

УДК 67.017

Заметки о применении алюминия в технике

Чавдаров Анатолий Валентинович^(*)info@firma-tom.ru
SPIN-код: 2587-8496

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. Обобщен многолетний опыт работы с алюминиевыми сплавами. Приведены примеры применения алюминиевых сплавов в современных условиях для решения различных технических задач: создания термобарьерных покрытий, замена гальванических покрытий для неметаллических материалов, использование с керамическим покрытием как замена стальных и чугунных деталей. Установлено, что применение алюминиевых покрытий увеличивает срок службы теплообменных труб на 50 %. Создание экранирующих покрытий на пластмассовых корпусах радиоэлектронной аппаратуры сокращает технологический процесс в 100 раз. Применение керамических покрытий на алюминиевых деталях, выполненных микродуговым оксидированием, позволяет заменить стальные детали в узлах трения с увеличением срока эксплуатации в 2–2,5 раза. Сделаны выводы о перспективности использования алюминиевых сплавов с использованием современных методов обработки поверхности.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, теплозащитное покрытие, микродуговое оксидирование, износостойкость

Notes on the use of aluminum in engineering

Chavdarov Anatoly Valentinovich^(*)info@firma-tom.ru
SPIN-code: 2587-8496

FSAC VIM, Moscow, Russia

Abstract. The long-term experience of working with aluminum alloys is summarized. Examples of the use of aluminum alloys in modern conditions for solving various technical problems are given: creation of thermal barrier coatings, replacement of electroplating for non-metallic materials, use with ceramic coating as a replacement for steel and cast iron parts. It has been found that the use of aluminum coatings increases the service life of heat exchange pipes by 50 %. The creation of shielding coatings on plastic housings of electronic equipment reduces the technological process by 100 times. The use of ceramic coatings on aluminum parts made by microarc oxidation makes it possible to replace steel parts in friction units with a 2–2.5-fold increase in service life. Conclusions are drawn about the prospects of using aluminum alloys using modern surface treatment methods.

Keywords: aluminum alloys, heat protection coating, microarc oxidation, wear resistance

Введение. Использование алюминиевых сплавов во всех отраслях промышленности и быту общеизвестно. Благодаря таким свойствам, как технологичность в обработке, малый вес и возможность придания поверхности изделий

товарный вид с необходимыми свойствами делает этот металл очень популярным. В данных заметках приведены примеры использования свойств алюминия и его покрытий в нетрадиционных сферах на основании многолетней работы.

Материалы и методы; результаты. Выполнен анализ опыта использования алюминиевых сплавов и их покрытий в практическом производстве. Известно, что алюминиевые сплавы имеют температуру плавления в пределах 520–660 °С в зависимости от марки сплава. Поверхность алюминиевых изделий всегда покрыта оксидной пленкой ввиду мгновенного окисления на воздухе. Температура плавления оксида алюминия приближается к 2050 °С, что выше плавления многих жаропрочных сталей. Именно это свойство позволяет создать температурный барьер на изделиях, где действуют высокие температуры.

Пример из исторической собственной практики. Каширская ГРЭС была второй по мощной в Европе электростанцией, работающей на буром угле. Измельченная угольная пыль подавалась в камеру сгорания и тепло передавалось на трубы из теплоустойчивой стали для превращения воды в перегретый пар для передачи его на турбину. Под воздействием продуктов сгорания трубы становились тоньше и ежегодно выполнялся капитальный ремонт трубопроводов. Значительно уменьшить износ удалось использованием покрытия труб алюминием. Работы с использованием способа электродуговой металлизации были выполнены в 1993–1995 гг. Именно благодаря высокому сродству алюминия к кислороду и высокой температуре плавления оксида алюминия была создана барьерная зона и сокращен объем ремонтных работ на 50 %.

И в настоящее время этот способ создания барьерного слоя активно используется. На рис. 1 показана автоматическая установка для нанесения алюминия на цилиндрические части ракеты из пластика (2025 г.). Цель такая же как в предыдущем примере — создание теплозащитного слоя.

В радиоэлектронной промышленности широко используются металлические экраны для защиты от помех. Благодаря бурному развитию 3D-печати пластиком многие корпуса изготавливаются данным методом. Но здесь есть проблема нанесения металла для создания экрана. Известные гальванические технологии сложны, трудоемки и занимают много времени [1]. Была предложена технология нанесения алюминия методом электродуговой металлизации. Пример выполненной работы приведет на рис. 2.

Данные колпачки изготавливаются из пресс-материала АГ-04В и закрывают датчики, которые обязательно должны быть закрыты экраном. Время для покрытия одного колпачка составило 1,5 минуты, что в 100 раз быстрее гальванического процесса.

В настоящее время все шире используется метод микродугового оксидирования алюминиевых сплавов (МДО) [2, 3]. На поверхности детали под воздействием микродуги создаются кристаллические формы оксида алюминия. Эти формы оксида обладают очень большой твердостью, например альфа-фаза, известная под названием «корунд», уступает по твердости только алма-

зу. Эти свойства новых покрытий значительно расширило сферу применения алюминиевых сплавов.

При изготовлении ракет широко используются алюминиевые сплавы для рулей и стабилизаторов. При запуске ракеты эти элементы испытывают значительные тепловые и механические воздействия от соприкосновения с воздухом. Одним из способов защиты данных элементов является создание на поверхности керамического слоя микродуговым оксидированием. Технология внедрена и успешно прошла полевые испытания. Пример установки для МДО приведен на рис. 3.



Рис. 1. Автоматическая установка электродуговой металлизации цилиндрических изделий



Рис. 2. Колпачок датчика без и с нанесенным алюминиевым покрытием



Рис. 3. Участок микродугового оксидирования

Шкивы ременных передач в настоящее время все чаще изготавливают из алюминиевого сплава Д16Т на современных станках с ЧПУ. Точное соблюдение геометрии всех поверхностей как правило не требует их балансировки. В промышленности и на транспорте шкивы работают в разных условиях и интенсивность изнашивания рабочей поверхности чаще всего зависит от степени запыленности среды эксплуатации. Были выполнены работы по упрочнению канавки микродуговым оксидированием более чем на 250 шкивах разных размеров. Примеры приведены на рис. 4.



Рис. 4. Примеры шкивов, упрочненных микродуговым оксидированием

Шкивы в правой части рисунка имеют большую площадь, которую нет необходимости покрывать. Следует отметить, что МДО-процесс выполняется на плотности тока $10\text{--}20\text{ А/Дм}^2$ при напряжении 380 В и основная часть затрат на получение покрытия приходится именно на электроэнергию. Для исключения лишних затрат были спроектированы и изготовлены специальные оснастки под каждый типоразмер подобных шкивов для изоляции лишней площади из процесса получения покрытия. Пример оснастки приведен на рис. 5.



Рис. 5. Оснастка для МДО крупногабаритных шкивов

Следует отметить, что упрочненные таким образом ручки шкивов работают в 2,0–2,5 раза дольше, чем стальные или чугунные. Аналогичные данные получены на кабельном заводе по производству эмали-проводов — все направляющие ролики из закаленной стали были заменены на алюминиевые с МДО-покрытием [4].

Закключение. При использовании алюминиевых сплавов для производства изделий необходимо учитывать свойства последующей поверхностной обработки детали. Покрытие поверхностей изделий алюминиевым плакирующим слоем позволяет создать барьерный теплозащитный слой для деталей, работающих при высоких температурах, с продлением срока их эксплуатации до 50 %. Применение микродуговой обработки поверхности алюминиевых деталей позволяет получить на поверхности керамическое покрытие. При этом износостойкость деталей увеличивается в 2,0–2,5 раза по сравнению со стальными закаленными деталями.

Список источников

- [1] Попова С.С., Гоц И.Ю., Закирова С.М., Рахметулина Л.А. Влияние состава активирующих растворов на качество металлического покрытия АБС-пластика. *Вестник СГТУ*, 2012, № 3 (67), с. 86–91.
- [2] Чавдаров А.В. Закономерности формирования МДО-покрытий на алюминиевых сплавах. *Технический сервис машин*, 2025, т. 63, № 1, с. 69–74.
- [3] Попов Н.А., Чавдаров А.В. Исследование свойств комбинированного покрытия для восстановления изношенных гильз цилиндров. *Технический сервис машин*, 2023, т. 61, № 1 (150), с. 130–139.
- [4] Гинзбург Э.С., Касьянов С.В. Малышев В.Н., Вольхин А.М., Гантимиров Б.М., Ким. С.Л. Повышение антифрикционных свойств износостойких МДО-покрытий. *Химическая физика и мезоскопия*, 2013, т. 15, № 2, с. 285–291.

