

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МДО-ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Зоренко Д.А.

Тверской государственный технический университет, Тверь

Ключевые слова: трение, износ, микродуговое оксидирование, износостойкие самосмазывающиеся покрытия, частицы твердого смазывающегося материала, дисульфид молибдена, мелкодисперсные частицы, графит, антифрикционные покрытия.

Аннотация. В статье описаны основные особенности процесса нанесения анодно-искровых покрытий с частицами твердого смазочного материала. Приведены основные режимы получения покрытий с мелкодисперсными частицами графита и дисульфида молибдена. Рассмотрены особенности встраивания частиц твердого смазочного материала в керамическую матрицу покрытия. Рассмотрены основные триботехнические характеристики полученных покрытий.

ABOUT THE FEATURES OF THE FORMATION OF WEAR-RESISTANT SELF-LUBRICATING CERAMIC MDO COATINGS ON ALUMINUM ALLOYS

Zorenko D.A.

Tver State Technical University, Tver

Keywords: friction, wear, micro-arc oxidation, wear-resistant self-lubricating coatings, particles of solid lubricating material, molybdenum disulfide, fine particles, graphite, antifriction coatings.

Abstract. The article describes the main features of the process of applying anode-spark coatings with particles of solid lubricant. The main modes of obtaining coatings with fine particles of graphite and molybdenum disulfide are given. The features of embedding solid lubricant particles into the ceramic coating matrix are considered. The main tribomechanical characteristics of the obtained coatings are considered.

Одним из способов повышения долговечности алюминиевых деталей в узлах трения является нанесение износостойких оксидных покрытий в режиме микродугового оксидирования. Это покрытие обладает спектром необходимых физико-механических и триботехнических свойств [1]. Основным недостатком является высокий коэффициент трения в условиях работы без смазочного материала, который приводит к увеличению затрат энергии и интенсивному износу поверхности контр-тела. Одним из наиболее эффективных способов устранения этого недостатка является способ модифицирования известных покрытий мелкодисперсными частицами твердой смазки. Таким образом, чтобы получить композиционное покрытие, имеющее равномерное распределение частиц твердой смазки по всей толщине керамической матрицы, необходимо обеспечить их встраивание непосредственно в процессе роста покрытия. На кафедре физики в Тверском государственном техническом университете были проведены успешные эксперименты по внедрению мелкодисперсных частиц твердой смазки (вторая фаза) в керамическую матрицу (первая фаза) МДО

покрытия на алюминии. В качестве исследуемого вещества второй фазы был выбран наиболее часто применяющийся в качестве твердой смазки мелкодисперсный порошок графита (размер частиц 2-10мкм) и порошок MoS_2 , что соизмеримо с размером пор, образующихся в керамической матрице.

Анодно-искровая формовка неорганических покрытий является сложным процессом, включающим в себя стадии пассивации металла, образование барьерного оксидного слоя, его пробой и формирование неорганического осадка [2]. Частицы твердой смазки вносят некоторые изменения в технологический процесс нанесения покрытия. Так, например порошок графита является токопроводящим материалом, в результате этого стандартное ведение процесса нанесения покрытия он делает невозможным. В этом случае не происходит важной стадии пассивации поверхности. При подаче напряжения на ванну и покрываемую деталь частицы графита, устремляясь к покрываемой детали аноду, налипают на чистую еще не успевшую покрыться диэлектрической мономолекулярной трехмерной оксидной пленкой поверхность покрываемой детали. Из-за способности проводить электрический ток эти частицы образуют точки безразрядной утечки тока. В результате этого поверхность образца вместо диэлектрических свойств приобретает свойства проводника, и беспрепятственное течение тока не дает процессу выйти в режим пробоя диэлектрической пленки, то есть режима искрения не происходит, и толщина покрытия не увеличивается. Одним из способов получать покрытия с содержанием частиц графита по всей толщине покрытия, явился новый способ [3], заключающийся в изоляции поверхности частиц графита адсорбированной пленкой глицерина. Глицерин для проводимых испытаний выбран из-за диэлектрических, неионогенных (не распадается в электролите на ионы) свойств, а также он сохраняет свои свойства при достаточно высоких температурах. Для предотвращения распада глицерина и изменения его свойств как поверхностно активного вещества при высоких температурах, электролит охлаждался до температуры 2-5°C, которая поддерживалась в данном интервале в течение всего времени нанесения, проводящие частицы графита замедляют процесс роста пленки. Важной зависимостью, которая была выявлена в ходе экспериментов, является зависимость толщины пленки от концентрации частиц дисперсной фазы в электролите представленная на рисунке 1

Кривая 1 показывает зависимость толщины получаемого покрытия от концентрации частиц графита в электролите. Кривая 2 показывает зависимость толщины получаемого покрытия от концентрации частиц дисульфида молибдена в электролите. С ростом концентрации частиц графита в электролите до 30г/л толщина покрытия слабо меняется в результате не абсолютной диэлектрической защиты адсорбированной пленки глицерина на поверхности частиц графита. При превышении 40г/л толщина покрытия резко снижается вплоть до полного прекращения процесса образования покрытия в результате образования очагов коррозии. Увеличение же концентрации частиц дисульфида молибдена в электролите ведет к постепенному росту толщины покрытия вследствие хорошей встраиваемости частиц в матрицу.

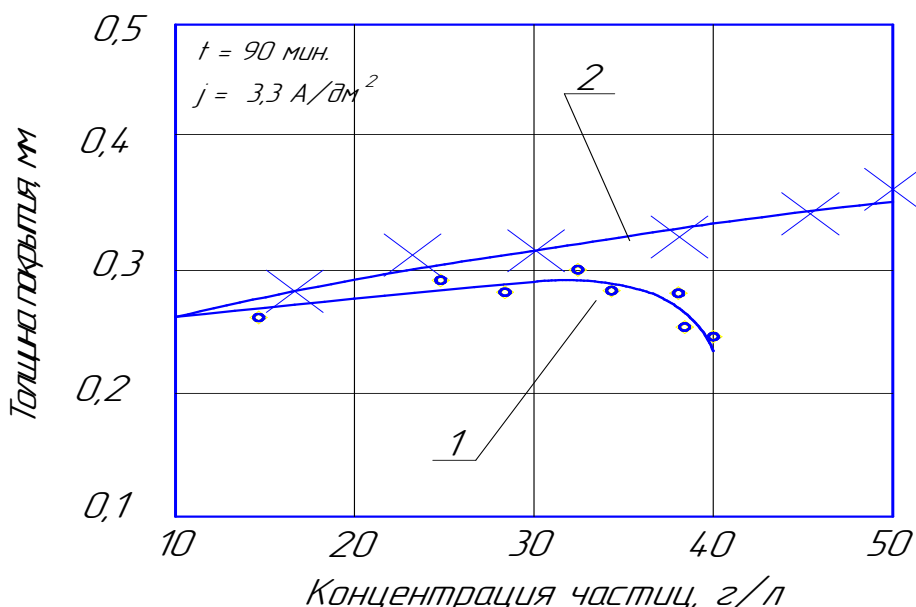


Рис. 1. Зависимость толщины покрытия от концентрации частиц второй фазы в электролите

Концентрация более 50г/л ведет к повышению содержания частиц в покрытии при одновременном снижении износостойкостных и адгезионных свойств покрытия.

Процесс встраивания частиц второй фазы можно разделить на три этапа.

1. Подход частицы к поверхности электрода (в результате седиментации, перемешивания, электростатических сил). Дисульфид молибдена и графит имеют неполярные молекулы, поэтому могут приобретать направленное движение в электрическом поле за счет поляризации.

2. Образование электростатической связи между поверхностью образца и частицей.

3. Заращение частицы керамической матрицей.

Триботехнические испытания полученных покрытий показали, что они обладают значительно лучшими антифрикционными свойствами по сравнению с известными оксидными покрытиями. Установлены зависимости коэффициента трения полученных покрытий от концентрации частиц твердой смазки в электролите. Так с ростом концентрации частиц графита и дисульфида молибдена в электролите коэффициенты трения покрытий снижаются практически прямо пропорционально (рис. 2), но у покрытий с частицами графита наблюдается отставание в результате худших смазочных свойств частиц. В результате не абсолютной диэлектрической защиты глицерином при увеличении концентрации частиц графита более 40г/л наблюдается прекращение процесса нанесения покрытия вследствие образования очагов безразрядной утечки тока. При проведении триботехнических исследований контртело представляло собой плоский образец из стали ХВГ, закаленный до 52...58HRCэ. Коэффициент трения полученных модифицированных покрытий заметно ниже коэффициента трения базового анодно-искрового покрытия. Об этом свидетельствуют полученные зависимости коэффициента трения от продолжительности работы покрытий.

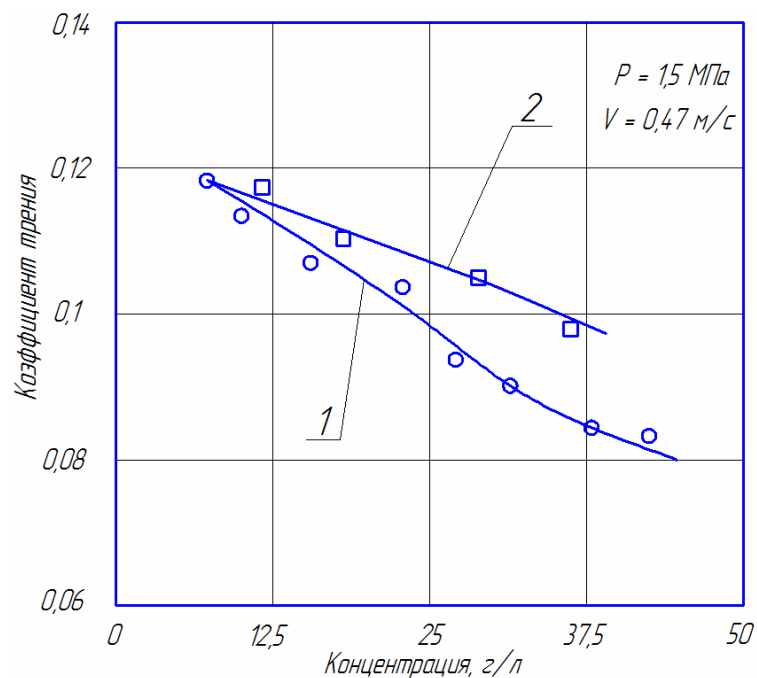


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от концентрации частиц:
1 – дисульфида молибдена, 2 – графита

Анализ структуры покрытия показал, что встраивание частиц носит чисто механический характер, так как химического взаимодействия частиц с матрицей покрытия не происходит. В незначительной степени химическое взаимодействие графита с алюминием может происходить в результате искрового пробоя покрытия с образованием карбида алюминия.

В результате исследований было определено, что:

- увеличение концентрации частиц графита в электролите более 35г/л ведет к резкому уменьшению толщины покрытия, нарушается его сплошность и резко растет износ;

- оптимальная концентрация дисульфида молибдена в электролите равна порядка 45г/л. При этом концентрация в покрытии порядка 25%. Концентрация частиц в электролите более 50г/л ведет к повышению содержания частиц в покрытии, при одновременном снижении износостойкостных и адгезионных свойств покрытия.

- коэффициент трения снижается практически линейно с увеличением концентрации частиц обоих твердых смазочных материалов.

Список литературы

1. Великосельская Н.Д. Повышение долговечности деталей узлов трения подводного нефтепромыслового оборудования посредством поверхностного упрочнения методом микродугового оксидирования: Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1989. – 190 с.
2. Новиков В.В. Создание и комплексное исследование алмазосодержащих керамических трибоматериалов для узлов трения различного назначения: Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1998. – 190 с.
3. Баковец В.В., Поляков О.В., Долговесова И.П. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 152 с.

Сведения об авторе:

Зоренко Дмитрий Анатольевич – к.т.н., доцент.