

а)
б)

Рисунок 2. Решение задачи построения цилиндра с вырезами
а) – традиционным методом, б) - методом трехмерного компьютерного моделирования

Заключение. Таким образом, подготовка специалистов, основанная на знаниях традиционной инженерной графики, без свободного владения методами трехмерного компьютерного моделирования, сегодня уже никак не обеспечивает возросших требований, предъявляемых к специалисту. С развитием методов и средств реализации трехмерного компьютерного моделирования в инженерной практике и производстве, все более очевидной становится необходимость переориентации учебных заведений на новые информационные технологии подготовки специалистов, инновационные технологии обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка принципов и методических подходов к решению инженерных геометро-графических задач на базе трёхмерного компьютерного моделирования [Текст] : Отчёт о НИР (заключ.)/ БГПА; рук. Л.С. Шабека; исполн.: А.И. Сторожилов [и др.]. –Минск, 2000. –143с.
2. Сторожилов А.И. Обучение студентов решению геометрических задач с использованием трёхмерного компьютерного моделирования. [Текст]: дисс. ... канд. пед. Наук: 13.00.02: защищена 09.01.02: /Сторожилов Алексей Иванович. – Минск, Бел. гос. пед. ун-т. – 143 с.
3. Сторожилов А.И. «Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть I.» Электронное учебное издание/А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ. Рег. №ЭИ БНТУ/ФММП 101-32.2014.
4. Сторожилов А.И. «Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть II.» Электронное учебное издание / А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ. Рег. № ЭИБНТУ/ФММП 101-48.2016.
5. Сторожилов А.И. Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть I. [Текст]/ А. И. Сторожилов; LAP Lambert Academic Publishing Heinrich-Böcking -Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany, 2015- 170 с. ISBN 978-3-659-32780-3.
6. Сторожилов А.И. «Инженерная графика (на компьютере). Электронный учебно-методический комплекс.» Электронное учебное издание /А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ.Рег. свид. НИИРУП «ИППС» № 1141711676 от 28.04.2017 г.Рег. № БНТУ-ЭУМК-ФММП101-316 от 17.05.2017 г.
7. Сторожилов А.И. Инженерная графика и компьютерное моделирование. Учебное пособие. /А. И. Сторожилов: в печати – 188 с.

УДК 621.793.79

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ НА АДГЕЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ

доктор техн. наук, профессор **Н.М. Чигринова, О.Г. Власенко, магистрант БНТУ, г. Минск**

Резюме – В статье описан новый подход к получению комбинированных покрытий на основе композиции металл-полимер с применением интегральной технологии электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием и современных аддитивных технологий. Отмечено, что первоначальное профилирование поверхности металлического объекта с помощью метода ЭИЛ с УЗВ, на которой на следующей этапе будет формироваться полимерный слой, требует подбора определенных схем и режимов электроискрового метода.

Введение. Одной из основных проблем машиностроения является срок службы различных комплектующих узлов и механизмов. Поскольку подавляющее большинство изделий машиностроения изготавливают из сталей, их способность противопоставлять коррозионным рискам и интенсивному механическому износу приобретает первостепенное значение.

Решение проблемы снижения роли эксплуатационного воздействия при работе металлических изделий в сложных условиях может быть достигнуто различными методами, наиболее перспективными и дешевыми из которых являются методы нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности деталей.

Основная часть. Среди множества методов формирования защитных функционально-адаптированных покрытий на контактных поверхностях металлических изделий наиболее перспективным с точки зрения универсальности, низкого энергопотребления и возможности осуществления обработки практически в любых условиях, не требующий создания многоуровневой и дорогостоящей инфраструктуры, является метод интегральная технология электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием (ЭИЛ с УЗВ) [1]. С помощью данного метода удается формировать высокоадгезионные покрытия требуемых составов и свойств на поверхностях произвольной конфигурации. Кроме того, метод прост в эксплуатации и мобилен.

Однако, применение указанной технологии имеет некоторые ограничения, связанные, например, с использованием обработанных методом ЭИЛ с УЗВ металлических объектов для работы в коррозионных средах, т.к. создаваемые с его помощью покрытия имеют пусть небольшую, но все же открытую пористость и формируемый в результате обработки определенный рельеф поверхности, попадая во впадины которого агрессивная жидкость, задерживаясь, может привести к появлению очагов питтинга и последующему коррозионному разрушению поверхности (рисунок 1) [2, 3].

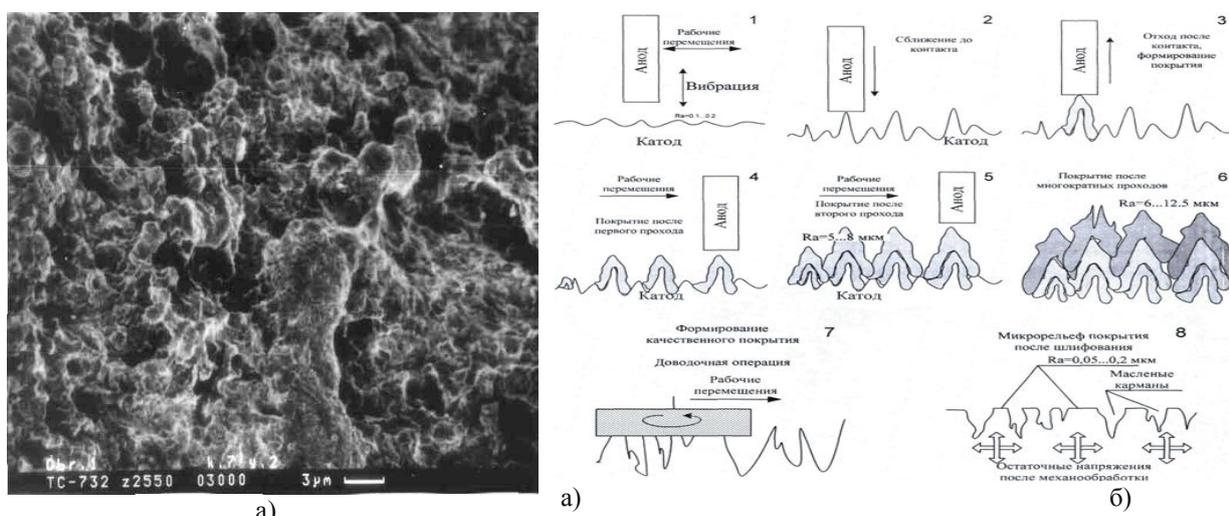


Рисунок 1 – Рельеф поверхности покрытия после обработки ЭИЛ с УЗВ (а) и механизм его формирования (б)

Для устранения указанного недостатка нами предприняты попытки создания комбинированных покрытий на основе композиции металл-полимер с использованием метода ЭИЛ с УЗВ и аддитивных технологий. Однако соединение таких разнородных по своим физико-механически, физико-химическим и прочим свойствам материалов, как металл и полимер, требует особого подхода для реализации прочной адгезионной связи между названными компонентами [2–4]. Нами было выдвинуто предположение, что для решения данной задачи можно использовать особенности создаваемой в процессе ЭИЛ с УЗВ поверхности, в частности, ее рельеф. Другими словами, профилирование поверхности объекта при нанесении металлического покрытия методом ЭИЛ с УЗВ с получением рельефа с различной величиной микронеровностей может способствовать более надежному закреплению полимера на этой поверхности. Для выявления возможности схватывания металла и пластика на поверхности с различным рельефом был проведен эксперимент, в котором в качестве объекта исследования были взяты 20 образцов из стали 40Х, подвергнутых комплексной обработке ЭИЛ + УЗВ на различных режимах с целью получения различного рельефа и пористости (рис. 2).



Рисунок 2 – Топография поверхности стальных образцов после их обработки в различных режимах ЭИЛ с УЗВ

В результате проведенных экспериментов было установлено несомненное влияние профиля обрабатываемой поверхности на процесс закрепления полимера: чем выше высота микронеровностей, тем лучше полимер укладывается на металлическую подложку. При этом оказалось, что на поверхности образцов, полученных согласно комплексной технологии ЭИЛ с УЗМ, когда формируемые покрытия имеют более сглаженный рельеф поверхности, пластик удерживается заметно хуже, чем на образцах с более грубым рельефом.

Заключение. Для получения надежного соединения разнородных элементов композиционного покрытия металл-полимер с использованием аддитивных методов и технологии ЭИЛ с УЗВ должен быть осуществлен правильный выбор схемы обработки и вольт-амперных характеристик процесса ЭИЛ, частоты УЗВ, для получения профилированной поверхности с определенной высотой микронеровностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигринова Н.М., Чигринов В.Е. Влияние управляемого электро-механического воздействия на структурное состояние и образование прогнозируемого рельефа электроискровых покрытий.
2. Хусу А.П., Витенберг Ю.Р. Пальмов В.А. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход), – «Наука», 1975, – 344 с.
3. Валетов В.А., Третьяков С.Д. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей / Учебно-методическое пособие, – СПб.: СПб ГУИТМО, 2005. –28с
4. Алимбаева, Б.Ш. Физико-механические свойства и структурно-фазовое состояние конструкционной стали 40Х при электроискровом легировании в различных технологических условиях. Б.Ш. Алимбаева, Д.Н. Коротаев, Ю.К. Машков, А.Ф. Мишуров // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – №11. – С. 3-5.

УДК 691.9.048.4

НЕКОТОРЫЕ ПРИЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИСКРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ АНОДНОГО МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

доктор техн. наук, профессор Н.М. Чигринова, М.А. Левкович, магистрант БНТУ, г. Минск

Резюме – данная статья описывает приемы стабилизации процесса искрения при анодном микродуговом оксидировании, приводящие к оптимизации процесса формирования равно толщённых керамико-подобных покрытий на поверхности вентильных металлов. Указано, что одним из таких приемов может быть добавление в электролизную ванну дополнительных катодов. Подробно описывается эксперимент, на основании результатов которого был сделан вывод о целесообразности и актуальности использования дополнительных катодов и приводятся некоторые данные по толщине и другими основным свойствам создаваемых при этом покрытий на поверхности алюминиевого сплава АД-0.

Введение. Учитывая тенденции современного мира, в экономике и производстве превалирует создание энергоёмких и эффективных технологий с улучшенным комплексом рабочих характеристик. Одним из наиболее перспективных путей решения данной проблемы является разработка малозатратных ресурсо- и энергосберегающих инновационных технологий, позволяющих модифицировать стандартные материалы за счёт нанесения на их поверхность функционально адаптированных покрытий. Наиболее перспективной технологией обработки поверхностей вентильных металлов с формированием на их поверхности покрытий с экзотическим набором характеристик, сочетающих термо- и износостойкость, коррозионно- и жаростойкость является анодное микродуговое оксидирование – АМДО. Технология микродугового оксидирования, наряду с множеством преимуществ перед другими методами формирования функциональных покрытий, имеет и серьёзные недостатки: нестабильность и невозможность контроля процесса искрения, что обуславливает неравномерность прироста толщины формируемого оксидного покрытия, неоднородность его фазового состава, а значит, и анизотропию свойств материала с таким покрытием [1]. Поэтому поиск решения стабилизации процессов искрения является задачей актуальной, имеющей научный интерес и практическую ценность

Основная часть. Процесс АМДО осуществлялся в электролизной ванне, содержащей водно-щелочной электролит на основе щелочи (NaOH или KOH), жидкого стекла ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Анодом являлся оксидируемый образец, катодами – корпус ванны и пластины из нержавеющей стали. Следует подчеркнуть, что для формирования покрытия с минимальной пористостью необходимо было поддерживать температуру раствора на уровне 25– 40° С [2].

Была проведена серия экспериментов с различным количеством дополнительных катодов в ванне. Во всех сериях анод прямоугольной формы погружали в ванну, располагали в ней катоды (различное количество), после чего через электролит пропускали электрический ток. Удельная плотность тока зависела от размера образца и определяла уровень напряжения процесса. Анодное микродуговое оксидирование осуществляли в гальваностатическом режиме. Фиксировали время начала искрения и через каждые 5 минут анод извлекали из электролита и производили замеры толщины покрытия с помощью толщиномера К-5 и шероховатости его поверхности с помощью приобретенного нами профилометра в зависимости от количества катодов. Схема экспериментальной установки (рис. 1), используемой при проведении научных исследований, аналогична схемам, применяемым другими исследователями [3]: обрабатываемая деталь 1 (анод) плотно присоединена к корпусу 3 из винипласта или другого электроизоляционного материала. Плотный контакт корпуса из винипласта с обрабатываемой деталью обеспечивается уплотнительным кольцом из резины. Электролит 4 подают на анод 1 по