

4. Букастый, А.С. Методология оптимизации конструкции и технологии поверхностного упрочнения авиационных деталей на основе критерия жёсткости напряжённо-деформированного состояния: автореф. ... докт. техн. наук: 01.02.06 / А.С. Букастый. – Самара, 2019. – 36 с.

УДК 621.787:539.319

Лунин В.В., Букастый А.С., Мухин А.Ю., Колычев С.А.

ПОВЫШЕНИЕ ТВЁРДОСТИ ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАСТЕРНОГО ХРОМИРОВАНИЯ

В производстве деталей шасси особое внимание уделяется адгезии, прочности и герметичности гальванических покрытий. Технологический процесс хромирования обеспечивает твёрдость покрытия на уровне, которого в ряде случаев недостаточно для гидроцилиндров шасси, работающих при повышенных циклически изменяющихся нагрузках [1]. В условиях производства АО «Авиаагрегат» существовала необходимость повышения скорости нанесения покрытия на детали. В рамках процесса производства деталей «Шток» не предусмотрено введение дополнительных технологических операций, улучшающих свойства покрытия и скорость его нанесения на деталь, вследствие чего было принято решение получить покрытие с требуемыми характеристиками благодаря замене электролита на более совершенный.

Целью данной работы является отладка технологии кластерного хромирования с применением углеродных нанотрубок NCM Chrome S для получения высоких адгезии и прочности хромового покрытия, а также успешного прохождения испытаний на герметичность хромового покрытия.

Впервые в условиях производства АО «Авиаагрегат» было проведено хромирование в электролите с добавлением углеродных нанотрубок NCM Chrome S на штоки из сталей 30ХГСА и 30ХГСН2А. Для достижения поставленной цели необходимо проведение опытно-технологических работ, состоящих из нескольких этапов.

I этап. Составление ванны электролита с добавлением углеродных нанотрубок NCM Chrome S объёмом 1580 л с последующим кластерным хромированием

ем нескольких деталей «Шток №1» и «Шток №2» одновременно. Отработка и оптимизация режимов хромирования с целью получения покрытия, соответствующего требованиям технологического процесса.

В гальваническом цехе АО «Авиаагрегат» была составлена ванна объёмом 1580 л с добавлением углеродных нанотрубок NCM Chrome C и NCM Chrome S для кластерного хромирования крупногабаритных деталей. Состав электролита представлен в табл. 1.

По окончании составления и подготовки к работе ванны, был проведён анализ химического состава электролита для проверки его соответствия требованиям технологического процесса. В процессе проработки током на катоде происходят электрохимические процессы восстановления шестивалентного хрома в трёхвалентный. Необходимое количество ионов Cr^{3+} в электролите обеспечивает получение на катоде качественных осадков хрома.

Таблица 1. Состав электролита

Компонент	Концентрация при приготовлении, г/л	Рабочая концентрация, г/л
хромовый ангидрид CrO_3 (тех.)	170	140-180
добавка «NCM Chrome S»	37,5	
обессоленная вода	остальное	остальное
содержание свободных сульфат-ионов SO_4^{2-}	–	1,2 – 1,8
Cr^{3+}	–	0,5 – 4
примеси металлов (Fe)	–	<6
хлориды (загрязнение)	–	< 100 мг/л

В полученном электролите были захромированы детали «Шток №1» и «Шток №2». Режимы хромирования деталей «Шток» в кластерном электролите представлены в табл. 2. Параметры величин анодной активации и рабочего тока рассчитывались исходя из площадей поверхности деталей «Шток» АПЭ-90-А.781 и «Шток» АПЭ-120-И.821.

Таблица 2. Режимы хромирования

Тип детали	«Шток №1»	«Шток №2»
Загрузка в ванну	3 детали	3 детали
Анодная активация	500 А; 0,5-1 мин	900 А; 0,5-1 мин
Рабочий ток	800-900 А	1500-1600 А
Выход на рабочий ток осуществляется плавно в течение 5 минут, удар током не проводится		
Температура электролита	54-58°С	54-58°С
Время выдержки	120 минут	120 минут

Хромирование деталей в гальваническом цехе АО «Авиаагрегат» осуществлялось по следующей технологии:

- 1) Проведение контроля прижогов на деталях.
- 2) Подготовка поверхности под хромирование и монтаж деталей на приспособление.
- 3) Хромирование деталей «Шток №1» и «Шток №2» в кластерном электролите по режимам, указанным в табл. 2.
- 4) Замер толщины нанесённого покрытия.
- 5) Проведение обезводораживания.

Хромовое покрытие соответствовало требованиям технологического процесса.

Применение углеродных нанотрубок NCM Chrome S позволило в 2 раза увеличить фактическую скорость хромирования и, соответственно, сократить время хромирования. Также было уменьшено количество хромового ангидрида в составе электролита – с 225-275 г/л до 140-170 г/л.

После хромирования были проведены шлифовальная и полировальная обработки покрытия. В инструментальном цехе АО «Авиаагрегат» детали «Шток №1» и «Шток №2» были разрезаны электроэрозионным способом на образцы. В ЦЗЛ АО «Авиаагрегат» были исследованы следующие свойства покрытия деталей «Шток №1» и «Шток №2»:

- 1) Пористость хромового покрытия определялась на образцах, вырезанных из штоков – покрытие ровное, гладкое.

2) Прочность сцепления покрытия с материалом детали (адгезия) после выдержки образца в печи при температуре 300°C в течение 1 часа – вздутие и отслаивание покрытия отсутствуют.

3) Микротвёрдость – 1110 кгс/мм² – данное значение соответствует требованиям технологического процесса производства деталей «Шток №1» и «Шток №2».

II этап. Климатические и ресурсные испытания деталей «Шток №1» и «Шток №2».

Детали «Шток №1» и «Шток №2» являются частями Аппаратов поглощающих эластомерных (Аппараты), гасящих энергию колебаний при движении железнодорожных вагонов. С целью внедрения нового состава электролита в технологическую документацию деталей «Шток №1» и «Шток №2» было необходимо предварительно апробировать детали в комплекте Аппаратов под действием температурных и силовых нагрузений.

Штоки были доукомплектованы другими деталями и собраны в Аппараты, которые были выдержаны при температурах минус 60±5°C и плюс 50±5°C в течение 6-ти часов в испытательном центре АО «Авиаагрегат». После успешно пройденных климатических испытаний были проведены ресурсные испытания (обкатка) с различным количеством блоков нагрузений Аппаратов. В конце каждого этапа испытаний проводилось снятие диаграмм статического обжатия в сборочном цехе и в испытательном центре АО «Авиаагрегат». Анализ показателей диаграмм даёт возможность сделать вывод об успешно пройденных испытаниях.

III этап. Исследование свойств покрытия деталей «Шток №1» и «Шток №2» после климатических и ресурсных испытаний.

После проведения испытаний были исследованы свойства хромового покрытия в ЦЗЛ АО «Авиаагрегат»:

1) Пористость хромового покрытия – покрытие ровное, гладкое.

2) Прочность сцепления покрытия с материалом детали (адгезия) после выдержки образца в печи при температуре 300°C в течение 1 часа – вздутие и отслаивание покрытия отсутствуют.

3) Толщина хромового покрытия – соответствует требованиям технологического процесса.

4) Микротвёрдость детали «Шток №1» – 1230 кгс/мм² – соответствует требованиям технологического процесса производства деталей «Штоки». Микротвёрдость детали «Шток №2» – 1290 кгс/мм² – данное значение превосходит требования технологического процесса производства штоков.

5) Шероховатость покрытия – соответствует требованиям технологического процесса.

Детали «Шток №1» и «Шток №2» показаны на рис. 1.



Рис. 1. Штоки с хромовым покрытием с добавлением углеродных нанотрубок NCM Chrome S

Следующим этапом оптимизации производства планируется перевод ещё 3-х ванн хромирования на электролит с добавлением углеродных нанотрубок NCM Chrome S с целью значительного ускорения производства деталей. По результатам успешного создания данной линии для хромирования будет рассматриваться вопрос о переводе авиационных деталей на хромирование в электролите с углеродными нанотрубками NCM Chrome S.

Результаты опытно-технологической работы

1) Внедрена в производство ванна объёмом 1580 л, в состав электролита которой входят углеродные нанотрубки NCM Chrome S. Успешно захромированы детали «Шток №1» и «Шток №2», хромовое покрытие которых соответствует требованиям технологического процесса.

2) Хромирование деталей в электролите с углеродными нанотрубками NCM Chrome S проходит с в 2 раза большей скоростью по сравнению с хромированием в стандартном электролите. Соответственно, сокращено время хромирования.

3) Применение углеродных нанотрубок NCM Chrome S позволило уменьшить количество хромового ангидрида в составе электролита с 225-275 г/л до 140-170 г/л.

4) Успешно пройдены климатические и ресурсные испытания деталей «Шток №1» и «Шток №2», укомплектованных штоками с хромовым покрытием, полученным при использовании углеродных нанотрубок NCM Chrome S.

5) Обеспечено повышение твёрдости хромового покрытия с использованием углеродных нанотрубок NCM Chrome S до величины 1290 кгс/мм².

6) Кластерное хромовое покрытие деталей с углеродными нанотрубками NCM Chrome S соответствует требованиям технологического процесса по твёрдости, прочности сцепления покрытия с основным материалом детали (адгезии), пористости и шероховатости.

В производстве АО «Авиаагрегат» благодаря замене электролита в рамках всего одного технологического процесса получено покрытие, превосходящее по своим свойствам и по скорости нанесения покрытие, получаемое по исходному технологическому процессу.

Библиографический список

1. Букатый, А.С. Кластерное хромирование деталей с применением нанопорошка оксида алюминия / А.С. Букатый, В.В. Лунин, В.К. Шадрин, Е.В. Зотов, А.Ю. Мухин // Самара: Международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». – 2021. – Т. 2. – С. 319–321.

УДК 621.787:539.319

Злобин А.С.

ОЦЕНКА МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ОСТАТОЧНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ С УЧЁТОМ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕРЕГОВ ТРЕЩИНЫ

Разрушения от малоциклового усталости составляют до 10 % дефектов газотурбинных двигателей вследствие действия нерасчётных режимов нагружения, информации о которых не имелось на стадии проектирования, а также вследствие несовершенства самих методов расчётной оценки прочности, не учитывающих