие остаточные напряжения. Таким образом, была поставлена цель добиться адгезии покрытий в рамках существующего технологического процесса, не предусматривающего применение упрочняющей обработки, как одного из способов обеспечения приемлемой адгезии покрытий.

Опытные работы проводились на образцах – кольцах, вырезанных из деталей – штоков из материала ВТ3-1. Разрезка деталей на образцы осуществлялась электроэрозионным способом. Образцы закреплялись в специально подготовленную оправку и шлифовались на 30-ти различных режимах. Поскольку деталь – «поршень со штоком» относится к классу полых цилиндров, определение остаточных напряжений осуществлялось на образцах – полукольцах с применением автоматизированного прибора АСБ-1. По результатам проведённых работ выбран режим шлифования: скорость перемещения стола – 5,3 мм/об, шаг поперечного перемещения шлифовального круга – припуска на обработку – 0,01 мм, скорость вращения образца – 300 об/мин [3]. Выбранный режим обработки обеспечил сжимающие остаточные напряжения на поверхности 8 МПа и снижение, по сравнению с базовым режимом, растягивающих напряжений со 170 МПа до 20 МПа. Максимум растягивающих напряжений при этом находится на глубине 10 мкм. Эюра остаточных напряжений приведена на рис 2. Полученный режим шлифования исключил появление прижогов и обеспечил адгезию хромового покрытия при гальванической обработке детали «поршень со штоком» из материала ВТ3-1.

На основе исследования остаточных напряжений в поверхностном слое исключены прижоги, обеспечено наличие сжимающих остаточных напряжений, улучшающих адгезию гальванических покрытий. При этом величина подслояных растягивающих остаточных напряжений снижена со 170 до 20 МПа. Полученные результаты исследований позволили обеспечить адгезию гальванических покрытий для деталей из титановых сплавов ВТ 22 и ВТ 3-1.

Список литературы

1. Букатый А.С., Сараев А.С., Лунин В.В., Салтанов С.А., Гаврилов Д.О. Повышение герметичности гальванических покрытий гидроцилиндров методом алмазного выглаживания / XXV Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов. 2022. С. 180-184.
2. Букатый А.С., Лунин В.В., Мухин А.Ю., Колычев С.А. Обеспечение выносливости и геометрической точности крупногабаритных деталей шасси после упрочнения дробеструйной обработкой / XXIII Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов. 2021. С. 125-128.
3. Букатый А.С., Декань А.А., Лунин В.В., Зотов Е.В. Повышение адгезии гальванических покрытий на основе исследования остаточных напряжений в поверхностном слое деталей из титановых сплавов / I Международная научно-практическая конференция «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства». 2020. С. 107-110.

Сведения об авторах

Лунин Валентин Валериевич, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов, ведущий инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: оптимизация технологических процессов с применением наукоёмких технологий, нанесение гальванических покрытий на авиационные детали.

Сазанов Вячеслав Петрович, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: исследование напряжённо-деформированного состояния особо ответственных деталей с целью повышения их надёжности.

Евдокимов Дмитрий Викторович, к.т.н., доцент кафедры технологий производства двигателей, доцент кафедры сопротивлений материалов, ведущий инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: процессы механической обработки, исследование функциональных параметров резания.

Мухин Александр Юрьевич, аспирант кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Салтанов Сергей Александрович, студент гр. 2407 Самарского университета. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

RESEARCH OF FACTORS AFFECTING THE ADHESION OF ELECTROPLATING COATINGS IN CHROME PLATING OF TITANIUM ALLOYS

Lunin V.V.^{1,2}, Sazanov V.P.¹, Evdokimov D.V.^{1,2}, Muhin A.Yu.¹, Saltanov S.A.¹

¹Samara University, Samara, Russia, valentine-lunin@yandex.ru

²JSC Aviaaгрегат

Keywords: grinding, coating adhesion, chrome plating, electroplating, residual stresses, titanium alloy, machining.

This paper presents the results of solving the problem of peeling off the coating during chrome plating of rods made of VT22 and VT3-1. The conducted studies have shown that during the grinding process, tensile residual stresses are created in the surface layer of the part, significantly impairing the adhesion of coatings, and as a result, leading to peeling of coatings. The solution to the problem is to create a favorable technological heredity, reduce tensile and, if possible, create compressive residual stresses in the surface layer of parts before applying electroplating coatings. Optimization of the basic technological process was carried out. Based on the study of residual stresses in the surface layer, cauterization is excluded, the presence of compressive residual stresses that improve the adhesion of electroplating coatings is ensured. At the same time, the value of the sublayer tensile residual stresses is reduced from 170 to 20 MPa. The obtained research results made it possible to ensure the adhesion of electroplating coatings for parts made of titanium alloys VT 22 and VT 3-1.