

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МДО ПОКРЫТИЯ

Modified MAO coatings

Макаревич Г., К.т.н. Сасковец В., Ермаков В., Сальникова И.
ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь

Abstract: In order to stabilize and improve some properties of MAO coatings were applied additional pyrolytic chrome plating. Pyrolytic chrome plating is CVD process using chromium organic liquid, consisting of bis ethylbenzene chromium and its homologues. Vapors of chromium organic liquid, produced in the process, have a high penetrating ability. Pyrolytic chromium carbide, as result of the process, fills the pores and cracks of MAO coating and "heals" defects. Then fatigue strength of elements under flexural deformation increases by 2.5 times in comparison with the samples passed only MAO processing and 1,7 times higher than for aluminum base. Wear of counterbody from steel ШХ 15 after pyrolytic chrom plating fell 8 times. Through cracks filled the carbide the surface is connected electrically with the aluminum base and does not accumulate static electricity, which is important in the textile industry, and can take off heat from the friction zone.

KEYWORDS: MICROARC OXIDATION (MAO), PYROLYTIC CHROME, FATIGUE STRENGTH, WEAR, STATIC ELECTRICITY

1. Введение

Для упрочнения рабочих поверхностей деталей из алюминиевых сплавов в настоящее время широко используется метод микродугового оксидирования (МДО). Сущность МДО заключается в том, что под действием высокого напряжения, которое прикладывается между деталью, находящейся в электролите и металлическим катодом (которым может выступать корпус электролитической ванны) на поверхности детали возникают микродуговые разряды. Они своим термическим, плазмохимическим и гидродинамическим воздействием преобразуют поверхностный слой детали из алюминиевого сплава в прочно сцепленное оксидокерамическое покрытие. В МДО-покрытии различают три слоя кристаллического строения: поверхностный, упрочненный и переходной [1]. Поверхностный слой – рыхлый и имеет низкую износостойкость. Он состоит из оксида кремния, алюмосиликатов и муллита. Его удаляют при финишной обработке упрочненной детали, иначе он будет работать как абразив во время эксплуатации. Упрочненный слой обладает ячеистой структурой, он включает в себя кристаллы с микротвердостью 18 - 24 ГПа, разделенные аморфоподобной связкой с микротвердостью 8 ГПа. Этот слой состоит из альфа- и гамма- оксидов алюминия. Он характеризуется высокими показателями плотности, твердости и износостойкости. Переходной слой, толщиной 3 – 5 мкм, располагается между металлом основы и упрочненным слоем МДО-покрытия. В его состав входит незначительное количество альфа- и гамма- оксидов алюминия и ортоклаз.

Стойкость МДО-покрытий к изнашиванию очень высокая и приближается к износостойкости диффузионных боридных покрытий [2]. Это дает возможность использовать МДО-покрытия в определенном интервале нагрузок, скоростей и смазочных сред в паре трения с различными материалами. Однако в условиях граничного или сухого трения МДО-покрытия обладают высокими фрикционными свойствами и способствуют повышенному изнашиванию ответной, обычно стальной, детали при их взаимодействии в подвижном соединении. [3].

2. Решения рассматриваемой проблемы

Одной из основных причин повышенного износа стального контртела в паре трения с МДО-покрытием, очевидно, является остаточный муллит и абразивная микрокрошка, образующаяся при хрупком разрушении оксидокерамики в местах ослабленных дефектами, микротрещинами, на границах «зерен» упрочненного слоя.

Как одно из решений данной проблемы было предложено пиролитическое хромирование поверхности оксидокерамического покрытия.

В работе использовались образцы с анодно-катодным МДО-покрытием, полученным в Институте механики и надежности машин (ИМИНМаш) НАН Беларуси.

Пиролитическое хромирование проводили методом химического осаждения из паровой фазы хромосодержащего металлоорганического соединения (МОС). Схема реактора осаждения показана на рис. 1. Пары МОС способны проникать в самые узкие несплошности и, разлагаясь до карбидов, «цементируются» компоненты оксидокерамики.

В качестве металлоорганического соединения использовали технологическую хроморганическую жидкость (ХОЖ) «Бархос». Хромирование проводили в условиях динамического вакуума. Для достижения насыщенности и равновесности паровой фазы применяли встроенный испаритель с динамической подачей ХОЖ в жидкой фазе по термостатируемому каналу. Температура испарителя составляла 270 – 300 °С. Температуру образцов при осаждении поддерживали в диапазоне 420 – 430 °С.

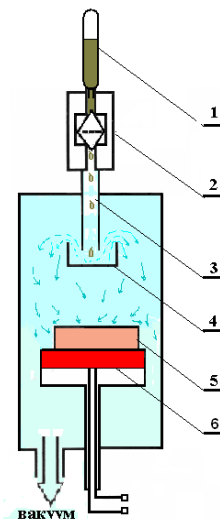


Рис.1 - Реактор осаждения:

1 – ХОЖ «Бархос»; 2- дозатор; 3 - термостатированный канал; 4 - испаритель; 5 - образец; 6 – нагреватель

Для лучшего проникновения паров металлоорганического соединения в пористые структуры использовали модифицирующую добавку к ХОЖ «Бархос» - 3 % об.

дибензилового эфира. Образцы имели форму шайб $\varnothing 40 \times 5$ мм из сплава Д16 с МДО-покрытием со снятым частично или полностью поверхностным муллитовым слоем.

В результате получали твердый осадок карбидов хрома смешанной стехиометрии хорошо проникающий в поры и несплошности оксидокерамического покрытия вплоть до самой основы. На рис. 2 показан косой шлиф (10° к поверхности) образца с МДО-покрытием модифицированным методом пиролитического хромирования.

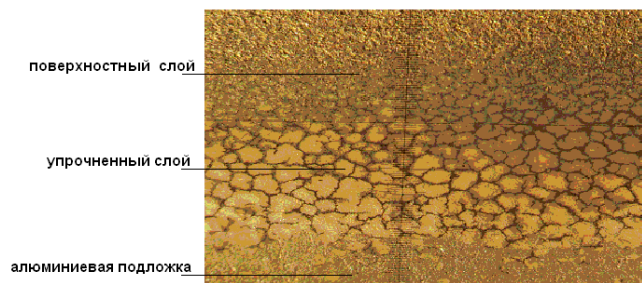


Рис. 2 - Шлиф оксидокерамического покрытия после пиролитического хромирования (угол 10°)

Видно, что «межзеренные» границы заполнены карбидом хрома вплоть до основы. Имеет место эффект залечивания трещин, что препятствует хрупкому разрушению оксидокерамики при механическом воздействии на поверхность.

Влияние пиролитического хромирования на износ контртела изучали на установке трения, работающей по схеме диск-шар. Диск-образец с оксидокерамикой или оксидокерамика плюс пиролитическое хромирование вращался вокруг центральной оси со скоростью 2300 об/мин. Шар-контртело $\varnothing 4$ мм из стали ШХ15 совершал возвратно поступательные движения в радиальном направлении от 10 до 16 мм радиуса со скоростью 7 мм/мин. Износ шара определяли по диаметру пятна истирания и пересчитывали на объемную потерю материала по формуле:

$$(1) \Delta V = \pi d^4 / 32D,$$

где d – диаметр пятна истирания; D – диаметр шара

Фактор износа W определяли по формуле:

$$(2) W = \Delta V / SP,$$

где S – путь трения (м); P – нагрузка (Ньютон).

Все испытания проводились при нагрузке 1,9 Н и пути трения 1000 м. Полученные результаты имели малый статистический разброс (усредненные результаты представлены в табл. 1).

Таблица 1. Износ контртела

№	Состояние МДО - покрытия	Диаметр пятна износа, мм	Объем износа, 10^{-2} мм ³	Фактор износа, 10^{-5} мм ³ /МН
1	с поверхностным слоем	1,15	4,4	2,3
2	то же после пиролитического хромирования	0,5	0,16	0,08
3	со снятым поверхностным слоем после хромирования	0,5	0,16	0,08
4	со снятым поверхностным слоем без хромирования	0,85	1,3	0,68

3. Результаты и дискуссия

Как показали результаты сравнительных испытаний, пиролитическое хромирование оксидокерамики позволяет в 8 раз снизить износ контртела из стали ШХ15. Что важно, остатки поверхностного слоя на оксидокерамике после хромирования не вносят существенного вклада в абразивный износ. Это снижает требование к такой энерго- и времязатратной технологической операции как полное удаление поверхностного муллита.

В ИМИНМАШ НАН Беларуси В.Л. Басинюком и Е.И. Мардосевым были проведены испытания на усталостную прочность пластинчатых образцов из сплава Д16 с МДО-покрытием после пиролитического хромирования и без него. Анализ результатов показал следующее:

- формирование оксидокерамики на рабочих поверхностях деталей, работающих в условиях многоциклового напряжения на изгиб, обуславливает снижение предела выносливости материала основы в 1,75 – 1,8 раза;

- пиролитическое хромирование оксидокерамического покрытия позволяет превысить предел выносливости материала основы в 1,3 – 1,4 раза и увеличить его в 2,4 – 2,5 раза при наличии на ней оксидокерамики.

Это, очевидно, связано с появлением значительных сжимающих напряжений на поверхностном слое оксидокерамики и залечиванием дефектов, являющихся концентраторами напряжений. При этом увеличивается на порядок и более удельная жесткость при изгибе материала основы.

Пиролитическое хромирование также создает условия для отвода тепла и снятия электростатического заряда с поверхности оксидокерамики. Это важно для нитепроводящей арматуры в текстильной промышленности.

4. Заключение

Пиролитическое хромирование существенно улучшает эксплуатационные характеристики оксидокерамики. Износ контртела из стали ШХ15 в паре трения с модифицированным таким образом МДО-покрытием снизился в 8 раз. Предел выносливости пластинчатых образцов вырос в 2,5 раза, удельная жесткость материала основы увеличилась на порядок. Карбидные мостики обеспечили электронную проводимость между поверхностью и металлом основы. Это позволяет отводить избыток тепла из зоны трения и снимать электростатический заряд с поверхности.

5. Литература

1. Марков, Г.А. Микродуговое оксидирование. Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. Машиностроение. 1992. № 1. С. 34-56.
2. Черненко, В.И. Получение покрытий анодно-искровым электролизом. Л.: Химия. 1991. 128 с.
3. Voevodin, A.A. Characterisation of wear resistant Al-Si-O Coatings formed on al-based alloys by micro-arc discharge treatment. Surface and Coating Technology. 1996. V. 86-87. P. 516-521