

**Н. Серікбекұлы^{1,2*}, К.Д. Орманбеков^{1,2}, А.Б. Шынарбек^{1,2}, А.Ж. Жасулан^{1,2},
Б.А. Лобасенко³**

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Научный центр «Модификация поверхности материалов»

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4в

³Кемеровский государственный университет,

650000, Россия, Кемерово, ул. Красная, д.6

*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Аннотация: В данной статье рассмотрены перспективы применения технологии микродугового оксидирования (МДО) в авиационной и автомобильной промышленности. Процесс МДО позволяет создавать прочные, износостойкие и коррозионностойкие покрытия на поверхности металлических деталей, что значительно повышает их долговечность и эксплуатационные характеристики. Обсуждаются технологические аспекты МДО, включая особенности подготовки поверхности, выбор электролитов и контроль параметров процесса. Приводятся примеры успешного применения МДО в производстве авиационных и автомобильных компонентов. Также исследуются направления для дальнейших исследований и развития технологии, включая создание новых материалов, комбинированных покрытий и изучение долговечности покрытий в реальных условиях эксплуатации. Статья подчеркивает важность МДО как перспективной технологии для улучшения надежности и эффективности транспортных средств и оборудования.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, авиационная промышленность, автомобильная промышленность, износостойкость, коррозионная стойкость, защитные покрытия, комбинированные покрытия.

Введение

Авиационное и автомобильное машиностроение занимают ключевые позиции в мировой экономике, являясь основными двигателями технического прогресса и индустриального развития. Авиационная промышленность отвечает за создание воздушных судов, которые обеспечивают глобальную мобильность, связывая континенты и страны. Автомобильная отрасль, в свою очередь, играет не меньшую роль, удовлетворяя потребности общества в наземных транспортных средствах, от личных автомобилей до грузовиков и автобусов [1-3].

Эти отрасли предъявляют крайне высокие требования к материалам и технологиям, используемым при производстве компонентов. Детали и узлы должны обладать исключительной прочностью, легкостью, коррозионной стойкостью, а также долговечностью при эксплуатации в жестких условиях. Это особенно важно для авиационной промышленности, где даже малейшие дефекты могут привести к катастрофическим последствиям.

Микродуговое оксидирование (МДО) представляет собой инновационную технологию формирования оксидных покрытий на поверхности металлов и сплавов. Этот процесс осуществляется при погружении деталей в электролит и подаче высокого напряжения, что приводит к образованию плазменных разрядов на поверхности материала. В результате, образуется плотное, твердо сцепленное оксидное покрытие, обладающее высокой коррозионной стойкостью, износостойкостью и отличной адгезией к подложке [4-5].

Одним из ключевых преимуществ МДО является возможность создания покрытий с уникальными свойствами, которые трудно достичь с помощью традиционных методов, таких как анодирование или гальваническое покрытие. Это делает МДО особенно перспективным

для применения в производстве компонентов, где критически важны надежность и долговечность, как в авиации и автомобилестроении [6].

Цель данной статьи – исследовать перспективы применения микродугового оксидирования в производстве авиационных и автомобильных компонентов, обсудить преимущества данной технологии и рассмотреть возможные направления для ее дальнейшего развития и внедрения.

Авиационная и автомобильная промышленность предъявляют высочайшие требования к материалам и технологиям производства. В авиации, например, каждая деталь, начиная от фюзеляжа и заканчивая системами управления, должна соответствовать жестким стандартам безопасности, прочности и долговечности. В условиях высокой эксплуатационной нагрузки, перепадов температур и давления, а также воздействия агрессивных сред, материалы должны обеспечивать надежность на протяжении всего срока службы летательного аппарата [1-3].

Автомобильная промышленность также сталкивается с вызовами, связанными с необходимостью создания более легких и экономичных транспортных средств, которые соответствуют строгим экологическим нормам. Для достижения этих целей требуется использовать материалы, сочетающие высокую прочность с малым весом, а также устойчивостью к коррозии и износу. Помимо этого, автомобильные детали должны выдерживать воздействие дорожных реагентов, вибраций, высокой температуры и других факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики.

Для защиты компонентов от коррозии, износа и других неблагоприятных факторов традиционно используются различные методы нанесения покрытий. Среди наиболее распространенных методов можно выделить:

Гальваническое покрытие: Один из наиболее широко применяемых методов, при котором на поверхность металла наносится слой другого металла, обладающего высокой коррозионной стойкостью. Однако гальванические покрытия часто подвержены растрескиванию и отслаиванию при механических нагрузках, что ограничивает их долговечность [7].

Анодирование: Этот метод применяется для создания оксидных слоев на поверхности алюминиевых сплавов и других металлов. Анодированные покрытия обладают хорошей коррозионной стойкостью, но их износостойкость и механическая прочность зачастую оставляют желать лучшего, особенно при использовании в экстремальных условиях [8-9].

Термораспыление: При этом методе материалы в расплавленном виде распыляются на поверхность детали, образуя защитное покрытие. Термораспыление позволяет создавать покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками, но процесс требует сложного оборудования и контроля параметров, что увеличивает себестоимость и сложность производства [10-11].

Каждый из этих методов имеет свои ограничения, которые становятся критическими в условиях эксплуатации авиационных и автомобильных компонентов. Например, гальванические покрытия могут недостаточно хорошо защищать от коррозии в агрессивных средах, а анодированные покрытия не всегда обладают достаточной износостойкостью. Это создает необходимость в поиске новых технологий, способных обеспечить более высокую надежность и долговечность деталей.

В условиях жестких требований к материалам и ограничениям традиционных методов нанесения покрытий, существует потребность в инновационных решениях, которые могут обеспечить более высокую степень защиты и долговечности авиационных и автомобильных компонентов. Микродуговое оксидирование (МДО) представляет собой одну из таких перспективных технологий, способных удовлетворить эти требования и предложить новые возможности для развития этих отраслей.

Одним из ключевых преимуществ микродугового оксидирования (МДО) является способность значительно повышать износостойкость и коррозионную стойкость обрабатываемых деталей. Процесс МДО создает на поверхности металла прочное керамическое покрытие, которое обладает высокой твердостью и устойчивостью к механическим воздействиям. Это особенно важно для деталей, которые подвергаются постоянным нагрузкам, трению и абразивному износу, например, в двигателях, тормозных системах и других критических узлах транспортных средств [4-5].

Кроме того, покрытия, полученные методом МДО, обеспечивают эффективную защиту от коррозии даже в агрессивных средах, таких как соляной туман, кислоты или щелочи. Это свойство крайне ценно в авиационной промышленности, где детали подвергаются воздействию атмосферных условий на большой высоте, а также в автомобильной отрасли, где они сталкиваются с дорожными реагентами и высокими температурами.

Еще одним важным преимуществом МДО является возможность создания легких, но при этом чрезвычайно прочных покрытий. Традиционные методы нанесения защитных слоев, такие как гальваническое покрытие или термораспыление, часто приводят к увеличению массы детали, что особенно критично в авиации, где каждый грамм на счету. МДО позволяет формировать покрытия с оптимальным соотношением массы и прочности, что способствует снижению общего веса конструкции без ущерба для ее эксплуатационных характеристик [4-5].

Легкость покрытий, полученных методом МДО, в сочетании с их высокой прочностью открывает новые возможности для использования более легких сплавов, таких как алюминий и титан, в критически важных узлах и деталях. Это особенно актуально для создания современных, энергоэффективных транспортных средств, где требуется минимизировать вес при сохранении высокой прочности и надежности.

Хотя основное применение МДО в авиации и автомобилестроении связано с улучшением механических и антикоррозионных свойств деталей, данная технология также может способствовать повышению биосовместимости материалов. Это может быть полезно для создания элементов управления и других компонентов, с которыми контактируют люди, например, ручек, рычагов и кнопок.

Керамические покрытия, полученные методом МДО, обладают антибактериальными свойствами и не вызывают аллергических реакций, что делает их безопасными для использования в условиях, требующих повышенной гигиены. В автомобильной промышленности, например, такие покрытия могут быть применены для создания компонентов салона, которые контактируют с кожей водителя и пассажиров [12-13].

Микродуговое оксидирование представляет собой мощный инструмент для решения многих задач, стоящих перед авиационной и автомобильной промышленностью. Улучшенная износостойкость, коррозионная стойкость, легкость и биосовместимость покрытий, полученных методом МДО, делают эту технологию привлекательным вариантом для повышения долговечности и надежности деталей, а также для создания новых, более легких и прочных конструкций.

Процесс микродугового оксидирования (МДО) включает в себя несколько этапов, которые критически важны для обеспечения качественного покрытия, соответствующего строгим требованиям авиационной и автомобильной промышленности. Основные этапы процесса включают [14-16].

Подготовка поверхности: Перед началом процесса МДО поверхность детали тщательно очищается от загрязнений, оксидов и остатков смазочных материалов. Это обеспечивает хорошую адгезию покрытия и предотвращает дефекты в ходе оксидирования. В некоторых случаях поверхность может быть предварительно обработана механически или химически для улучшения качества покрытия.

Выбор электролита: Один из ключевых факторов, влияющих на свойства покрытия, – это состав электролита. Для разных типов деталей и материалов могут использоваться различные электролиты на основе силикатов, фосфатов, алюминатов и других соединений. Подбор правильного состава электролита позволяет получить покрытия с оптимальными характеристиками, такими как твердость, плотность и толщина.

Контроль параметров процесса: Во время МДО важно поддерживать оптимальные параметры процесса, такие как напряжение, плотность тока, температура электролита и время обработки. Эти параметры влияют на толщину, пористость и структуру покрытия. В авиации и автомобилестроении часто требуется достижение определенной комбинации свойств, поэтому контроль этих параметров является критически важным для обеспечения стабильного качества покрытия.

Послеокислительная обработка: В некоторых случаях после окончания процесса МДО может потребоваться дополнительная обработка поверхности, например, пропитка покрытия специальными составами для улучшения коррозионной стойкости или повышения

гидрофобности. Это позволяет адаптировать покрытие к специфическим условиям эксплуатации.

Применение МДО в производстве авиационных и автомобильных деталей уже демонстрирует ряд успешных примеров:

Авиакосмическая промышленность: В авиации МДО применяется для защиты алюминиевых и магниевых сплавов, используемых в конструкции фюзеляжей, шасси и других критически важных узлов. Например, компании Airbus и Boeing исследуют и внедряют МДО для повышения долговечности и коррозионной стойкости своих воздушных судов.

Автомобильная промышленность: В автомобилестроении МДО активно используется для обработки алюминиевых деталей двигателей, элементов подвески и других узлов, которые подвергаются высокой нагрузке и воздействию агрессивных сред. Это позволяет увеличить срок службы компонентов и снизить расходы на обслуживание.

Кроме того, некоторые автопроизводители используют МДО для обработки деталей салона, таких как ручки и кнопки, чтобы повысить их долговечность и улучшить эстетические качества.

Применение МДО в производстве авиационных и автомобильных компонентов позволяет достичь нескольких ключевых технических и экономических преимуществ [17-18].

Снижение веса конструкции: Легкие покрытия, полученные методом МДО, способствуют снижению массы деталей, что особенно важно для авиации, где каждый грамм имеет значение для топливной эффективности.

Увеличение долговечности деталей: Покрытия, обладающие высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью, значительно увеличивают срок службы деталей, что снижает затраты на их замену и ремонт.

Экономия на материалах: Использование МДО позволяет применять более дешевые материалы, такие как алюминий, вместо более дорогих и тяжелых, таких как сталь или титан, без ущерба для прочности и долговечности.

Технология микродугового оксидирования представляет собой комплексный процесс, требующий точного контроля всех этапов производства для достижения оптимальных характеристик покрытия. Успешное применение МДО в авиационной и автомобильной промышленности подтверждает ее эффективность в улучшении эксплуатационных характеристик и снижении затрат на производство и обслуживание деталей. Это делает МДО важным инструментом для современных инженеров и производителей.

Одной из главных перспективных областей для микродугового оксидирования (МДО) является разработка новых материалов и покрытий, которые могут еще больше расширить возможности данной технологии. Современные исследования направлены на создание покрытий с улучшенными характеристиками, такими как [4-6]:

Увеличенная твердость и износостойкость: Исследуются новые составы электролитов и методы их модификации для получения более твердых покрытий, которые будут обладать еще большей устойчивостью к механическим повреждениям и износу.

Комбинированные покрытия: Рассматривается возможность комбинирования МДО с другими технологиями, такими как плазменное напыление или химическое осаждение, для создания многослойных покрытий с уникальными свойствами. Это может быть полезно для повышения коррозионной стойкости, термостойкости и других характеристик.

Управляемая пористость: Поры в покрытиях, образующихся при МДО, могут использоваться для пропитки различными веществами, такими как смазочные материалы или антикоррозионные составы. Управление пористостью покрытия открывает возможности для создания адаптивных поверхностей, которые могут изменять свои свойства в зависимости от условий эксплуатации.

Технология МДО уже доказала свою эффективность в авиации и автомобилестроении, но потенциал ее применения еще далеко не исчерпан. В будущем возможно расширение использования МДО на другие типы деталей и компонентов, а также на другие отрасли промышленности, такие как:

Энергетика: Использование МДО для обработки деталей турбин, теплообменников и других элементов энергетического оборудования, что может повысить их долговечность и устойчивость к агрессивным средам.

Медицинская техника: Применение МДО для создания биосовместимых и антимикробных покрытий на медицинских инструментах и имплантатах. Это может значительно улучшить их эксплуатационные характеристики и снизить риск инфекций.

Строительная индустрия: Возможность использования МДО для защиты металлических конструкций, работающих в агрессивных условиях, таких как морская среда или химические производства.

Несмотря на значительные успехи, для полного освоения потенциала МДО требуется проведение дополнительных исследований, направленных на изучение долговечности и безопасности покрытий в реальных условиях эксплуатации. Важными направлениями исследований являются:

Долгосрочные испытания: Необходимо проведение длительных испытаний покрытий, полученных методом МДО, в условиях, имитирующих реальные эксплуатационные нагрузки, включая воздействие высоких и низких температур, влажности, механических нагрузок и химически агрессивных сред.

Анализ усталостной прочности: Исследования должны быть сосредоточены на понимании, как покрытия, полученные методом МДО, влияют на усталостную прочность материалов, особенно в авиации и автомобилестроении, где детали подвергаются многократным циклическим нагрузкам.

Оценка экологических последствий: Важно изучить возможные экологические последствия применения МДО, включая оценку воздействия использованных химических реагентов и утилизации отходов, образующихся в процессе производства.

Перспективы развития технологии микродугового оксидирования открывают новые горизонты для ее применения в различных отраслях промышленности. Дальнейшие исследования в области материаловедения, разработки комбинированных покрытий и изучения долговечности и безопасности покрытий позволят еще больше повысить эффективность и расширить области применения МДО. Это делает технологию МДО не только актуальной на сегодняшний день, но и перспективной на будущее, что подчеркивает ее важность для инженерного и научного сообщества.

Заключение

Микродуговое оксидирование (МДО) представляет собой инновационную технологию, которая способна значительно улучшить эксплуатационные характеристики авиационных и автомобильных компонентов. Благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая износостойкость, коррозионная стойкость, легкость и возможность создания биосовместимых покрытий, МДО становится важным инструментом для решения множества задач, стоящих перед современными машиностроительными отраслями.

Введение МДО в производство авиационных и автомобильных деталей уже показало свою эффективность, но потенциал этой технологии гораздо шире. Существует множество направлений для дальнейших исследований и разработки новых материалов, которые могут еще больше улучшить характеристики покрытий и расширить их применение. Долговечность, устойчивость к агрессивным средам, возможность комбинирования с другими методами нанесения покрытий – все это открывает новые горизонты для развития как самой технологии МДО, так и соответствующих отраслей промышленности.

Заклучая, можно утверждать, что микродуговое оксидирование имеет все шансы стать одной из ключевых технологий в производстве высокотехнологичных деталей для авиации и автомобилестроения. Важно продолжать исследовательскую работу в этой области, чтобы полностью раскрыть потенциал МДО и внедрить его в широкомасштабное производство. Только через дальнейшие исследования, испытания и инновации эта технология сможет максимально проявить свои преимущества, сделав транспортные средства и оборудование еще более надежными, долговечными и безопасными.

Список литературы

1. Зиглер А.М., & Иванов, В.С. Современные тенденции развития мировой авиационной промышленности / А.М. Зиглер, В.С. Иванов // Авиация и космонавтика. – 2020. – № 3. – С. 45-56.
2. Петренко И.А. Перспективы и вызовы автомобильной промышленности в условиях глобализации / И.А. Петренко // Машиностроение и инновации. – 2019. – № 6(2). – С. 78-85.
3. Орлов Д.Н. Инновационные материалы и технологии в авиационном и автомобильном машиностроении / Д.Н. Орлов, Н.А. Власов // Техника будущего. – 2021. – № 12(4). – С. 22-34.
4. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / И.В. Суминов и др. – Москва: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.

5. Применение микродугового оксидирования как перспективного метода нанесения покрытий / А.С. Казакова и др. // Сибирский государственный аэрокосмический университет, Красноярск, 2011. – Электронная библиотека КиберЛенинка.
6. Plasma electrolysis for surface engineering / A.L. Yerokhin et al // Surface and Coatings Technology. – 1999. – № 122. – P. 73-93.
7. Платов Н.И. Гальванические покрытия: Теория и практика / Н.И. Платов. – Москва: Техносфера, 2017. – 432 с.
8. Волков А.В. Анодирование алюминия и его сплавов: технология и применение / А.В. Волков. – Санкт-Петербург: Политехника, 2016. – 278 с.
9. Гаврилов В.И. Защитные покрытия на основе анодного оксидирования / В.И. Гаврилов. – Москва: Metallurgiya, 2012. – 312 с.
10. Handbook of Thermal Spray Technology / J.R. Davis et al // ASM International. – 2004.
11. Pawlowski L. (2008). The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. Wiley / L. Pawlowski. – 2008.
12. Yerokhin A. Plasma electrolysis for surface engineering / A. Yerokhin et al // Surface and Coatings Technology. – 1999. – № 122(2-3). – P. 73-93.
13. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016.
14. Review of the anodizing process of titanium and its alloys for biomedical applications: Techniques and surface properties / R.O. Hussein et al // Surface and Coatings Technology. – 2013. – № 233. – P. 147-158.
15. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016.
16. Real-time imaging of coating growth during plasma electrolytic oxidation / E. Matykina et al // Electrochimica Acta. – 2009. – № 54(27). – P. 6767-6777.
17. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016.
18. Prolonged growth of thick ceramic coatings by plasma electrolytic oxidation / E. Matykina et al // Thin Solid Films. – 2010. – № 518(15). – P. 4223-4230.

References

1. Zigler A.M., & Ivanov, V.S. (2020). Sovremennye tendentsii razvitiya mirovoi aviatsionnoi promyshlennosti / A.M. Zigler, V.S. Ivanov // Aviatsiya i kosmonavtika. – 2020. – № 3. – S. 45-56. (In Russian).
2. Petrenko I.A. Perspektivy i vyzovy avtomobil'noi promyshlennosti v usloviyakh globalizatsii / I.A. Petrenko // Mashinostroenie i innovatsii. – 2019. – № 6(2). – S. 78-85. (In Russian).
3. Orlov D.N. Innovatsionnye materialy i tekhnologii v aviatsionnom i avtomobil'nom mashinostroenii / D.N. Orlov, N.A. Vlasov // Tekhnika budushchego. – 2021. – № 12(4). – S. 22-34. (In Russian).
4. Mikrodugovoe oksidirovanie (teoriya, tekhnologiya, oborudovanie) / I.V. Suminov i dr. – Moskva: ENKOMET, 2005. – 368 s. (In Russian).
5. Primenenie mikrodugovogo oksidirovaniya kak perspektivnogo metoda naneseniya pokrytii / A.S. Kazakova i dr. // Sibirskii gosudarstvennyi aehrokosmicheskii universitet, Krasnoyarsk, 2011. – Ehlektronnaya biblioteka KibeRLeninka. (In Russian).
6. Plasma electrolysis for surface engineering / A.L. Yerokhin et al // Surface and Coatings Technology. – 1999. – № 122. – R. 73-93. (In English).
7. Platov N.I. Gal'vanicheskie pokrytiya: Teoriya i praktika / N.I. Platov. – Moskva: Tekhnosfera, 2017. – 432 s. (In Russian).
8. Volkov A.V. Anodirovanie alyuminiya i ego splavov: tekhnologiya i primenenie / A.V. Volkov. – Sankt-Peterburg: Politekhnik, 2016. – 278 s. (In Russian).
9. Gavrilov V.I. Zashchitnye pokrytiya na osnove anodnogo oksidirovaniya / V.I. Gavrilov. – Moskva: Metallurgiya, 2012. – 312 s. (In Russian).
10. Handbook of Thermal Spray Technology / J.R. Davis et al // ASM International. – 2004. (In English).
11. Pawlowski L. (2008). The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. Wiley / L. Pawlowski. – 2008. (In English).

12. Yerokhin A. Plasma electrolysis for surface engineering / A. Yerokhin et al // Surface and Coatings Technology. – 1999. – № 122(2-3). – R. 73-93. (In English).
13. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016. (In English).
14. Review of the anodizing process of titanium and its alloys for biomedical applications: Techniques and surface properties / R.O. Hussein et al // Surface and Coatings Technology. – 2013. – № 233. – R. 147-158. (In English).
15. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016. (In English).
16. Real-time imaging of coating growth during plasma electrolytic oxidation / E. Matykina et al // Electrochimica Acta. – 2009. – № 54(27). – R. 6767-6777. (In English).
17. Aliofkhazraei M. Plasma Electrolytic Oxidation of Metals for Fabrication of Oxide Coatings: Mechanisms, Properties, and Applications / M. Aliofkhazraei, A.S. Rouhaghdam // Applied Surface Science. – 2016. (In English).
18. Prolonged growth of thick ceramic coatings by plasma electrolytic oxidation / E. Matykina et al // Thin Solid Films. – 2010. – № 518(15). – R. 4223-4230. (In English).

**Н. Серікбекұлы*, К.Д. Орманбеков^{1,2}, А.Б. Шынарбек^{1,2}, А.Ж. Жасұлан^{1,2},
Б.А. Лобасенко³**

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²«Материалдар бетінің түрлендіру» ғылыми орталығы
Қазақстан Республикасы, Семей қ., дене шынықтыру к-сі, 4в

³Кемерово мемлекеттік университеті,
650000, Ресей Федерациясы, Кемерово, Красная к-сі, 9

*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

АВИАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ АВТОМОБИЛЬ БӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУДЕ МИКРОДОҒАЛЫҚ ТОТЫҒУДЫ ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Бұл мақалада авиация және автомобиль өнеркәсібінде микродоғалық тотығу (МДТ) технологиясын қолдану перспективалары қарастырылады. МДТ процесі металл бөлшектердің бетінде берік, тозуға төзімді және коррозияға төзімді жабындарды жасауға мүмкіндік береді, бұл олардың беріктігі мен пайдалану сипаттамаларын айтарлықтай арттырады. МДТ-дың технологиялық аспектілері, соның ішінде бетті дайындау ерекшеліктері, электролиттерді таңдау және процесс параметрлерін бақылау талқыланады. МДТ-ды авиациялық және автомобиль бөлшектерін өндіруде сәтті қолдану мысалдары келтірілген. Жаңа материалдарды, құрама жабындарды жасау және нақты жұмыс жағдайында жабындардың төзімділігін зерттеуді қоса алғанда, одан әрі зерттеу және технологияны дамыту бағыттары да зерттелуде. Мақалада МДТ көлік құралдары мен жабдықтардың сенімділігі мен тиімділігін арттырудың перспективалық технологиясы ретіндегі маңыздылығы көрсетілген.

Түйін сөздер: микродоғалық тотығу, авиация өнеркәсібі, автомобиль өнеркәсібі, тозуға төзімділік, коррозияға төзімділік, қорғаныс жабындары, аралас жабындар.

**N. Serikbekuly^{1,2*}, K.D. Ormanbekov^{1,2}, A.B. Shynarbek^{1,2}, A.Zh. Zhassulan^{1,2},
B.A. Lobasenko³**

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

²Scientific center «Surface modification of materials»
Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya str., 4b

³Kemerovo State University,
650000, Russian Federation, Kemerovo, 6 Krasnaya Street

*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

PROSPECTS FOR THE USE OF MICROARC OXIDATION IN THE PRODUCTION OF AVIATION AND AUTOMOTIVE COMPONENTS

This article discusses the prospects for the application of microarc oxidation (MAO) technology in the aviation and automotive industries. The MAO process allows the creation of durable, wear-resistant and

corrosion-resistant coatings on the surface of metal parts, which significantly increases their durability and performance characteristics. Technological aspects of MAO are discussed, including surface preparation features, selection of electrolytes and control of process parameters. Examples of successful application of MAO in the production of aviation and automotive components are given. Also, directions for further research and development of the technology are explored, including the creation of new materials, combined coatings and the study of the durability of coatings under real operating conditions. The article emphasizes the importance of MAO as a promising technology for improving the reliability and efficiency of vehicles and equipment.

Key words: microarc oxidation, aviation industry, automotive industry, wear resistance, corrosion resistance, protective coatings, combined coatings.

Сведения об авторах

Нұржан Серікбекұлы* – магистрант специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

Айнур Жасулановна Жасулан – магистр естественных наук, Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Старший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Қуаныш Даулетович Орманбеков – магистр технических наук, Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – магистр специальности «Машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Борис Анатольевич Лобасенко – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет»; Россия, г. Кемерово. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Авторлар туралы мәліметтер

Нұржан Серікбекұлы* – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетінің модификациясы» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Айнұр Жасұланқызы Жасұлан – жаратылыстану ғылымдарының магистрі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетінің түрлендіру» ҒО аға ғылыми қызметкері; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Қуаныш Даулетович Орманбеков – техника ғылымдарының магистрі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетін өзгерту» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – «Машина жасау» мамандығының магистрі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетінің модификациясы» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Борис Анатольевич Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, «Кемерово мемлекеттік университеті» федералды мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесінің профессоры; Ресей, Кемерово қ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Information about the authors

Nurzhan Serikbekuly* – Master's student of the specialty «Technical Physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Ainur Zhassulankyzy Zhassulan – Master of natural science; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; senior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Kuanysht Dauletovich Ormanbekov – Master of technical science; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Aibek Bakhytzhannuky Shynarbek – Master of technical science; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Boris Anatolyevich Lobasenko – doctor of technical sciences, professor, federal state budgetary educational institution of higher education «Kemerovo State University»; Russia, Kemerovo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Поступила в редакцию 05.09.2024

Поступила после доработки 17.09.2024

Принята к публикации 18.09.2024