

Особенности формирования износостойкого анодно-искрового керамического покрытия на внутренних поверхностях деталей из титановых сплавов

Зоренко Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Тверской государственной технической университет, г. Тверь

В статье представлены результаты исследования особенностей формирования износостойких керамических покрытий на внутренних поверхностях деталей из титанового сплава, полученных методом анодно-искрового оксидирования с использованием различных составов электролита.

Ключевые слова: микро-дуговое оксидирование, коэффициент трения, интенсивность линейного износа, титановые сплавы, противозлектрод, защитные покрытия, декоративные покрытия.

В узлах трения современных машин и механизмов нашли широкое применение детали из цветных металлов, в частности и из титана и его сплавов. Это обусловлено хорошими прочностными свойствами, его высокой тепло- и электропроводностью и др. Детали, изготавливаемые из титановых сплавов, имеют широкое применение в различных отраслях машиностроения и особенно в авиационной промышленности. Широко применяются титановые сплавы и в оборонной промышленности. Замена конструктивных материалов, потребляемых в настоящее время предприятиями транспортного машиностроения, титаном приводит к снижению расхода топлива, росту полезной грузоподъемности, повышению предела усталости деталей. Существенное уменьшение общего веса транспортных средств за счет применения титановых деталей позволяет повысить скоростные характеристики, а также грузоподъемность. Большинство изготавливаемых из титана деталей, применяемых в узлах трения, нуждаются в повышении износостойкости. Кроме этого, с повышением температуры растет химическая активность титана, а, следовательно, весьма желательна дополнительная защита поверхностей титановых деталей, работающих в узлах, испытывающих значительный нагрев. Традиционные упрочняющие покрытия на поверхности титана невозможно нанести из-за низкой адгезионной активности этого металла, поэтому качественно новым способом повысить его поверхностную твердость и износостойкость является микродуговое оксидирование (МДО). При проведении этого процесса толщина пленки оксида титана, неизбежно образующейся под воздействием кислорода воздуха, значительно увеличивается, а ее структура и физико-механические свойства изменяются таким образом, что поверхность способна противостоять абразивному износу. МДО - покрытие представляет собой слой керамического материала, состоящего из оксида и двуокиси титана, микротвердостью 5 - 10 ГПа.

Процессы, происходящие при микродуговом оксидировании на аноде, которым является обрабатываемая деталь, описаны в работах [1, 2], исследованы физико-механические и триботехнические свойства упрочненного слоя [2,4]. Анализируя результаты предварительных испытаний, был сделан вывод о том, что поверхности деталей, на которых необходимо сформировать МДО - покрытие можно условно разделить на: закрытые, полузакрытые, открытые. Открытые поверхности характеризуются максимальной плотностью линий электрического поля и равномерным потенциалом, свободным доступом электролита, хорошим охлаждением. Технология получения высококачественных покрытий на открытых поверхностях отработана. Полузакрытые поверхности обычно экранированы от противозлектрода, поэтому плотность силовых линий электриче-

ского поля и потенциал на полузакрытой поверхности меньше. Однако сохраняется свободный доступ электролита и охлаждение. В этом случае вероятность получения покрытия с заданными свойствами и равномерной толщиной не велика. Закрытые поверхности кроме того, что они сильно экранированы от противозлектрода, к ним затруднен доступ электролита, отвод продуктов реакции, возможен перегрев. В этом случае микродуговое оксидирование протекает крайне неустойчиво, необходим подбор специальных режимов для формирования упрочненного слоя с высокими физико-механическими и триботехническими характеристиками. Таким образом, механизм формирования упрочняющего слоя на деталях сложной формы изучен недостаточно.

Нами была исследована задача получения оксидного слоя заданной толщины, физико-механических и триботехнических свойств на внутренних поверхностях деталей из титановых сплавов, т.е. на деталях, имеющих сквозные отверстия. В качестве образцов, были изготовлены титановые втулки с внутренним диаметром d от 10 мм до 30 мм и длиной L от 10 мм до 50 мм. Оценивалось распределение толщины покрытия h по длине образца в зависимости от относительной длины отверстия x/L и состава электролита. Покрытие формировалось на специально разработанном оборудовании, согласно технологии, предложенной в работе [4]. Толщина полученного слоя измерялась на поперечном шлифе образца оптической системой микротвердомера ПМТ-3.

В результате было установлено, что при фиксированном составе электролита, распределение толщины покрытия по длине внутреннего отверстия существенно зависит от отношения L/d . Например, из рис. 1 видно, что при $L/d < 0,5$ и содержании кислоты в электролите 1 г/л покрытие имеет практически равномерную толщину.

С увеличением относительной длины образца вероятность получения равномерного покрытия уменьшается, а при $L/d > 3$ на поверхности детали образуются непокрытые участки. Этот результат очевидно обусловлен увеличением неравномерности распределения электрического поля с ростом L/d . В то же время состав электролита существенно влияет на формирование МДО-слоя устойчивой толщины. При увеличении процентного содержания кислоты в электролите центральный прогиб профиля покрытия уменьшается практически до нуля. При дальнейшем увеличении концентрации кислоты наступает резкое нарушение сплошности покрытия на участках близких к входным отверстиям. Это объясняется отслаиванием участков покрытия под действием возникающих локальных дуговых разрядов, причем одновременно начинается

процесс травления образовавшихся участков непокрытого титана.

В работе было исследовано четыре принципиально разных состава электролита, наиболее удачным оказался электролит на основе ортофосфорной и серной кислот. Процесс образования покрытия на нем характеризуется хорошей воспроизводимостью и высокой скоростью про-

цесс нанесения не превышает десяти минут. На основании проведенных экспериментов удалось определить процентное соотношение компонентов электролита и токовых режимов нанесения покрытия, при которых пористость покрытия не превышала 20% на поверхности покрытия, а средние слои имели пористость, не превышающую 10% за счет уменьшения количества и размера пор рис. 2.

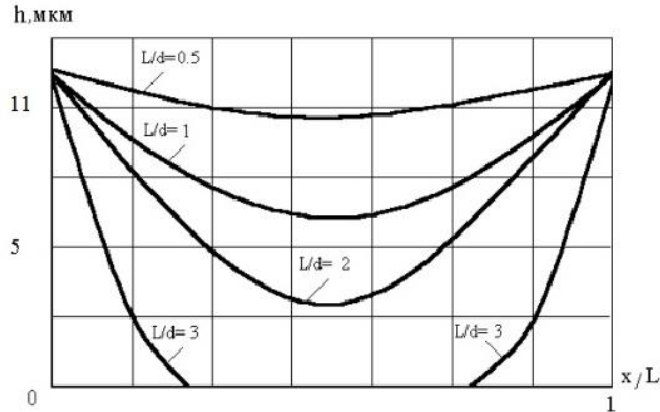


Рис.1. Зависимость толщины покрытия от отношения диаметра к глубине отверстия

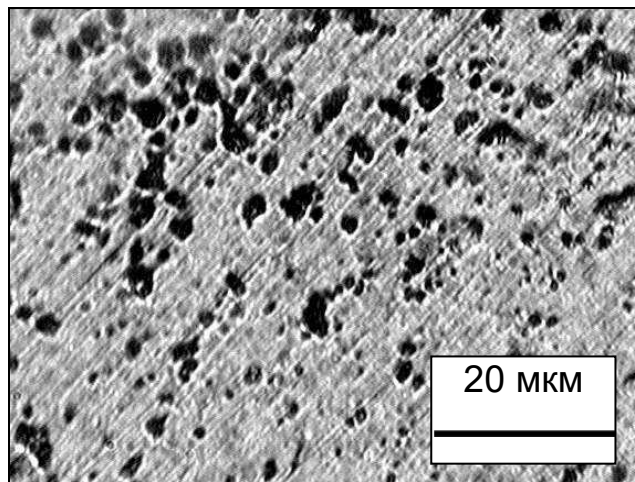


Рис. 2. Пористость на поверхности полученного покрытия

В результате исследования получена технология, позволяющая путем варьирования составами электролитов получать равномерные керамические МДО - покрытия на поверхности достаточно протяженных сквозных отверстий в титановых деталях. Таким образом, полученное покрытие можно использовать в узлах трения без смазочного материала, так как оно позволяет обеспечить низкий коэффициент трения скольжения и повышает износостойкость титановой детали. Кроме этого полученное покрытие не требует тщательной подготовки поверхности перед нанесе-

нием. Оно неплохо удерживает смазочный материал, так как имеет скрытую и открытую пористость. В отличие от чистого титана не схватывается с углеродистой сталью при контактных давлениях выше 3 МПа. Ввиду низкой шероховатости порядка $Ra\ 0,15 - 0,30\ \mu\text{m}$, может применяться без конечной чистовой обработки. А при сокращении времени нанесения до 30 секунд покрытие представляет собой защитно-декоративную пленку с различными цветовыми оттенками.

Литература:

1. Великосельская Н.Д. Повышение долговечности деталей узлов трения подводного нефтепромыслового оборудования посредством поверхностного упрочнения методом микродугового оксидирования: Дис. канд. техн. наук. М., 1989. -190 с.
2. Новиков В.В. Создание и комплексное исследование алмазосодержащих керамических трибоматериалов для узлов трения различного назначения: Дис. канд. техн. наук. М., 1998. - 190 с.
3. Баковец, В.В. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов. Новосибирск: Наука, 1991. - 152 с.
4. Зоренко, Д.А. Повышение износостойкости подвижных деталей выталкивающей системы пресс-форм для литья термопластов под давлением: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тверь: ТвГТУ, 2004. - 155с.