

## ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ТИТАНОВЫХ, ЦИРКОНИЕВЫХ И НИОБИЕВЫХ СПЛАВОВ

*А.Ю. Королёв, А.Э. Париццо, В.С. Нисс, А.С. Будницкий*  
*Белорусский национальный технический университет*

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, определяющих эксплуатационные характеристики изделий современного машино- и приборостроения, изделий медицинской техники. Разработка высокоэффективных экологически безопасных процессов повышения качества поверхности металлических изделий, обеспечивающих высокую производительность, является в настоящее время актуальной технологической задачей промышленности.

Одним из прогрессивных методов повышения качества поверхности металлических изделий является электролитно-плазменная обработка (ЭПО), которая широко используется в процессах полирования, удаления заусенцев и очистки изделий медицинского назначения, декоративных изделий, деталей машин и приборов, а также с целью с повышения физико-механических и химических свойств поверхности. Это связано с рядом существенных преимуществ процесса ЭПО по сравнению с механическим и электрохимическим полированием:

- высокая экологическая безопасность по сравнению с классическим электрохимическим полированием за счёт применения электролитов на основе водных растворов солей общей концентрацией не более 5 %;
- повышение коррозионной стойкости поверхности;
- возможность обработки деталей и изделий любой конфигурации;
- возможность получения зеркальной поверхности с высотой микронеровностей вплоть до  $Ra = 0,01$  мкм;
- устранение в процессе обработки некондиционного поверхностного слоя и остаточных напряжений, что улучшает физико-механические и химические свойства поверхности;
- достаточно короткая продолжительность процесса полирования;
- существенное снижение ручного труда;
- возможность обработки высокотвердых и вязких материалов.

Однако массовое использование технологии ЭПО ограничивается тем, что в промышленных масштабах к настоящему времени освоены процессы ЭПО только небольшого перечня материалов: низкоуглеродистые и коррозионностойкие стали, алюминиевые сплавы, бронзы и латуни. Технологии обработки таких материалов как, например, титан и магниевые сплавы, отработаны лишь в лабораторных условиях. Качественное полирование с достижением высокой отражательной способности достигается только на чистом титане, одно- и двухфазные титановые сплавы обрабатываются с нагревом поверхности и образованием серого окисного слоя. Причём один из компонентов электролита для обработки титана (фторид калия) запрещен к поставке на территорию Республики Беларусь.

В то же время существует и ряд других распространённых материалов включая титановые, ниобиевые, циркониевые и танталовые сплавы (сплавы металлов IV и V группы периодической системы химических элементов), широко применяемых при производстве ответственных изделий, технология изготовления которых предусматривает выполнение качественной финишной обработки. К таким изделиям относятся, например, зубные и костные имплантаты, имплантаты для травматологии, черепные пластины, фиксаторы позвоночника и другие медицинские изделия из титановых сплавов; турбинные лопатки авиационных двигателей из титановых сплавов; листы, фольга и проволока из тантала, используемые для скрепления тканей, нервов, наложения швов, изготовления протезов; детали тепловыделяющих и теплообменных элементов ядерно-энергетических систем из циркониевых и танталовых сплавов; детали ускоряющих структур коллайдеров из ниобия. Как правило, такие детали имеют сложную геометрическую форму, поэтому при полировании их механическими методами возникают значительные трудности. Для электрохимических технологий указанные материалы являются труднообрабатываемыми, а процессы их полирования требуют применения токсичных электролитов.

Для решения указанных проблем разработана технология электролитно-плазменного полирования и очистки изделий из титановых, никель-титановых, циркониевых и ниобиевых сплавов. Технология обладает высокой экологической безопасностью по сравнению с классическим электрохимическим полированием за счёт применения безвредных электролитов. Технология обеспечивает снижение шероховатости поверхности с  $Ra = 1,25 - 0,8$  мкм до  $Ra = 0,2 - 0,04$  мкм. Продолжительность обработки составляет в среднем 5 мин.

Новый метод электролитно-плазменной обработки реализуется в электролитах на основе водных растворов солей общей концентрацией не более 5 %. Для сравнения, традиционное полирование, например, титановых сплавов выполняется в электролитах с температурой 80 °С, содержащих помимо серной и азотной кислот, токсичную плавиковую кислоту концентрацией 20–25 %.

Разработанная технология обеспечивает качественное полирование и очистку с приданием поверхности высокой отражательной способности. Компоненты, применяемые для приготовления электролитов, имеют низкую стоимость и доступны на рынках СНГ и Европейского союза.