

Сравнительный анализ электрохимического и электроимпульсного полирования

Мачульский А.И., Разумович И.П.

Научный руководитель Янковский И.Н., канд. техн. наук
Белорусский национальный технический университет

Использованию принципиально новых высокоэффективных методов обработки заготовок, обеспечивающих наряду со снижением трудоемкости их изготовления повышение качества и эксплуатационных характеристик, отводится все большее внимание в современной промышленности. Широкое применение жаропрочных, магнитных, коррозионно-стойких и других высоколегированных сталей и твердых сплавов, обработка которых механическими методами затруднена или невозможна, вызывает необходимость использования в технологическом процессе изготовления детали электрофизических и электрохимических методов обработки.

Одним из электрохимических методов, основанным на анодном растворении поверхностей заготовок, является электрохимическое полирование (ЭХП).

В настоящее время ЭХП применяют в следующих случаях:

для подготовки поверхности перед нанесением защитно-декоративных гальванических покрытий;

в качестве финишной операции обработки изделий из коррозионно-стойких материалов (коррозионно-стойкая сталь, алюминиевые и медные сплавы, серебро, золото) и гальванических покрытий для придания декоративности, повышения коррозионной стойкости и усталостной прочности, снижения коэффициента трения;

для приготовления шлифов в металлографических исследованиях и фольги для электронно-микроскопических исследований.

Широкая область применения ЭХП обусловлена тем, что при обработке происходит регламентированное по толщине удаление некондиционного слоя и формирование поверхностного слоя, свободных от дефектов, присутствующих механической обработке.

ЭХП имеет несколько разновидностей и в зависимости от поставленных задач, величины снимаемого слоя, а также требуемого качества поверхности после обработки различают:

анодное травление, представляющее собой анодное растворение поверхности металла, проходящее без улучшения, а иногда и с ухудшением микрогеометрии поверхности, при этом съем металла может достигать 200 мкм/мин;

анодная зачистка – разновидность анодного травления, проводимая с целью удаления грубых поверхностных загрязнений и сглаживания крупных неровностей;

анодное шлифование, при котором происходит анодное растворение поверхности, несколько улучшающее ее микрогеометрию и позволяющее получать показатели шероховатости Ra 0,32–2,5 мкм при производительности от 10 до 200 мкм/мин;

комбинированное шлифование-полирование – анодное растворение, проводимое в переменных режимах без переноса заготовки из одной ванны в другую. Съем обрабатываемого металла определяется режимами обработки: при шлифовании 50–100 мкм/мин, полировании, 0,5–5,0 мкм/мин;

анодное глянцеование – процесс анодного растворения, в результате которого повышается блеск обрабатываемой поверхности без заметного изменения исходной микрогеометрии;

анодное сглаживание, представляющее собой анодное растворение, приводящее к значительному улучшению микрогеометрии обрабатываемой поверхности и повышению блеска.

К основным преимуществам ЭХП относятся:

производительность ЭХП в отличие от производительности обработки резанием не зависит от механических свойств материала и конфигурации заготовки, при этом в ряде случаев ЭХП имеет более высокую производительность по сравнению как с чистой, так и с черновой обработкой резанием;

на поверхности после полирования вследствие особенностей микро-рельефа меньше оседает и удерживается загрязнений, а сама поверхность приобретает повышенную коррозионную стойкость;

возможность обработки труднодоступных внутренних и наружных фасонных поверхностей, полостей, пазов;

отсутствие в процессе обработки силового воздействия на заготовку, что позволяет обрабатывать заготовки нежесткой конструкции;

простота автоматизации технологических процессов, оборудования и возможность многостаночного обслуживания.

Наряду с отмеченными выше достоинствами ЭХП обладает и рядом недостатков. Наиболее существенные из них:

использование в качестве рабочих растворов концентрированных кислот и других агрессивных сред, что приводит к затратам на специальную вентиляцию и обезвреживание вредных выбросов в окружающую среду;

низкая работоспособность растворов, сложность их корректировки и регенерации;

сложность достижения заданной точности обработки, обусловленная влиянием нестабильности ряда специфических факторов (напряжения на электродах, температуры, состава и степени зашламленности электролита);

отсутствие способов очистки электролитов от продуктов растворения в ионном состоянии.

Одним из перспективных методов электрохимической обработки деталей является электроимпульсное полирование (ЭИП).

Технология метода ЭИП основана на использовании импульсных электрических разрядов, воздействующих на обрабатываемую поверхность изделия, погруженного в электролит. Отличие от классического ЭХП заключается в том, что под действием рабочего напряжения около поверхности изделия создается динамически устойчивая парогазовая оболочка. Комплексное воздействие химически активной среды парогазовой оболочки и возникающих в ней электрических разрядов способствует протеканию на обрабатываемой поверхности интенсивных физико-химических процессов, обеспечивающих эффективное электрохимическое растворение металла, приводящее к сглаживанию микронеровностей обрабатываемой поверхности, удалению заусенцев и загрязнений, обеспечивая высокую отражательную способность поверхности (блеск).

Минимально достижимая шероховатость поверхности при ЭИП $Ra=0,03-0,02$ мкм. Причем снижение шероховатости поверхности определяется уровнем исходной шероховатости и продолжительностью обработки и обеспечивается за экономически целесообразное время обработки на 2–3 класса, например с $Ra=1,25-0,63$ мкм до $Ra=0,16-0,08$ мкм.

К преимуществам технологии ЭИП относятся:

- высокая производительность и стабильность качества обработки;
- отсутствие шаржирования обрабатываемой поверхности;
- полная автоматизация управления и контроля параметрами процесса;
- экологическая чистота процесса;
- низкая себестоимость обработки единицы поверхности.

В настоящее время метод ЭИП используют для финишной обработки сложнопрофильных, преимущественно наружных, поверхностей изделий из коррозионно-стойких и углеродистых конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов на основе меди и никеля; удаления заусенцев и притупления (скругления) острых кромок; подготовки поверхности перед нанесением ионно-вакуумных покрытий; очистки поверхности деталей от минеральных и органических загрязнений и удаления окалина небольшой толщины, а также восстановления поверхностей, утративших свои первоначальные свойства в результате эксплуатации или воздействия неблагоприятных внешних факторов.

Помимо преимуществ, характерных для ЭХП, технология ЭИП отличается высокой производительностью и стабильностью качества обработки, возможностью полной автоматизации управления и контроля параметров процесса, экологической чистотой и низкой себестоимостью обработки единицы поверхности.

Одним из факторов, существенно влияющим на ход процесса анодного растворения металла при ЭИП и в значительной мере определяющим производительность полирования, а также качество обрабатываемых поверхностей, является химический состав и свойства электролита. К электролитам для обработки сталей в режиме ЭИП предъявляются следующие основные требования:

- универсальность полирующего действия к различным структурным составляющим стали;

- высокая электропроводность и низкая вязкость раствора;

- высокая стойкость при повышенных температурах;

- стабильность свойств, т.е. способность сохранять основные свойства после прохождения большого количества электричества;

- возможность использования в широком диапазоне режимов обработки;

- отсутствие токсического воздействия электролита и продуктов его разложения на людей;

- невысокая коррозионная активность по отношению к оборудованию и обрабатываемым заготовкам;

- доступность и невысокая стоимость электролитов.

Этим требованиям наилучшим образом удовлетворяют водные растворы неорганических солей. К настоящему времени разработан широкий ряд электролитов для ЭИП заготовок из различных сталей и сплавов.

Наибольшее распространение для обработки углеродистых конструкционных и коррозионностойких сталей получили электролиты на основе солей аммония. Установлено, что для ЭИП коррозионно-стойких сталей оптимальным является электролит – 2–6 % водный раствор сульфата аммония, а для низколегированных углеродистых конструкционных сталей – 1–4 % водный раствор хлористого аммония.

Однако, несмотря на ряд достоинств и преимуществ метода ЭИП литературный анализ показал значительное количество и многообразие факторов, оказывающих влияние на качество и точность обрабатываемых поверхностей при ЭИП, а также недостаточность их исследования и противоречивость имеющихся результатов. В частности:

- нет единой научно обоснованной теории, объясняющей механизм прохождения электрического тока и влияние его параметров (величина постоянной и амплитуда переменной составляющей) на протекающие в ПГО физико-электрохимические процессы;

не исследовано движение самоорганизованных потоков в электролите, которые оказывают существенное влияние на устойчивость процесса ЭИП, точность и качество обработки поверхности;

малоизученным остается влияние режимов обработки на изменение параметров шероховатости поверхности; имеющиеся гипотезы о сглаживании шероховатости поверхности противоречивы и экспериментально не обоснованы;

недостаточно исследовано влияние ЭИП на эксплуатационные характеристики обрабатываемых поверхностей деталей.

Решение перечисленных вопросов позволит выявить новые закономерности процесса ЭИП, расширить область применения процесса, а также обеспечить требуемый комплекс свойств обрабатываемых поверхностей.

Система восстановления вооружения и военной техники в ведении боевых действий последнего десятилетия

Разуев Н.Н., Цимбалист А.И.

Научный руководитель Гаман М.И.

Белорусский национальный технический университет

Анализ войн последнего десятилетия показывает, что современные войска оснащены большим количеством различных видов вооружения и военной техники (ВВТ), высокоточным оружием, что неизбежно приводит к их массовому выходу из строя в результате ведения боевых действий. Восполнение потерь возможно за счет промышленного производства и путем восстановления ВВТ ремонтно-восстановительными органами (РВО) непосредственно в ходе ведения боевых действий.

Под восстановлением понимается комплекс мероприятий, организуемый и осуществляемый в целях поддержания высокой боеспособности подразделений по наличию в строю исправных образцов ВВТ.

Восстановление включает:

техническую разведку;

эвакуацию вооружения и военной техники;

ремонт;

передачу невосстанавливаемых образцов ВВТ средствам старшего начальника

возвращение в подразделения восстановленных образцов ВВТ.

При организации восстановления особое внимание уделяется анализу условий и факторов, которые оказывают непосредственное влияние на восстановление ВВТ в ходе боевых действий.

Анализ литературы показывает, что при организации восстановления ВВТ в военных конфликтах последнего десятилетия изменились не только количественные, пространственно-временные и качественные показатели