

чтобы эти группы обладали способностью вступать в интенсивное взаимодействие с поверхностными группами субстрата, например, выполняли роль доноров электронов [1].

В более ранних исследованиях [6] проанализированы адгезионные композиции на основе сополимеров этилена с винилацетатом (СЭВА), предлагаемые в качестве клеяющего подслоя (праймера) при нанесении полиолефиновых защитных покрытий на металлические поверхности (рис. 1).

Ингредиенты, масс.ч.	Номер композиции					
	1	2	3	4	5	6
СЭВА	100	100	100	100	100	100
Полиизоцианат, блокированный ϵ -капролактамом	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	3,5
Стабилизатор	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	1,0
Наполнитель	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Рисунок 1– Некоторые составы адгезивов

Заключение.

Таким образом, можно заключить следующее:

1. Для повышения адгезионной прочности металлического покрытия с токопроводящим полимером можно условно выделить следующие приемы: подготовка поверхности металла для последующего нанесения пластика с помощью 3D принтинга; подбор оптимальных температур нагрева металла для нанесения адгезива и последующего 3D принтинга полимерного покрытия; введение поверхностно-активных веществ (ПАВ) в состав адгезива с целью снижения поверхностного натяжения адгезива за счет его положительной адсорбции на поверхности субстрата.

2. Для получения металлического подслоя в системе металл-полимер с повышенной износостойкостью и сниженным уровнем остаточных напряжений рекомендуется использовать интегральную технологию ЭИЛ с УЗВ.

3. При оценке адгезионных свойств полученной системы металл-полимер необходимо учитывать: тип адгезионных связей полимерного материала с металлической поверхностью, а именно – продолжительность контакта, радиус кривизны поверхности, шероховатость поверхности и т.д.; требуемые условия эксплуатации композиционного материала (температура, воздействие агрессивных сред, вид и продолжительность действий нагрузки и др.), способные разрушить адгезионную связь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1974. – 321 с., ил.
2. Шандров Б.В., Варганов М.В., Зинина И.Н. Экспериментальные исследования влияния технологических факторов на прочность адгезионных соединений / Сборка в машиностроении и приборостроении. –Брянск. 2001.– С. 77 - 80.
3. Макушин А.П. Влияние шероховатости металлической поверхности на сцепляемость пластиковых покрытий // Вестник машиностроения.– 1966. №7.– С.32-34.
4. Н.М. Чигринова. Перспективы интенсификации микроплазменного упрочнения и восстановления металлических изделий повышенной точности энергомеханическим воздействием / 50 лет порошковой металлургии Беларуси. История, достижения, перспективы./ред. кол.: А.Ф. Ильющенко [и др.].- Минск, 2010.- 632 с.
5. Патент № 8228 от 30.06.2012. Способ электроискровой обработки с виброударным упрочнением металлической поверхности с задаваемыми амплитудой и частотой. Авт. Чигринова Н.М.
6. Касач Ю.И. Разработка приемов формирования требуемого рельефа поверхности электроискровых покрытий для обеспечения адгезионной связи с токопроводящим полимером / Магистерская дис-я. 2017г.

УДК 691.9.048.4

СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ И ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩИЕ ПРИЕМЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

д-р техн. наук Чигринова Н.М., ФММП, БНТУ, г. Минск

Резюме – в статье приводятся данные по влиянию составов легирующих анодов и схем обработки на основные качественные характеристики электроискровых покрытий. Указана роль предварительной цементации стальной основы в протекании диффузионных процессов в анодно-катодной области при легировании, формировании рельефа поверхности покрытия и изменения его толщины. Отмечены преимущества интегральной технологии электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием перед типовым методом ЭИЛ при получении покрытий увеличенных толщин с более однородной топографией поверхности и увеличенной микротвердостью.

Ключевые слова: технология, электроискровое легирование, ультразвуковое воздействие, легирующие аноды, металлическая основа, покрытие, вибрация, импульсный ток, эрозия материала, композиционный слой

Введение. В современном машиностроении, когда уровень и диапазон эксплуатационных требований к узлам и механизмам существенно расширился, все более остро стоит проблема поиска новых или модернизации стандартных материалов, из которых они изготавливаются. Решение этой проблемы сегодня достигается либо за счет создания новых материалов с улучшенными свойствами, для чего необходимо не только время, но и серьезные исследования, или посредством модернизации стандартных сплавов. Одним из наиболее эффективных путей решения является обработка контактных поверхностей взаимодействующих при работе изделий с формированием в критических зонах узлов и механизмов защитных слоев. Среди множества методов получения защитных покрытий ведущее место принадлежит интегральной технологии электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием (ЭИЛ с УЗВ) [1]. Данный процесс основан на использовании искрового разряда и ультразвукового механического воздействия, результатом чего является эрозия материала анода, более активный перенос продуктов эрозии на обрабатываемую поверхность (катод) и снижение уровня остаточных напряжений в материале [1]. При этом заметная роль в формировании прогнозируемых характеристик покрытий – их структуры, толщины, рельефа поверхности – принадлежит материалу легирующего анода. Поэтому изучение факторов, способных оказать влияние на характер, интенсивность анодно-катодных взаимодействий и их результаты, представляет серьезный научный интерес.

Основная часть. Основными параметрами, обуславливающими динамику процесса легирования и характер анодно-катодных взаимодействий, ответственных за качество и свойства электроискровых покрытий, являются уровень энергетического воздействия, определяемый схемой обработки – ЭИЛ или ЭИЛ с УЗВ, и составы легирующих анодов. Для установления роли каждого из этих факторов был проведен ряд экспериментов, где входными параметрами являлись схема обработки и составы легирующих анодов, а выходными – рельеф созданного покрытия, его структурное состояние и микротвердость. Обработку стальных образцов производили на установке «Элитрон 22-А» ультразвуковой установке УИЛ-2 с частотой вибраций анода 22 кГц.

Поскольку основное назначение электроискрового легирования – повышение износостойкости и твердости обработанной поверхности, в качестве легирующих анодов использовали электроуглерод, композицию на основе никеля с хромом (Ni-Cr), легированную сталь и твердые сплавы системы ВК.

При проведении экспериментов было установлено, что, независимо от схемы обработки, т.е. от уровня энергомеханического воздействия на обрабатываемый материал, при легировании стальной основы графитовым электродом происходит лишь насыщение изделия углеродом с образованием большого количества карбидов железа, а само покрытие не образуется, что совпадает с данными других исследователей [2–5].

Роль уровня энергомеханического воздействия (схемы обработки) проявляется в возрастании в 1,5–1,8 раза толщины формируемых выбранными анодами покрытий в результате применения интегрального метода ЭИЛ с УЗВ (рис. 1, б). Так, рис. 1 иллюстрирует динамику прироста толщины покрытия при легировании стальной основы типовым и интегральными методами несколькими легирующими анодами, один из которых – электрографит. Видно (рис. 1, б), что использование интегральной технологии обуславливает значительно более интенсивный рост покрытия. При этом важную роль играет очередность использования анодов. Применение на первом этапе электрографитового электрода вызывает насыщение металлической основы карбидообразующими элементами, повышающими твердость обрабатываемой поверхности, создавая предпосылки для более активного осаждения металлических анодов всех изучаемых составов, в результате чего общая толщина покрытия возрастает.

Как видно из сравнения рис.1 а и б, аналогичная тенденция характерна и для стандартного ЭИЛ, и для обработки металла интегральным методом ЭИЛ с УЗВ.

Изучение влияния состава анодных композиций на изменение шероховатости формируемых покрытий, определяющей их качество, показало, что рельеф стальной основы, легированной только металлическими анодами (рис. 2, а), несколько выше, чем этот параметр при обработке материала комбинированными анодами (рис. 2,б).

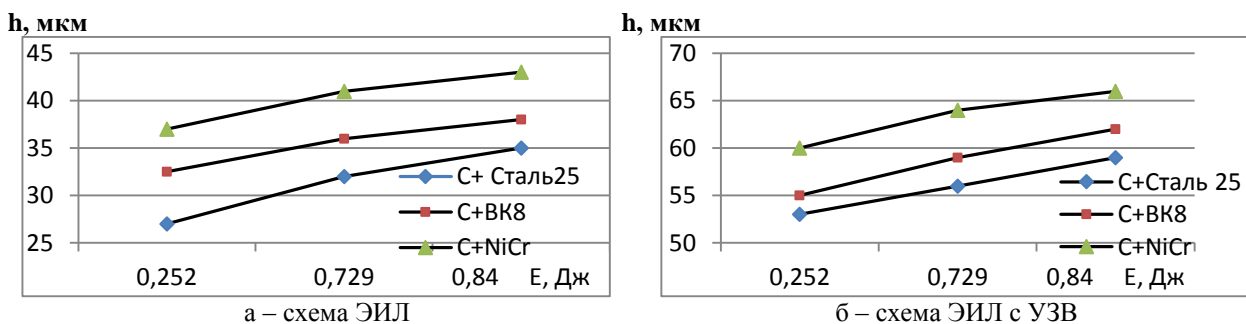


Рисунок 1 – Толщина покрытия на поверхности металлической основы, полученного различными электродными композициями по разным схемам легирования

При этом состав металлического анода определяет и показатели качества формируемых покрытий. Из приведенного рис. 2 видно, что самая высокая шероховатость зафиксирована в покрытиях, полученных при

использовании анода состава Ni-Cr, а самая низкая – при легировании твердым сплавом ВК 8 независимо от применения или отсутствия в составе композиций легирующих анодов электрографита.

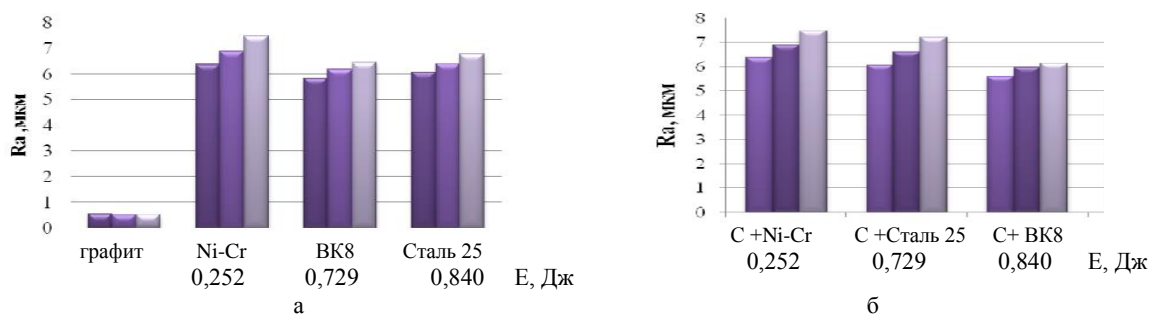


Рисунок 2 – Влияние режимов ЭИЛ на изменение шероховатости покрытий, полученных изучаемыми анодами

Влияние уровня энергомеханического воздействия на характеристики рельефа формируемых покрытий проявляется также в изменении структурного состояния обрабатываемого материала. Наиболее высокое качество двухслойных покрытий изучаемых составов зафиксировано при интегральной обработке стальной основы по схеме ЭИЛ с УЗВ в выбранном для эксперимента диапазоне электрических режимов ЭИЛ и УИЛ-2, о чем свидетельствует топография их поверхностей (рис. 3). Сокращение на 65–75 % уровня шероховатости упрочненной графитом после УЗВ поверхности связано со сглаживанием выпуклостей и впадин рельефа в процессе ее наклепа и со стабилизацией массопереноса материала анода на катод [6], что также влияет на количество и размеры образуемых микронеровностей.

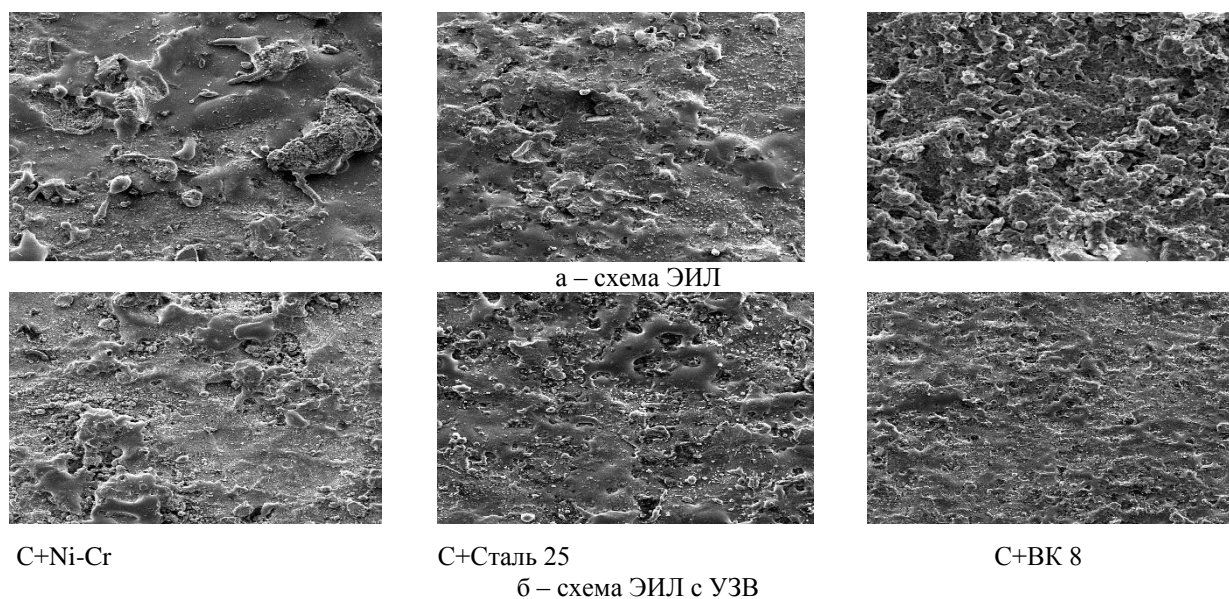


Рисунок 3 – Топография поверхностей покрытий, полученных выбранными электродами по различным схемам легирования

Микротвердость покрытий, полученных типовым и интегральным методами, также подтверждает стабилизирующее влияние ультразвука на изменение состояния обрабатываемой поверхности. Применение интегрального метода ЭИЛ с УЗВ позволяет повысить микротвердость обрабатываемой поверхности в среднем на 25–35 %, что связано с дополнительным наклепыванием металлической основы при ее обработке ультразвуком. Самые высокие показатели Нц отмечены при легировании стальной основы электродами группы ВК и Ni-Cr с предварительной обработкой основы углеродом. При этом возрастание длительности электроразрядного импульса обуславливает некоторое «выгорание» углерода, что приводит к снижению уровня микротвердости [6]. При более коротких импульсах формируется более мелкозернистая структура с более высокими показателями микротвердости. Стабилизирующий эффект от применения интегрального метода сказывается также и в более равномерном изменении микротвердости по глубине упрочненной зоны независимо от состава используемых анодных композиций.

Заключение. Установлены стабилизирующая роль интегральной обработки и степень влияния составов легирующих анодов в процессе формирования качественных электроискровых покрытий. Подчеркнуто, что типовым методом ЭИЛ невозможно создавать структурно однородные покрытия значительной толщины, т.к. ее нарастание ограничено накоплением внутренних напряжений в материале покрытия. В связи с этим доказана

целесообразность и эффективность применения интегральной технологии ЭИЛ с дополнительным ультразвуковым воздействием ЭИЛ с УЗВ, являющейся стабилизирующим фактором в анодно-катодных взаимодействиях, приводя к получению более качественных покрытий независимо от составов применяемых легирующих анодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигринова, Н.М. Интенсификация процессов микроплазменного упрочнения и восстановления металлических изделий повышенной точности электромеханическим воздействием / Н.М. Чигринова // Дисс. на соискание уч. степ. докт. техн. наук. – 310 с. с приложениями на 265 с. Минск. – 2010.
2. Верхотуров, А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании / А.Д. Верхотуров. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 323 с.
3. Лазаренко, Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Н.И. Лазаренко, Б.Р. Лазаренко // Электронная обработка материалов. – 1977. – № 3. – С. 12–16.
4. Спиридонов, А.А. К вопросу о легировании поверхностного слоя при электроискровой обработке сталей / А.А. Спиридонов // Труды Уральск. политехн. ин-та им. С.М. Кирова. – 1975. – Т. 50.
5. Сафронов, И.И. О природе и механизме образования слоя, нанесенного электроискровым способом / И.И. Сафронов, Ю.П. Келоглу // Изв. АН МССР: Серия физ.-техн. и мат. наук. – 1966. – № 8. – С. 14–21.
6. Чигринова, Н.М. Использование углерода для формирования наноструктурных слоев в покрытиях на чехлах термопреобразователей / Н.М. Чигринова // Материалы 8 Междунар. конф. по химии гидридов и наноматериалам, Судак, 2003 г. / ИПМ им. Францевича, Киев, сентябрь 2003. – С. 44–49.