

УДК 621.793.74

Экспериментальное исследование прочности сцепления композитного покрытия со стальной подложкой

Жачкин Сергей Юрьевич

zhach@list.ru

SPIN-код: 9374-2996

Трифонов Григорий Игоревич^(*)

i@trifonov.ru

Котов Арсений Павлович

arseniykotov555@gmail.com

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследования, направленного на оценку влияния технологических режимов осаждения на величину адгезионной прочности сцепления композитного покрытия со стальной основой. На основе проведенных экспериментов, а также по итогу регрессионного и корреляционного анализов, было определено, что основным фактором, влияющим на величину исследуемого критерия, является давление инструмента.

Ключевые слова: композитное покрытие, адгезионная прочность, технологические режимы, регрессионный анализ, эксперимент

Введение. При нанесении композитных покрытий процесс гальванического хромирования характеризуется высокой степенью стабильности. В контексте анализа нанокompозитных гальванических покрытий следует учитывать, что достижение требуемой равномерности нанесения композитных слоев на стальную основу представляет собой весьма трудоемкий процесс [1].

Адгезионная прочность является ключевыми характеристиками, определяющая качество как композитных покрытий, так и других видов функциональных поверхностных слоев, наносимых на металлическую основу. Научные изыскания, проведенные в работах [2–5], демонстрируют, что все разновидности покрытий, включая покрытия на основе хрома, характеризуются высоким уровнем прочности сцепления покрытия с основой, который зачастую превосходит когезионную прочность самого покрытия. Помимо этого, в контексте обсуждения пористости покрытий, в соответствии с исследованиями [1–5], дисперсные частицы композиционного материала способствуют ее уменьшению.

Методы и материалы; результаты. В ходе проводимых лабораторно-экспериментальных исследований в процессе нанесения покрытий в качестве образцов для осаждения использовались втулки из стали 30 ХГСА. Диаметр исследуемых образцов — 10 мм, а длина поверхности, которая подвергалась осаждению — 55 мм (рис. 1).

На основании ГОСТ 9.302–88 производилось определение адгезионной прочности нанокompозитного покрытия. Определялись массы стальных образцов после осаждения покрытия m_1 , до осаждения m_2 и после сдавливания на прессе m_3 :

$$C_{\text{ц}} = \frac{m_3 - m_2}{m_1 - m_2} \cdot 100 \%. \quad (1)$$

Характеристики экспериментального плана были тщательно подобраны с целью достижения беспористых покрытий и минимизации наводороживания стальной основы. В рамках предварительного эксперимента был проведен корреляционный анализ для выявления факторов, влияющих на адгезию покрытия.



Рис. 1. Стальные образцы из стали 30 ХГСА

Было определено, что факторами, оказывающими существенное влияние на адгезионную прочность покрытия со стальной основой являются плотность тока (i), температура электролита (t) и давление инструмента (p). Все остальные рассматриваемые факторы оказались либо статистически незначимыми, либо мультиколлинеарными.

После чего был проведен регрессионный анализ, исследуемым критерием при котором являлась микрогеометрия получаемого покрытий ε , мкм, а независимыми факторами — выше представленные параметры.

После раскодирования было получено уравнение регрессии в натуральных единицах:

$$\varepsilon = 20,762 + 1,637i + 1,396t + 21,954p - 0,044it - 0,331tp. \quad (2)$$

Было выявлено, что модификация технологических параметров процесса позволяет повлиять на микроструктуру нанокompозитного покрытия (рис. 2). Адгезия покрытия к основе составила 90–98 %, в то время как у стандартных покрытий этот показатель составляет 32–58 %. Таким образом, адгезионная прочность увеличилась в 1,7–3,2 раза.

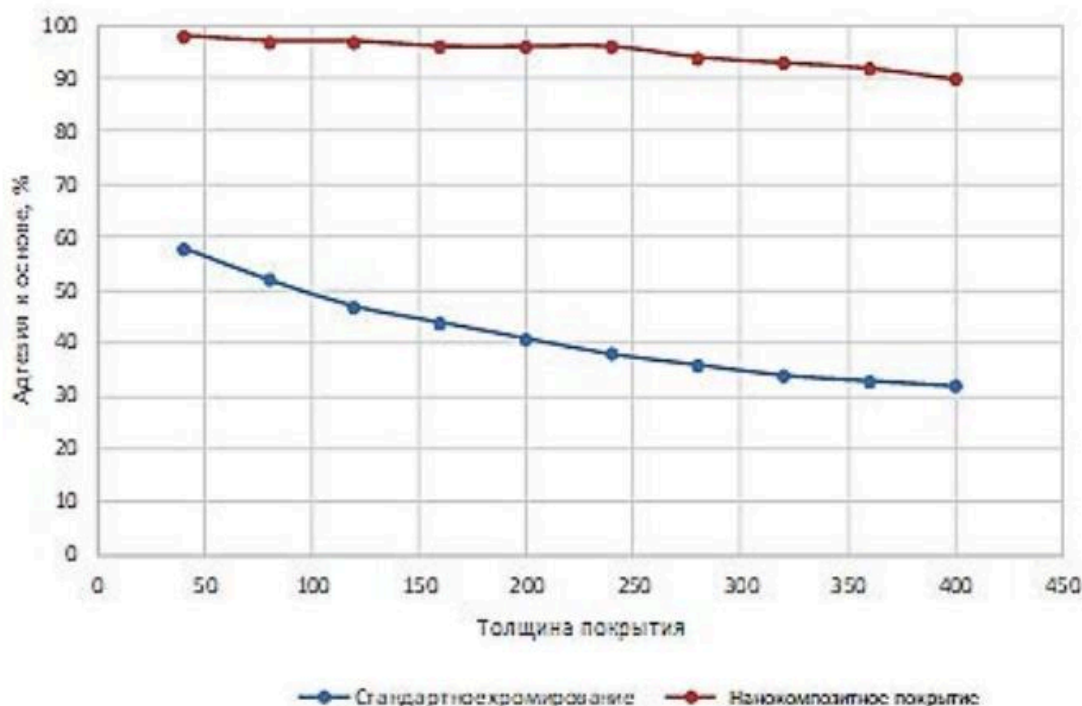


Рис. 2. Экспериментальная проверка адгезии покрытия к основе

Заключение. В результате проведенных исследований была разработана математическая модель, отражающая воздействие технологических параметров осаждения композита на характеристики микрогеометрии композитного покрытия.

Список источников

- [1] Жачкин С.Ю., Трифонов Г.И., Сидоркин О.А., Пустоветов А.В. Износостойкость никелевых композиционных покрытий с микронными и субмикронными частицами SiC. *Инженерные технологии и системы*, 2024, т. 34, № 4, с. 629–647.
- [2] Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. *Обработка специальных материалов в машиностроении*. Москва, КолосС, 2004, 264 с.
- [3] Живогин А.А. *Восстановление гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники композитным покрытием на основе железа*. Дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2014, 174 с.
- [4] Цысоренко П.В. *Разработка технологии размерного восстановления внутренних цилиндрических поверхностей гильз гидроцилиндров сельскохозяйственной техники композитным покрытием на основе хрома*. Дис. ... канд. техн. наук. Мичуринск-Наукоград РФ, 2012, 134 с.
- [5] Архипов В.Е., Лондарский А.Ф., Москвитин Г.В., Пугачев М.С. Методики исследований адгезии и когезии металлических покрытий. *Деформация и разрушение материалов и наноматериалов. VII Междунар. конф.: сб. материалов*. Москва, ИМЕТ РАН, 2017, с. 791–793.