

которых до настоящего времени лимитирует ресурс турбин и компрессоров в целом, шлицевые валы, кольца и тела подшипников качения, резьбовые шпильки и т. д.

Влияние неровностей поверхности на коррозию металлов и особенно на коррозионное растрескивание, а также на качество защитных покрытий близко по характеру к влиянию их на усталостное разрушение. Так, известно, что неровности и, в частности, глубокие впадины с малыми радиусами закругления дна увеличивают неоднородность поверхности и приближают момент первых коррозионных разрушений. Исследования показывают, что коррозионные потери уменьшаются и щелевая коррозия становится менее интенсивной по мере повышения степени плавности и упорядоченности неровностей поверхности при прочих равных условиях.

Обобщая приведенную информацию, и учитывая тот факт, что микрорельеф поверхности после ЭИЛ существенно ограничивает область его применения, становится очевидным, что, используя приемы и методы, улучшающие шероховатость получаемого слоя можно значительно увеличить их область эффективного применения.

Для решения множества из указанных проблем была разработана неоднократно доказавшая свою работоспособность интегральная технология элетроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием, которая может являться ярким примером успешного применения аддитивных методов для создания на критических поверхностях узлов и механизмов работоспособных высококачественных, с регулируемыми поверхностными параметрами покрытий различного назначения.

УДК 691.9.048.4

### **Особенности формирования оксидокерамических покрытий на объектах из вентильных и черных металлов**

Чигринова Н.М.

Белорусский национальный технический университет

Метод анодного микролугового оксидирования (АМДО) весьма перспективен для продления рабочего ресурса объектов различного назначения, но только тогда, когда речь идет о новых, не бывших в эксплуатации деталей из вентильных металлов, либо когда изделие изношено равномерно по всей поверхности и величина износа не превышает возможных при этой обработке толщин покрытий. В случае, когда требуется улучшить эксплуатационные характеристики с одновременным восстановлением геометрии и размеров неравномерно изношенной детали, данный метод неприменим. Еще одним фактором, ограничивающим

распространение этой перспективной технологии, является высокая трудоемкость, а порой и невозможность создания качественных покрытий на поверхности объектов, изготовленных из не вентильных металлов.

Проблема создания оксидо-керамических покрытий на черных металлах и сплавах может быть решена путем создания промежуточного вентильного подслоя на подложке из черного металла и его последующего микродугового оксидирования. Оптимизация приемов создания композиционного материала *«подложка-вентильный подслоя-оксидная керамика»* базируется на соответствии полученного вентильного слоя критериям качества и назначения. Создаваемый вентильный подслоя должен: иметь химическое сродство с материалом подложки для обеспечения необходимой адгезии; не разупрочнять материал подложки и не вносить в него дополнительных напряжений; иметь необходимую и достаточную толщину; содержать минимальное количество мелких, несквозных пор; не содержать механических и структурных дефектов; не скалываться, не вспучиваться, не отслаиваться при последующей АМДО; быть надежным, технологичным и экономически выгодным, экологически безопасным.

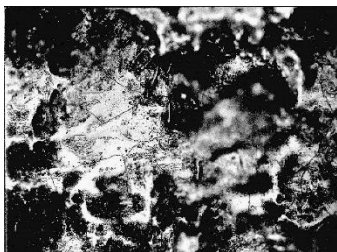
Одним из наиболее перспективных методов создания вентильного подслоя является интегральная технология электроискрового легирования с ультразвуковым модифицированием созданной поверхности (ЭИЛ+УЗМ). Полученная таким образом комбинация структурных и прочностных параметров вентильного подслоя является основой для создания работоспособного оксидо-керамического покрытия в процессе его последующей микродуговой обработки.

Поскольку вентильный подслоя с учетом его последующего АМДО должен иметь необходимую и достаточную толщину, изучались особенности массопереноса, определяемые эрозией анода (легирующего электрода) и деэрозией катода (обрабатываемой подложки) при ЭИЛ+УЗМ в зависимости от схем и возможных режимов обработки. Анализ показал, что характер изменения привеса катода при ЭИЛ нелинейен и, начиная с величины тока 1.7А, наблюдается достаточно резкое снижение данного параметра, т.е. рост покрытия практически прекращается.

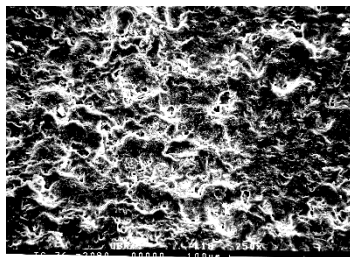
Потеря массы при изменяющихся параметрах ЭИЛ происходит по линейному закону. При этом смена режимов легирования с жесткого на мягкий, различающихся энергосиловыми параметрами процесса, вызывает уменьшение потери массы от 2.5 до 5.8 раз. Самые большие изменения в скорость эрозии анода и интенсивность массопереноса вносит ультразвуковое модифицирование созданного покрытия. Обработка по схеме ЭИЛ+УЗМ весьма существенно снижает скорость эрозии электрода. Причем, чем при более высоких значениях напряжения и тока

формировался слой при ЭИЛ, тем сильнее влияние последующего УЗ-модифицирования.

Объяснение ограниченности толщины формируемого при ЭИЛ покрытия содержится в многократности взаимодействия искровых разрядов, приводя к электронной природе эффекта схватывания. Это обуславливает закономерное влияние его на эрозию электрода, основными причинами чего являются накопление внутренних напряжений, в том числе за счёт образования в покрытиях новых фаз с различными коэффициентами термического расширения, уменьшение термоусталости покрытия в условиях многократных циклов нагрева и охлаждения его микрообъёмов (оба фактора взаимосвязаны и дополняют друг друга), образование ультрадисперсной структуры (рисунок).



*a*



*б*

Топография вентильного подслоя, полученного типовым ЭИЛ (*a*) и интегральным методом ЭИЛ+УЗМ (*б*)

УДК 691.9.048.4

### **Автоматизированные устройства контроля качества покрытий**

Воробьёва Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Анализ существующих приемов и способов управления процессом получения защитных покрытий на магниевых сплавах с применением энергии микроплазмы показал, что интенсификация процесса АМДО магния и его сплавов в большинстве случаев производится либо за счёт наращивания мощности серийных установок, либо за счёт изменения химического состава электролита. При этом получение высокоплотных слоев покрытий с прогнозируемыми свойствами не гарантируется, а себестоимость покрытий возрастает. Для решения этой проблемы необходимо изучить кинетику прироста толщины и формирования однородного рельефа покрытий в зависимости от технологических и