

Такая постановка вопроса соответствует следствиям из закона кривизны Дж.Шпильрайна, показывающим, что для описания поля в пространстве могут быть использованы любые действительные уравнения силовых линий тока и эквипотенциалей без ограничений на коэффициенты при переменных  $x, y, z$  или при их произведениях.

Исходя из описанных выше особенностей электрического поля постоянного тока при ЭХО можно рекомендовать направление работы в подборе электролитов повышенной избирательности и энергосбережения для изготовления деталей из заготовок с малыми припусками. Таким направлением является исследование слабых электролитов, увеличивающих свою электропроводность под действием импульсного тока в малых межэлектродных зазорах между электродом-инструментом и деталью и проявляющих свойства жидкого диэлектрика на больших электрических зазорах. Подобные явления наблюдались на практике при введении в раствор пассиваторов на кислородной основе и образовании смесей с нерастворимыми, масляными, жидкими диэлектриками.

В ы ы о ы. 1. Нестабильность поля ухудшает точность ЭХО. 2. Наличие переменного потенциала самолокализации  $\psi$  повышает точность формообразования.

УДК 621.9.047

М.В.Демин, О.А.Сенина, В.Ф.Герасимов

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ  
РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ЛОПАТОК ГТЛ  
ИЗ СПЛАВА ЭП718ВД

Приведены результаты исследований по совершенствованию технологического процесса вибро-ЭХО лопаток с длиной пера до 100 мм путем оптимизации состава электролита. В разработанном технологическом процессе используется электролит на основе перхлората натрия, что позволило повысить точность и качество поверхностного слоя.

---

ISBN 5-230-16902-8. Методы обработки авиаматериалов. Самара, 1991

---

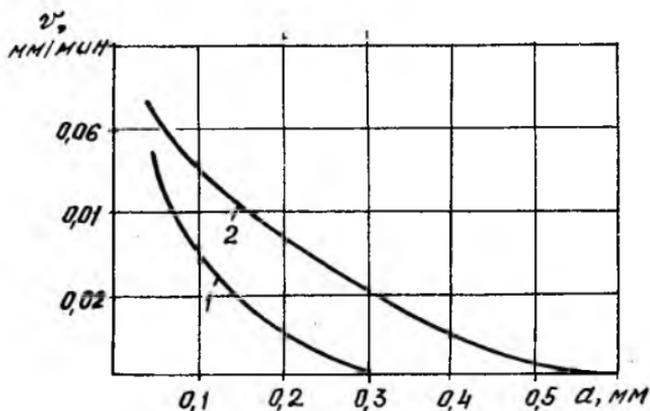
В современном производстве лопаток технология ЭХО не обеспечивает достаточную точность и требуемое качество поверхности, что обуславливает необходимость применять операции шлифовки и полировки, которые трудоемки, дорогостоящи и выполняются с большими затратами ручного труда. Так, по существующей технологии лопатки из сплава ЭП718ВД, обработанные в электролите на основе нитрата натрия (10%  $NaNO_3$ ), имеют шероховатость поверхности, соответствующую  $Ra = 0,32-0,63$  мкм. При этом точность изготовления профиля пера (длиною 100 мм) соответствует 2-му классу точности.

В работе сделана попытка усовершенствовать технологические характеристики ЭХО лопаток из ЭП718ВД путем оптимизации состава электролита. Выбор электролита осуществляли исходя из требований увеличения степени локализации и обеспечения шероховатости поверхности профиля пера в пределах  $Ra = 0,16-0,32$  мкм.

Исследования выполнялись в два этапа. На первом этапе изучались технологические характеристики ЭХО сплава ЭП718ВД на образцах на втором этапе — на лопатках. Обработку образцов осуществляли на полупромышленной установке с использованием вибрирующего катода-инструмента и импульсного тока со следующими характеристиками: амплитудное значение напряжения 15–30 В; длительность импульса 3–5 мс, скважность импульсов 2–3, плотность тока в импульсе 50–90 А/см<sup>2</sup>. Для выявления локализирующей способности электролита снимали зависимость линейной скорости растворения от величины межэлектродного зазора. Критерием оценки служила вышеназванная зависимость, имеющая более крутопадающую характеристику по сравнению с аналогичной зависимостью, полученной в электролите на основе нитрата натрия. Лопатки обрабатывали на станке ЭХС-10Б. Источник питания — импульсный, схема обработки — циклическая с вибрацией катода-инструмента.

Научно-патентные исследования показали, что повышение локализации и снижение шероховатости поверхности возможно при использовании пассивирующих электролитов, среди которых мало изучены электролиты на основе перхлоратов щелочных металлов. С учетом хорошей растворимости в воде и ряда других эксплуатационных показателей для исследования был выбран перхлорат натрия  $NaClO_4 \cdot H_2O$  (натрий хлорнокислый, одноводный).

Анализ зависимостей линейной скорости растворения от величины межэлектродного зазора, полученных в  $NaNO_3$  и  $NaClO_4 \cdot H_2O$



Р и с. Зависимость линейной скорости съема  $v$  от величины межэлектродного зазора  $a$  в различных электролитах: 1 - 4%  $NaNO_3$ ; 2 - 4%  $NaClO_4 \cdot H_2O$

(см. рисунок), показал явное преимущество по локализирующим свойствам электролита на основе перхлората натрия по отношению к сплаву ЭП718ВД. Так, при равных концентрациях (4%, вес) в перхлорате натрия наблюдается более крутая зависимость линейной скорости растворения от величины зазора. При этом в  $NaClO_4 \cdot H_2O$  растворение сплава прекращается уже при достижении зазора, равного 0,3 мм. В то же время в  $NaNO_3$  сплав растворяется на этом зазоре еще с достаточной скоростью. Такая закономерность анодного поведения сплава ЭП718ВД свидетельствует о том, что в процессе обработки лопаток из указанного материала в растворе перхлората натрия растворяются только те участки поверхности, которые наиболее близко расположены к катоду-инструменту. Дальние участки поверхности вследствие пассивации не растворяются.

Исследование шероховатости поверхности образцов, обработанных в  $NaClO_4 \cdot H_2O$ , показало, что она улучшается в пределах одного класса и приближается к значению  $Ra = 0,32$  мкм.

Как известно, основной причиной высокой шероховатости поверхности при ЭХО является избирательность анодного растворения вслед-

ствие электрохимической неоднородности компонентов сплава (в ЭП718ВД входят никель, железо, хром). Для устранения селективности растворения предложено вводить добавки из органических поверхностно-активных веществ (ПАВ). Хотя количество сообщений о новых добавках к электролитам все увеличивается, вопрос о направлении и степени их влияния пока еще недостаточно ясен. Поэтому нами выбор добавки (неонол) был осуществлен эмпирическим путем.

Как показывают результаты исследований, введение в перхлоратный электролит неонола в количестве 0,2% оказывает положительное влияние как на процесс сглаживания микронеровностей, так и на увеличение блеска поверхности.

Шероховатость поверхности, полученная при обработке образцов на зазоре 0,05 мм при напряжении 15 В, находилась в пределах  $R_a = 0,12-0,18$  мкм.

Влияние неонола увеличивалось еще в большей степени с возрастанием величины технологического напряжения. Наиболее интенсивный блеск поверхности отмечался при напряжении 20 В, при этом  $R_a$  снижалось до значений 0,08-0,11 мкм.

Обобщая приведенные данные, можно видеть, что замена электролита  $NaNO_3$  на  $NaClO_4$  с добавкой неонола позволяет обрабатывать сплав ЭП718ВД с более высокой локализацией и более низкой шероховатостью поверхности.

Обработка лопаток из ЭП718ВД в перхлорате натрия с добавкой неонола полностью подтвердила эти выводы. На лопатках была получена шероховатость поверхности со значением  $R_a = 0,25$  мкм. Процесс ЭХО в предлагаемом электролите сопровождается более высокой локализацией при формообразовании всей проточной части профиля пера. Это способствует улучшению точностных показателей обработки (значения показателей находятся в рамках 2-го класса точности). Все это способствует уменьшению трудоемкости ручных работ на последующих операциях обработки пера.

Кроме того, повышение локализации позволит уменьшить величину припуска на заготовках перед операцией ЭХО, что значительно увеличит коэффициент использования металла на ГТД. Это обстоятельство указывает также на возможность обработки методом ЭХО лопаток из прогрессивных заготовок (ВСШ, ИЗШ и т.д.).

В заключение следует отметить, что электролит на основе перхлората натрия рекомендован для обработки и ряда других металлов и

сплавов. Однако в промышленности он не применяется. Одной из причин, сдерживающих промышленное освоение перхлоратных электролитов, является недостаточная разработанность вопросов их эксплуатации. Прежде всего это касается вопросов охраны труда, поддержания заданной работоспособности и увеличения долговечности.

Анализ физико-химических свойств перхлората натрия показал, что он не образует токсических соединений в воздушной среде и сточных водах в присутствии других веществ, но в то же время представляет пожарную опасность, так как при соприкосновении с органическими веществами (растительные масла, керосин и др.) может вызвать их воспламенение.

Проведенные исследования работоспособности электролита свидетельствуют о том, что при пропускании количества электричества на один литр раствора, равного 50 А·ч, технологические показатели сплава ЭП718ВД, такие как точность обработки и шероховатость поверхности, не ухудшаются. Количественный анализ входящих в электролит компонентов с целью его корректировки при эксплуатации не представляется трудоемким.

Таким образом, при соблюдении определенных правил по пожарной опасности этот электролит может широко использоваться в технологии ЭХО.

УДК 621.924.93

А.В.Мещеряков, В.А.Шманев, А.П.Шулепов

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРУЙНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Предложена математическая модель процесса формирования микрорельефа поверхности при струйной гидроабразивной обработке (ГАО), в основу которой положен единичный акт контактного взаимодействия абразивной частицы с поверхностью. Приведены результаты имитационного моделирования, получаемой в процессе обработки шероховатости поверхности.

---

ISBN 5-230-16902-8. Методы обработки авиаматериалов. Самара, 1991

---