

нелинейных алгебраических уравнения. С помощью программного продукта Mathcad 2001 определены параметры модели.

По известным компонентам тензора скоростей деформации получены зависимости компонент тензора деформации и теоретические значения перемещения от времени. Полученная зависимость линейна по времени и удовлетворительно описывает экспериментальную зависимость только на начальном участке. Относительную погрешность можно уменьшить, если учесть продольное перемещение и изменение радиуса образца в процессе хладотекучести (ползучести).

Вывод:

1. Линейная зависимость перемещения от времени при хладотекучести (ползучести) ПТФЭ удовлетворительно (относительная погрешность менее 10%) описывает изменение перемещения только на начальном участке (до 5 с).
2. Построенная методика определения тангенса угла наклона в линейной зависимости перемещения от времени позволяет найти зависимость этого параметра от времени и получить дифференциальное уравнение относительно перемещения для более качественного описания кривой хладотекучести (ползучести).
3. Из вида кривой ползучести следует зависимость последующего шага перемещения от предыдущего, т.к. кривая удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальными кривыми.

Автор выражает благодарность н.с. Анфиногенову С.Б. за помощь в проведении механических испытаний.

УДК 621.785.33+621.793.1

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ TiN ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДЕННЫХ НА СТАЛИ X18Ni9T, ПОСЛЕ НИКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА

Багрец¹ Д. А., Рубаник^{1,2} В. В., Маркова³ Л. В.

¹ ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск

² УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск

³ ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси», г. Минск

Защитно-декоративные покрытия на основе нитрида титана (TiN), полученные методами ионно-плазменного напыления, широко применяются в машиностроении, медицине, производстве товаров народного потребления и др. отраслях. Такие покрытия характеризуются повышенной износ- и коррозионной стойкостью, биосовместимостью, улучшенными трибологическими характеристиками, а также высокими декоративными свойствами (цвет «под золото»). Для получения более широкой гаммы цветовых оттенков, а также снятия температурных напряжений, возникающих в процессе напыления, применяется термообработка (ТО), в результате которой происходит изменение химического состава и микроструктуры нитридтитановой пленки и материала основы [1,2].

Целью данной работы являлось исследование адгезионных свойств TiN покрытий, осажденных на стали аустенитного типа с последующим низкотемпературным отжигом в окислительной среде.

В качестве подложек для нанесения TiN покрытий использовали образцы из аустенитной нержавеющей стали (X18H10T) размером 20x20x3 мм, предварительно подвергнутые полному циклу подготовки поверхности (полировка, очистка, обезжиривание, промывка и сушка) в соответствии с типовым технологическим процессом нанесения защитно-декоративных покрытий на металлические зубные протезы. Непосредственно перед осаждением покрытия образцы подвергали ионной бомбардировке (с ускоряющим напряжением до 1100 В) с целью нагрева и активации поверхности.

TiN покрытие и подслоя титана формировали вакуумным электродуговым методом (ток дуги I=90А, время осаждения t=15 мин, температура подложки при напылении T=300..400 °С) из сепарированного плазменного потока.

Образцы с покрытиями подвергали отжигу на воздухе при температуре 150 °С в течение 40 мин.

Адгезию покрытия к подложке определяли с помощью блока для определения адгезионной прочности автоматического комплекса для исследования процессов трения.

Морфологию поверхности образцов с покрытиями исследовали на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения "Mira" фирмы "Tescan" (Чехия) при ускоряющем напряжении 20 кВ.

По виду кривых зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора (рис. 1-2) установлено, что большая степень разрушения при одинаковой нагрузке характерна для покрытия, подвергнутого низкотемпературному отжигу. Фрагментация на отдельные блоки с одновременным снижением содержания Ti в спектре с 65-70 % у исходного покрытия до 20%, которое можно принять за разрушение покрытия, у покрытия после ТО происходит при нагрузке 55 Н, тогда как у покрытия без ТО такая же степень разрушения происходит при нагрузке 70-75 Н.

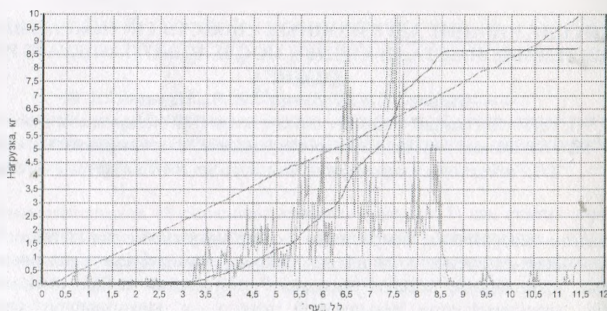


Рисунок 1 – Кривая зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора для TiN покрытия без ТО

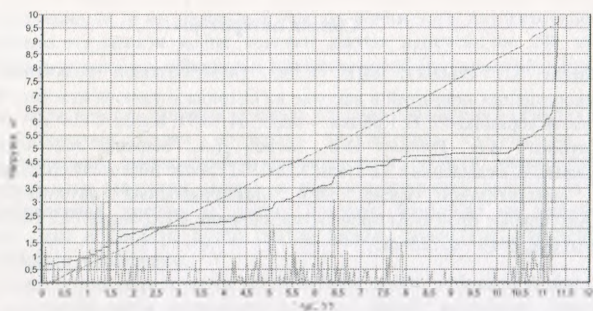


Рисунок 2 – Кривая зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора для TiN покрытия после ТО

Большая степень разрушения покрытия после термообработки подтверждается морфологией царапины при нагрузке 90 Н (рис. 3). В покрытии без ТО распределение фрагментов, содержащих Ti, чаще, интервал между ними составляет 50 мкм (рис. 3а). В покрытии после ТО распределение таких фрагментов реже, их количество меньше, интервал между ними порядка 100 мкм (рис. 3б). Плотность трещин по обе стороны от царапины у покрытия без ТО ниже и длина их короче, основные трещины имеют размер порядка 100 мкм с интервалом 40-50 мкм. В покрытии после ТО плотность трещин значительно выше, основные трещины имеют размер порядка 150-200 мкм с интервалом 20 мкм.

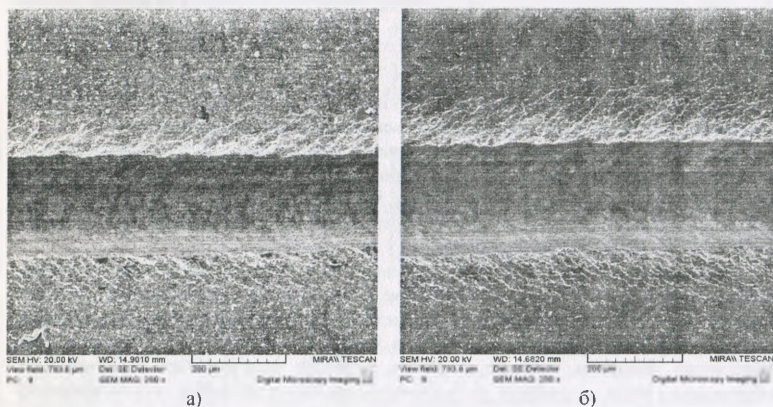


Рисунок 3 – Морфология царапины при нагрузке 90 Н для покрытия до (а) и после (б) термообработки

Таким образом, исследование адгезионной прочности показало, что образцы с покрытиями разрушаются по когезионному механизму, однако прочность сцепления покрытия после ТО на 25-30% ниже по сравнению с покрытием без ТО из-за вероятного охрупчивания поверхностных слоев после низкотемпературного отжига на воздухе.

Список литературы

1. Патент SU 1760987. МПК С23С 14/34. Способ получения защитно-декоративных покрытий в вакууме из нитрида титана на изделиях из металла, стекла, керамики / Е.В. Кремко. – заявл. 01.10.91; опубл. 07.09.92.
2. Клубович В.В., Рубаник В.В., Багрец Д.А., Маркова Л.В. Свойства TiN покрытий, осажденных на стали X18H10T, после низкотемпературного отжига в окислительной среде. 50-й Международный научный симпозиум «Актуальные проблемы прочности»: сборник материалов. Ч.2 / УО «ВГТУ» - Витебск. 2010 – с. 213-215.

УДК 539.214

ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БЫСТРОВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ ПАРОВЫХ И ГАЗОВЫХ ТУРБИН.

Дудяк А.П., Евдокимова В.С.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Одной из важнейших задач при строительстве и эксплуатации паровых и газовых турбин является обеспечение надежности их функционирования. Для обеспечения безопасности и надежности паровых и газовых турбин чрезвычайно важно сохранить в процессе изготовления и эксплуатации требуемые характеристики и показатели. Паровые и газовые турбины, работающие при нормальных режимах, сохраняют работоспособность несколько десятков лет. Этому способствует большое внимание, которое уделяется их систематическому контролю и своевременная ликвидация появляющихся дефектов.

На вал ротора турбины действуют: крутящий момент, соответствующий передаваемой турбиной мощности; изгибающий момент от собственного веса и веса насаженных на него деталей; силы неуравновешенного давления пара вдоль оси.

Тяжелые условия работы валов и большая ответственность их с точки зрения обеспечения надежности работы всей турбины требуют особо тщательного подхода к выбору материалов, способов изготовления заготовок и последующей механической обработки, а также методики и средств контроля качества обрабатываемых валов на всех этапах технологического процесса

Поковки валов и цельнокованых роторов, с целью определения качества металла, подвергают следующим видам проверок: определению химического состава, остаточных внутренних напряжений и механических свойств; перископическому осмотру центрального отверстия; микро- и макроструктурному анализу на предмет обнаружения флокенов, трещин и других пороков; контролю на равномерность распределения серы и фосфора путем снятия серных отпечатков; ультразвуковому контролю; тепловым испытаниям.

Валы роторов турбин изготавливают из поковок, применяя молибденосодержащие стали, например хромомо - либденовые, хромомолибденованадиевые, хромомолибденовольфрамванадиевые, а при рабочих температурах свыше 700° С применяют сплавы на никелевой основе, а также на кобальтовой, молибденовой и смешанных основах.

Металлургические заводы поставляют поковки роторов и валов, как правило, грубо обточенными и термически обработанными, по согласованным между поставщиком и заказчиком чертежам заготовок (РЧЗ) с установленными припусками для механической обработки и контрольных испытаний материалов. Размеры припусков обычно следующие: в радиальном направлении — по 15—20 мм на сторону.