

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ ПОДЛОЖКИ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Синькевич Ю.В., Беляев Г.Я., Янковский И.Н. (БНТУ, г. Минск, Беларусь)

Results of researches of durability of coupling of a galvanic chromic covering with the electroimpulse polished substrate from carbonaceous constructional steel are resulted. It is shown, that electropulse polishing of a surface of a substrate promotes increase in durability of coupling and improvement of appearance of a galvanic covering.

Введение. 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, 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 оказаться на качестве покрытия. Решение данной проблемы возможно при использовании в качестве предшествующих электроосаждению операций электрохимического или химического полирования. Использование электрохимического полирования перед нанесением гальванических покрытий положительным образом оказывается на прочности сцепления покрытий с подложкой [2, 3].

Основываясь на опыте электрохимического полирования, аналогичного мнения придерживаются авторы [4] о влиянии электроимпульсного полирования (ЭИП) на прочность сцепления гальванических покрытий с подложкой. Однако до настоящего времени экспериментально подтвержденных данных о влиянии ЭИП на прочность сцепления гальванических покрытий нет. Известно влияние ЭИП поверхностей деталей на прочность сцепления ионно-плазменного покрытия TiN [5]. Авторами установлено, что предварительное ЭИП подложки из сталей 10 и 12Х18Н10Т в течение 1...10 мин повышает прочность сцепления покрытия в среднем на 29%.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование прочности сцепления гальванического хромового покрытия с электроимпульсно полированной подложкой из углеродистой конструкционной стали.

Методика исследований

Оценку прочности сцепления хромового покрытия определяли по методике, разработанной фирмой Leybold-Heraeus – «Царапания тонкопленочного покрытия алмазным конусом Роквелла». 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 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 максимальным напряжением на краю поверхности кон-

такта индентора с покрытием. Критическая нагрузка достигается тогда, когда напряжение на периферии поверхности контакта достигает значения прочности сцепления покрытия с металлом подложки. Данная теория впервые была разработана Ц. Вивером [6, 7], согласно которой критическая нагрузка зависит от прочности сцепления покрытие–металл и от твердости покрытия, а прочность сцепления покрытия с подложкой можно рассчитать по формуле

$$\sigma_A = k \frac{1}{\sqrt{\pi R}} \cdot \sqrt{W_c H},$$

где σ_A – прочность сцепления, кг/мм²; R – радиус индентора при вершине, мм; W_c – наблюдалася критическая нагрузка, кг; H – твердость покрытия, кг/мм²; k – коэффициент Вивера (рекомендуется принимать $k=1$).

Для определения критической нагрузки на поверхности образца наносилась сетка параллельных царапин длиной 5...7 мм, при этом нагрузка на острие алмаза дискретно возрастала от 10 до 35 Н с шагом 1 Н. Исследование структуры царапин, образовавшихся на поверхности покрытия под действием индентора, осуществлялось методом высокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии с микрорентгеноспектральным анализатором (МРСА). Работа проводилась на электронном микроскопе «Mira» с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром "Inca 350" фирмы «Oxford Instruments». 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.

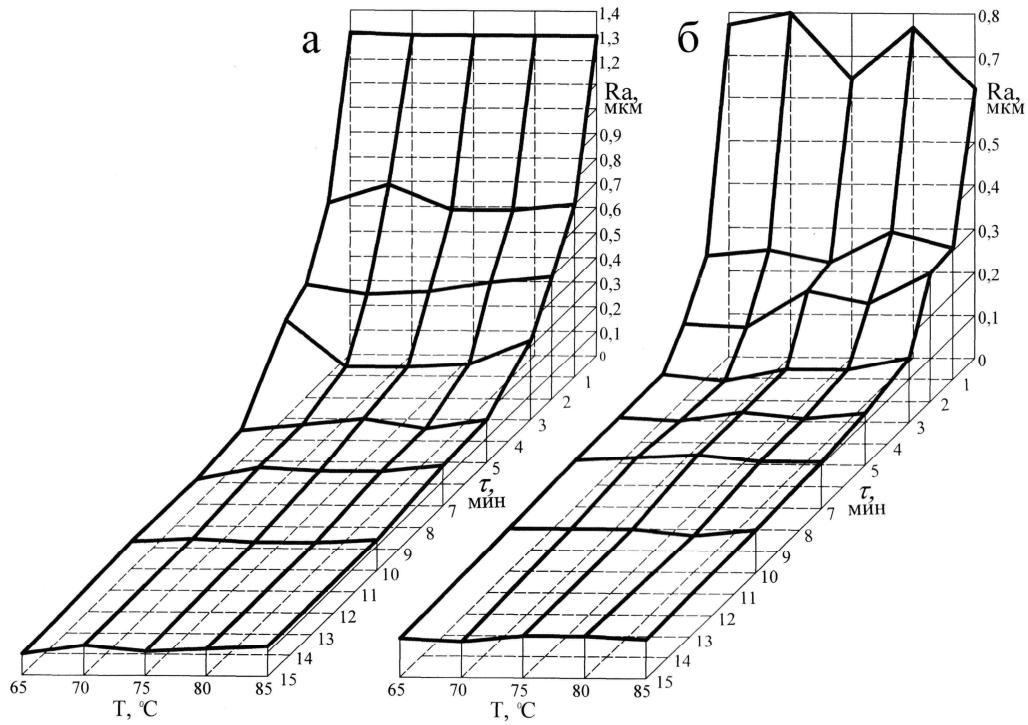
Результаты и их обсуждение

Влияние предварительного ЭИП на прочность сцепления гальванических покрытий (твердый хром) исследовалось на подложке из углеродистой конструкционной стали 10.

Проведенные ранее исследования [8] позволили установить влияние технологических режимов ЭИП (времени обработки, температуры и состава электролита, а также высоты исходного микропрофиля поверхности) на сглаживание шероховатости поверхности углеродистой конструкционной стали (рис. 1). Исходя из полученных данных, максимальное время полирования подложки перед нанесением гальванического покрытия не превышало 7 мин. Предварительно шлифованные образцы до уровня шероховатости Ra 2,5...1,25 мкм подвергали ЭИП в течение 1, 2, 5, 7 мин. Полирование 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 [9].

На рис. 2 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 покрытия. На рис. 3 *a - d* представлены фотоснимки разрушения хромового покрытия, полученные на электронном микроскопе «Mira», а на рис. 3 *e* – фотоснимок

разрушения покрытия после анализа зоны разрушения покрытия на рентгеновском энергодисперсионном спектрометре «Inca 350».



1 – $Ra^{\text{наг}} = 1,25 \dots 1,3 \text{ мкм}$; 2 – $Ra^{\text{наг}} = 0,63 \dots 0,8 \text{ мкм}$

Рис. 1. Изменение параметра Ra при ЭИП стали 10

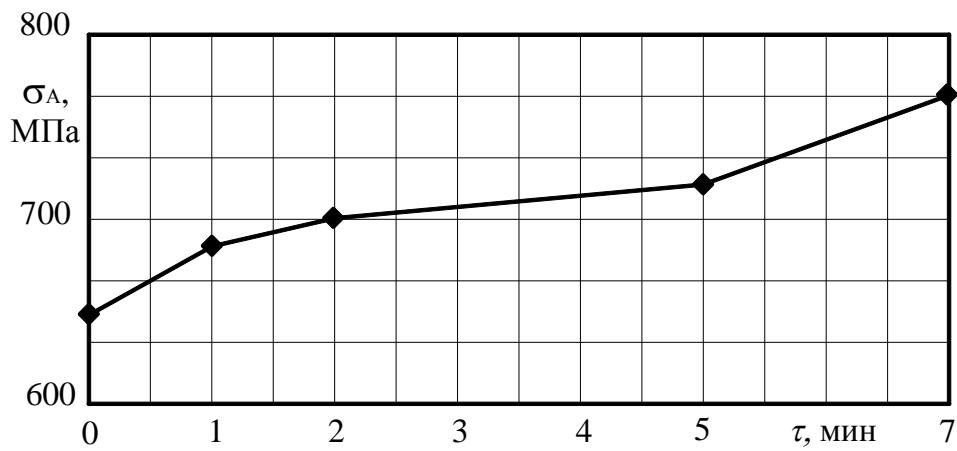


Рис. 2. Прочность сцепления хромового покрытия в зависимости от продолжительности ЭИП подложки

Повышение прочности сцепления вызвано тем, что при ЭИП наряду со снижением шероховатости поверхности происходит уменьшение количества дефектных участков на поверхности подложки, устраняется направленная анизотропия магнитных свойств, полученная при предварительной механической обработке. Необходимо отметить, что при осаждении хромового покрытия на шероховатую поверхность в каждой впадине микропрофиля поверхности подложки возникают дополнительные изгибающие моменты в покрытии, поскольку осаждение металла начинается на вершинах мик-

ропрофиля поверхности. В результате ЭИП полированные подложки имеют более низкую шероховатость и благоприятную топографию поверхности, что приводит к снижению изгибающих моментов и, соответственно, к уменьшению остаточных напряжений в покрытии, что также положительным образом сказывается на прочности сцепления покрытия с подложкой.

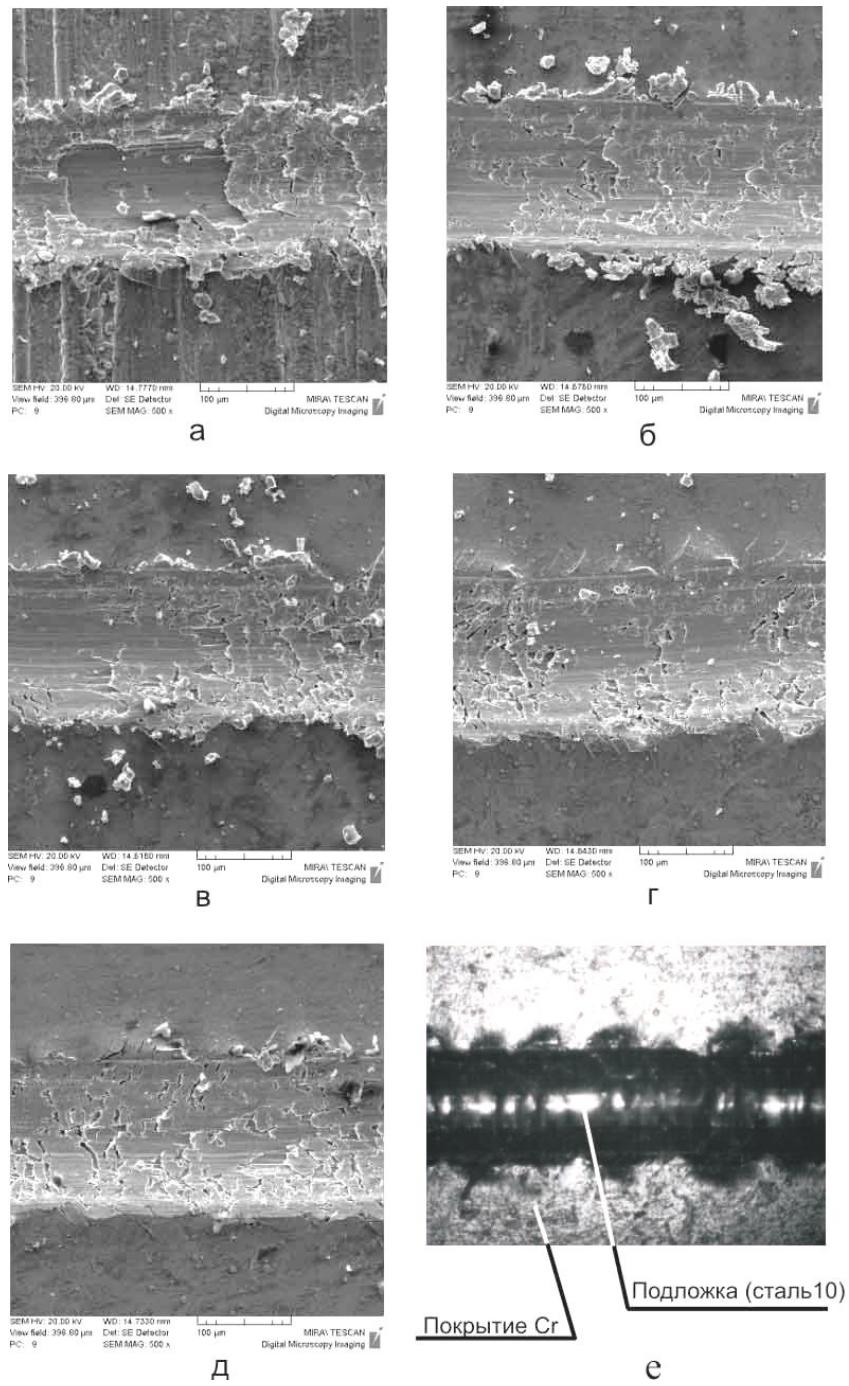


Рис. 3. Внешний вид разрушения хромового покрытия при достижении критической нагрузки на индентор: подложка после а – шлифование; б, в, г – ЭИП в течение 1, 2 и 5 мин соответственно, д, е – ЭИП в течение 7 мин

В ходе эксперимента установлено, что увеличение продолжительности ЭИП подложки помимо влияния на прочность сцепления приводит к значительному улучшению внешнего вида хромового покрытия и снижению количества сфероидов в покрытии на 65...75%. На рис. 4 представлены фотографии хромового покрытия в зависимости от метода подготовки поверхности подложки.

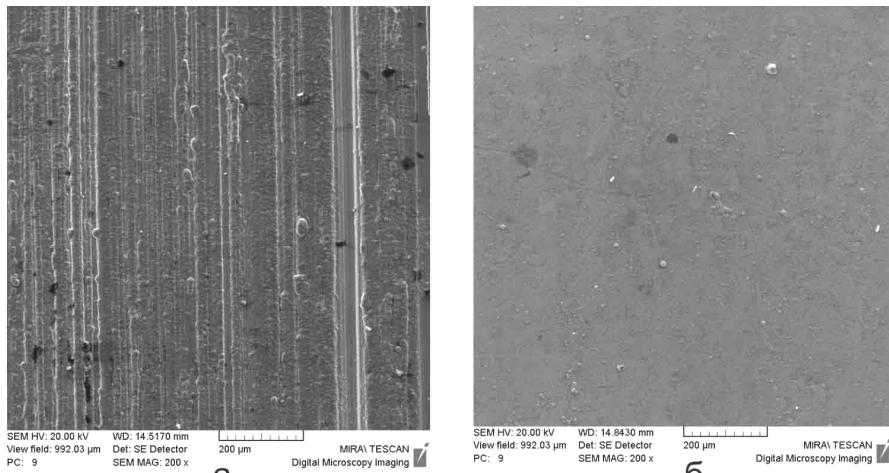


Рис. 4. Внешний вид хромового покрытия
в зависимости от метода подготовки поверхности подложки:
а – шлифование; б – ЭИП в течение 5 мин

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что ЭИП поверхности подложки из углеродистой конструкционной стали в течение 7 мин повышает прочность сцепления хромового покрытия с подложкой с 648 до 764 МПа (на 18 %) и снижает количество сфероидов в покрытии на 65...75 %. Учитывая, что механизм электроосаждения различных металлов практически одинаков, можно предположить, что ЭИП будет оказывать аналогичное влияние на качество покрытий при гальваническом нанесении других металлов и соединений.

Список литературы: 1. Фокин М.Н., К.А. Жигалова. Методы коррозионных испытаний металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 80 с. 2. Грилихес С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов. – Л.: Машиностроение, 1987. – 232 с. 3. Ямпольский А.М. Гальванические покрытия. – Л.: Машиностроение, 1978. – 168 с. 4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] Электролитно плазменное полирование. Респ. Беларусь. – Солигорск, 2004. – Режим доступа: <http://www.finishing.narod.by>. – Дата доступа: 15.02.2008. 5. Головкина Е.Я., Синькевич Ю.В. Исследование параметров шероховатости поверхности стальных деталей после электроимпульсного полирования и нанесения тонкопленочных покрытий // Извест. ВУЗов СССР. Сер. Машиностроение. – 1989. – Вып. 6. – С. 134 – 138. 6. P. Benjamin, C. Viver. Proc. Royal Society. – London. – 1960. – 163 p. 7. Viver C. J. Vac. Sci. Technol. – 1975. – 18 p. 8. Синькевич Ю.В., Янковский И.Н. Обеспечение геометрических параметров качества поверхности электроимпульсным полированием // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Межд. сб. науч. тр. ДонНТУ. – Донецк, 2006. – Вып. 32. – С. 200–206. 9. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. – М.: Химия, 1979. – 352 с.

Сдано в редакцию 24.01.09