

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АДГЕЗИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Адгезия, износостойкость гальванических покрытий являются основополагающими показателями в производстве деталей шасси. Ключевым фактором, влияющим на адгезию гальванических покрытий, являются остаточные напряжения [1], которые создаются в поверхностном слое детали на этапах технологического процесса перед операцией «Хромирование». Основной операцией, формирующей технологическую наследственность перед гальванической обработкой, является операция «Шлифование». Как правило, шлифовальная обработка приводит к созданию растягивающих остаточных напряжений и прижогов, отрицательно влияющих как на сопротивление детали усталости, так и на адгезию гальванических покрытий. Прижоги, в том числе скрытые, создаваемые в материале поверхностного слоя поршней и гидроцилиндров, являются причиной отслаивания хромового покрытия. Эта проблема особенно актуальна для деталей из титановых сплавов. Например, при производстве деталей из сплава ВТ3-1 наличие высокого уровня растягивающих остаточных напряжений приводит к отслаиванию гальванических покрытий для ~95% выпущенных деталей. Для деталей из сплава ВТ22 отслаивание вследствие прижогов составляет ~60%. В ряде случаев наблюдается отслаивание покрытий на этапе испытаний гидроцилиндров, вызванное наличием растягивающих остаточных напряжений в поверхностном слое деталей перед операцией «Хромирование».

Решение указанных проблем заключается в создании благоприятной технологической наследственности после операции «Шлифование». Снижение уровня растягивающих и создание сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое деталей позволяет обеспечить требуемую адгезию гальванических покрытий [2], при этом улучшаются параметры герметичности и механические свойства хромового покрытия [3].

В данном исследовании описаны результаты опытно-технологических работ, проведённых с целью оптимизации режимов шлифования по остаточным напряжениям для обеспечения адгезии гальванических покрытий. Исследования проводились на деталях «Поршень со штоком», представляющих собой основной тип деталей, изготавливаемых при производстве авиационных шасси (рис. 1). На АО «Авиаагрегат» детали «Поршень со штоком» изготавливаются из титановых сплавов ВТ3-1 и ВТ22, имеющих высокие

показатели удельной прочности и коррозионной стойкости. При производстве деталей по базовому технологическому процессу основными дефектами являлись сколы и отслаивания хромового покрытия. Для сплава ВТЗ-1 процент брака достигал ~95%. Мероприятия по замене материала ВТЗ-1 на ВТ22 снизили процент брака, но не позволили полностью решить проблему.

Наиболее эффективным мероприятием являлось применение упрочняющей пневмодробеструйной обработки после операции «Шлифование». Упрочнение штоков перед гальванической обработкой позволило оперативно решить проблему отслаивания покрытий, однако не допускалось требованиями конструкторской документации и технологического процесса. Вследствие этих требований было принято решение обеспечить адгезию хромового покрытия с помощью оптимизации режимов шлифования. Основными задачами работ являлось полное исключение скрытых прижогов и минимизация растягивающих остаточных напряжений в поверхностном слое деталей.

На начальном этапе работ проводилось определение остаточных напряжений [4], создаваемых в поверхностном слое детали «Поршень со штоком» при шлифовании на режимах, указанных в базовом технологическом процессе. Эпюра остаточных напряжений после шлифовальной обработки детали «Поршень со штоком» показана на рис. 2. Определение остаточных напряжений на всех этапах работ проводилось на установке АСБ-1 [5] (рис. 3). Вырезка образцов в форме полуколец осуществлялась электроэрозионной обработкой. Фотографии образцов представлены на рис. 4.



Рис. 1. «Поршень со штоком» из сплава ВТЗ-1 с дефектами хромового покрытия

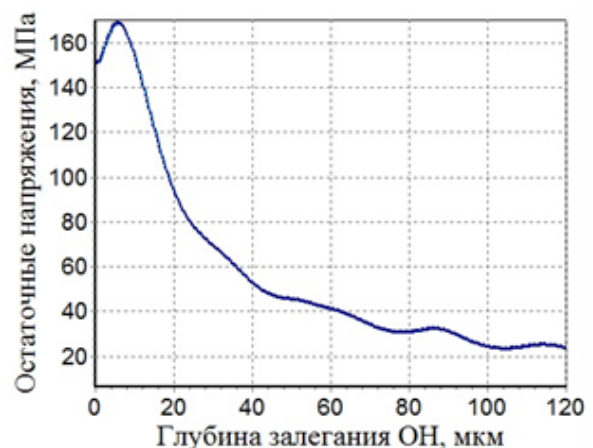


Рис. 2. Эпюра остаточных напряжений после шлифовальной обработки детали «Поршень со штоком»

Остаточные напряжения (ОН) после операции «Шлифование» являлись растягивающими и достигали величины 170 МПа. Операция «Отжиг», следующая за

операцией «Шлифование», уменьшала уровень растягивающих ОН, но не обеспечивала требуемую адгезию хромового покрытия.



Рис. 3. Установка для автоматического определения остаточных напряжений АСБ-1



Рис. 4. Образцы-полукольца

С целью выявления оптимального режима шлифования на следующем этапе опытных работ был разработан план проведения полнофакторного эксперимента. Основными варьируемыми факторами, влияющими на остаточные напряжения, были: скорость продольного перемещения стола (5,3; 15 мм/об), шаг поперечного перемещения шлифовального круга – припуск на обработку (0,005; 0,01; 0,02 мм), скорость вращения образца (50, 100, 200, 300, 400 об/мин). Общий припуск, снимаемый за операцию «Шлифование» был одинаков для всех образцов и составлял 0,1 мм (0,2 мм в диаметре). Для проведения опытно-технологических работ были выбраны 30 режимов круглого шлифования наружной поверхности образцов из сплава ВТЗ-1. Определение остаточных напряжений проводилось для всех выбранных режимов.

По результатам проведённых работ был найден режим, позволивший снизить подслоиные растягивающие остаточные напряжения до величины ~ 20 МПа на глубине залегания ~ 10 мкм, при этом на поверхности были получены околонулевые напряжения, составляющие ~ -3 МПа.

Представленные результаты получены на следующем режиме:

- продольное перемещение стола – 5,3 мм/об детали;
- поперечное перемещение круга (припуск на обработку) – 0,02 мм;
- скорость вращения образца – 300 об/мин;
- количество проходов – 20.

Выбранный режим круглого шлифования исключил появление прижогов и обеспечил требуемую адгезию хромового покрытия детали «Поршень со штоком» из сплава ВТЗ-1. Для проверки адгезии хромовое покрытие было прошлифовано до материала детали (рис. 5). Отслоение покрытия не наблюдалось на всех исследуемых деталях.



Рис. 5. Проверка адгезии покрытия на детали «Поршень со штоком»

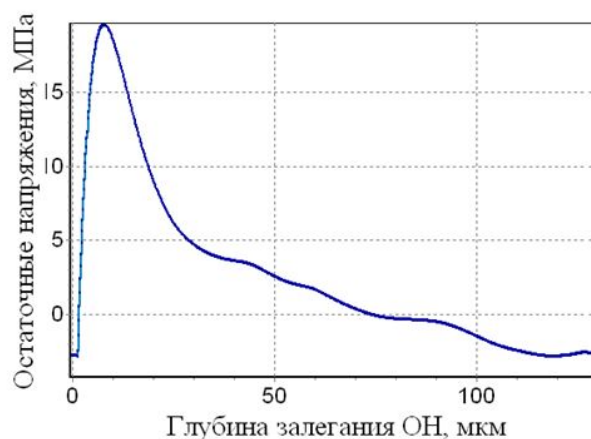


Рис. 6. Эпюра остаточных напряжений после шлифования на выбранном режиме

На заключительном этапе исследования выбранный режим был апробирован на деталях – штоках, цилиндрах, поршнях, изготавливаемых из титановых сплавов ВТ22, ВТЗ-1 и сталей 30ХГСА, 30ХГСН2А. Улучшение адгезии получено не только для хромового покрытия, но и для покрытия деталей никелем.

Выводы

1. Успешно проведена оптимизация технологического процесса «Шлифование» по остаточным напряжениям для детали «Поршень со штоком» с целью обеспечения адгезии гальванических покрытий.

2. Обеспечена адгезия гальванических покрытий авиационных деталей из сплавов ВТ22 и ВТЗ-1, предотвращено появление прижогов в поверхностном слое деталей на операции «Шлифование», исключены дефекты деталей в виде сколов хромового покрытия. Подслойные растягивающие остаточные напряжения для исследуемых деталей уменьшены со 170 МПа до 20 МПа.

3. Применение автоматизированной системы определения остаточных напряжений АСБ-1 позволило с высокой точностью определить величины остаточных напряжений на начальном участке эпюр (до 10 мкм), что позволило осуществить корректный выбор оптимального режима шлифования.

Библиографический список

1. Букатый, А.С. Повышение адгезии гальванических покрытий на основе исследования остаточных напряжений в поверхностном слое деталей из титановых сплавов [Текст]/ А.С. Букатый, А.А. Декань, В.В. Лунин, Е.В. Зотов // I Международная научно-практическая конференция «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства». – Керчь: КГМТУ, 2020. – С. 107-110.

2. Букатый, А.С. Обеспечение адгезии гальванических покрытий для титановых сплавов на основе исследования остаточных напряжений после шлифования и упрочнения [Текст]/ А.С. Букатый, В.В. Лунин, П.А. Пешков, Е.В. Зотов // XXI Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов. – Самара: Самарский Университет, 2020. – Ч. 2. – С. 69-72.

3. Букатый, А.С. Оптимизация технологического процесса изготовления деталей из титановых сплавов для обеспечения адгезии покрытий из никеля и хрома [Текст]/ А.С. Букатый, В.В. Лунин, П.А. Пешков, Е.В. Зотов // Международная научно-техническая конференция "Проблемы и перспективы развития двигателестроения". – Самара: Самарский Университет, 2018. – С. 231-233.

4. Иванов, С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок [Текст]/ С.И. Иванов // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ, 1971. – Вып. 48. – С. 179-183.

5. Букатый, С.А. Автоматизированная система определения остаточных напряжений [Текст]/ С.А. Букатый, А.С. Букатый // Механика и процессы управления. Труды XXXVIII Уральского семинара. – Екатеринбург: УрО РАН, Миасс, 2008 – Т. 1. – С. 191–194.