

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Синькевич Ю.В., Шелег В.К., Янковский И.Н.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь, [metech@bntu.by](mailto:metech@bntu.by)

Структура гальванического покрытия и его свойства в значительной мере определяются начальным актом электрохимического процесса – возникновением кристаллических зародышей осадка на поверхности подложки [1]. Этот акт неразрывно связан не только с условиями электролиза, но и с состоянием поверхности, на которой происходит разряд ионов металла. Одним из основных показателей качества покрытий является прочность сцепления покрытия с подложкой, величина которой существенно зависит от метода подготовки поверхности детали перед электроосаждением металлов. Известные способы подготовки поверхностей деталей в гальванотехнике включают операции обезжиривания, травления и активации, в результате которых поверхность очищается от механических и химических загрязнений, продуктов коррозии и тонких оксидных пленок. Однако при этом не выявляется истинная структура металла, которая была искажена предшествующими операциями механической обработки, что отрицательным образом может сказаться на качестве покрытия. Решение данной проблемы возможно при использовании в качестве предшествующих электроосаждению операций электроимпульсного полирования (ЭИП). Известно влияние ЭИП поверхностей деталей на прочность сцепления ионно-плазменного покрытия TiN [2]. Авторами установлено, что предварительное ЭИП подложек из сталей 10 и 12Х18Н10Т в течение 1...10 мин повышает прочность сцепления покрытия в среднем на 29%. Однако до настоящего времени нет экспериментально подтвержденных данных о влиянии ЭИП на прочность сцепления гальванических покрытий.

Цель настоящей работы – экспериментальное исследование прочности сцепления гальванического твердого хромового покрытия с электроимпульсно полированной подложкой из углеродистой конструкционной стали 10.

Проведенные нами ранее исследования [3] позволили установить влияние технологических режимов ЭИП на сглаживание шероховатости поверхности углеродистой конструкционной стали 10. Поэтому в данной работе предварительно шлифованные образцы до уровня  $Ra$  2,5...1,25 мкм подвергали ЭИП в течение 1; 2; 5 и 7 мин на оптимальных режимах. ЭИП подложки позволило получить поверхность с благоприятной топографией и высокой отражательной способностью без каких-либо загрязнений и тепловых дефектов поверхностного слоя, характерных для механической обработки. После этого на полированные образцы наносили хромовое покрытие толщиной 10 мкм по стандартной методике [4].

Прочность сцепления хромового покрытия определяли по методике царапания тонкопленочного покрытия алмазным конусом Роквелла, разработанной фирмой LEYBOLD-HERAEUS GMBH (Германия). Сущность методики заключается в том, что индентор с закругленной вершиной проводится по плоской поверхности с покрытием, а действующая на индентор сила дискретно увеличивается вплоть до начала отделения покрытия от подложки. Контакт между нагруженным индентором и покрытием приводит к деформации исследуемого покрытия и вызывает напряжения в покрытии и в металле подложки. Область, расположенная непосредственно под острием алмаза, находится в сжатом состоянии, в то время как область покрытия, непосредственно прилегающая к индентору – в напряженном состоянии с макси-

мальным напряжением на краю поверхности контакта индентора с покрытием. Критическая нагрузка достигается тогда, когда напряжение на периферии поверхности контакта достигает значения прочности сцепления покрытия с металлом подложки.

Для определения критической нагрузки на поверхности образца наносилась сетка параллельных царапин длиной 5...7 мм при дискретном увеличении нагрузки на острие алмаза от 10 до 35 Н с шагом 1 Н. Исследование структуры царапин осуществлялось методом высокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии с микрорентгеноспектральным анализатором (МРСА). Работа проводилась на электронном микроскопе «Mita» фирмы TESCAN (Чехия) с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром "Inca 350" фирмы OXFORD INSTRUMENTS (Великобритания). Морфологию поверхности исследовали в режиме отраженных электронов при ускоряющем напряжении 20 кВ и увеличениях от 1000 до 10000 крат. Спектрометр «Inca 350» позволяет регистрировать рентгеновское излучение элементов, начиная с  $Z = 5$  (бор). Применение МРСА позволило корректно определить критическую нагрузку, при которой происходит разрушение всего покрытия, а не только его верхнего слоя.

На рисунке 1 представлена зависимость прочности сцепления хромового покрытия с подложкой от продолжительности ЭИП. Как видно из рисунка, увеличение времени полирования подложки приводит к росту прочности сцепления хромового покрытия в среднем на 3% на каждую 1 мин полирования. Полирование в течение 7 минут позволяет увеличить прочность сцепления более чем на 18%, что значительно повышает качество и эксплуатационные характеристики покрытия.

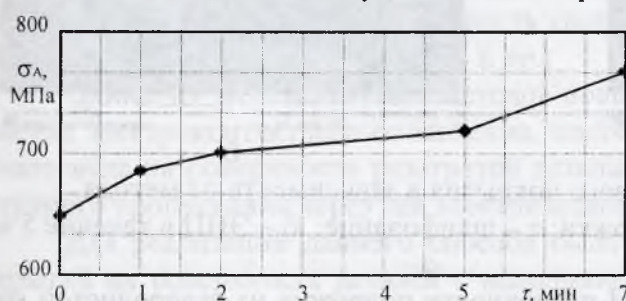


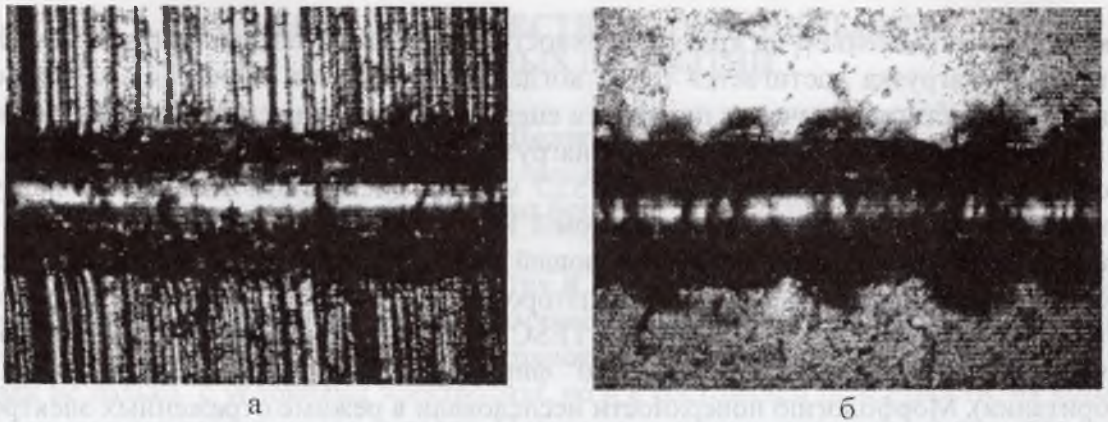
Рис. 1. Прочность сцепления хромового покрытия с подложкой

Повышение прочности сцепления вызвано тем, что при ЭИП наряду со снижением шероховатости поверхности происходит уменьшение количества дефектных участков на поверхности подложки и устраняется направленная анизотропия магнитных свойств, полученная при предварительной механической обработке. Необходимо отметить, что

поскольку осаждение металла начинается на вершинах микропрофиля поверхности, то при осаждении хромового покрытия на шероховатую поверхность в каждой впадине микропрофиля поверхности подложки возникают дополнительные изгибающие моменты в покрытии. В результате ЭИП подложки имеют более низкую шероховатость и благоприятную топографию поверхности, что приводит к снижению изгибающих моментов и соответственно к уменьшению остаточных напряжений в покрытии, что так же положительно сказывается на прочности сцепления покрытия с подложкой.

На рисунке 2 приведены фотографии внешнего вида разрушения хромового покрытия после анализа зоны разрушения на рентгеновском энергодисперсионном спектрометре «Inca 350».

В ходе эксперимента также было установлено, что увеличение продолжительности ЭИП подложки помимо влияния на прочность сцепления приводит к значительному улучшению внешнего вида хромового покрытия и к снижению количества сфероидов в покрытии на 65...75%. На рисунке 3 представлены фотографии внешнего вида хромового покрытия в зависимости от метода подготовки поверхности подложки.



Подложка после шлифования (а) и ЭИП в течение 7 мин  
 Рис. 2. Внешний вид разрушения хромового покрытия при достижении критической нагрузки после обработки на спектрометре «Inca 350»

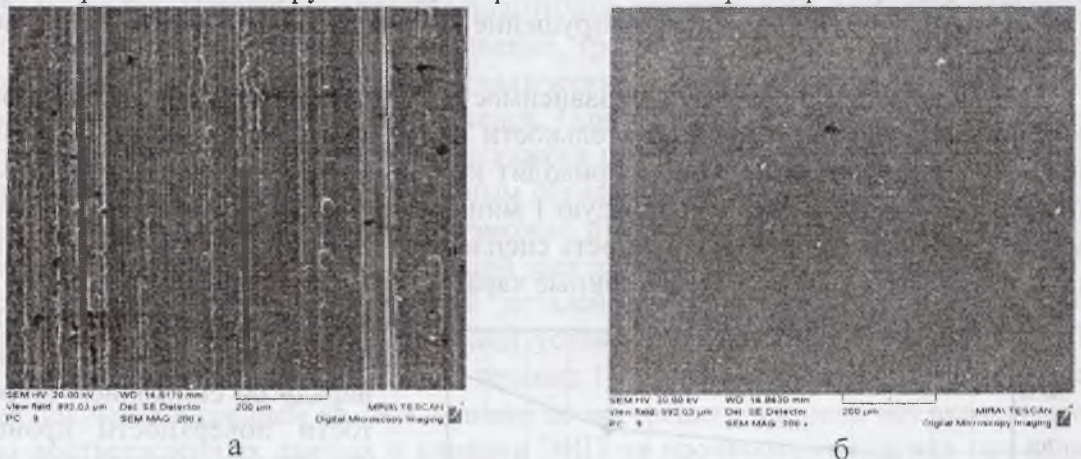


Рис. 3. Внешний вид хромового покрытия в зависимости от метода подготовки поверхности подложки: а – шлифование; б – ЭИП в течение 5 мин

**Выводы.** Установлено, что ЭИП поверхности подложки из углеродистой конструкционной стали 10 в течение 7 мин повышает прочность сцепления хромового покрытия с подложкой на 18 % (с 648 до 764 Мпа) и снижает количество сфероидов в покрытии на 65...75%. Учитывая схожесть механизмов электроосаждения различных металлов, можно предположить, что ЭИП будет оказывать аналогичное влияние на качество покрытий при гальваническом нанесении различных металлов и соединений.

#### Список литературы:

1. Фокин, М.Н. Методы коррозионных испытаний металлов / М.Н. Фокин, К.А. Жигалова. – М.: Металлургия, 1986. – 80 с.
2. Синькевич, Ю.В. Влияние электроимпульсного полирования подложки на качество вакуумно-плазменных покрытий TiN / Ю.В. Синькевич, В.К. Шелег // Вестник полоцкого государственного ун-та. Серия В. Прикладные науки. – 2008. – № 2. – С. 112–116.
3. Синькевич, Ю.В. Обеспечение геометрических параметров качества поверхности электроимпульсным полированием / Ю.В. Синькевич, И.Н. Янковский // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. / Донецкий национ. техн. ун.-т. – Донецк, 2006. – Вып. 32. – С. 200–206.
4. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.