

СВОЙСТВА TiN ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДЕННЫХ НА СТАЛИ X18H10T, ПОСЛЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

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

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, ita@vitebsk.by

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

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

Защитно-декоративные покрытия на основе нитрида титана, полученные методами ионно-плазменного напыления, характеризуются повышенной износо- и коррозионной стойкостью, биосовместимостью, улучшенными трибологическими характеристиками, а также высокими декоративными свойствами.

Для расширения гаммы цветовых оттенков, а также снятия температурных напряжений, возникающих в процессе напыления, образцы с TiN покрытиями подвергали низкотемпературной термообработке (ТО) в окислительной среде, в результате которой происходит изменение химического состава и микроструктуры нитридтитановой пленки и материала основы [1].

В качестве подложек для нанесения TiN покрытий использовали образцы из аустенитной нержавеющей стали (X18H10T), 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 $I=90$ А, 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.

Установлено, что слои TiN, осажденные на стальных образцах, имеют типичный для нитрида титана золотисто-желтый цвет и обладают хорошими барьерными свойствами по отношению к атомам химических элементов, из которых состоит сталь. Атомы железа, никеля, хрома, входящие в состав стали, были в малых количествах обнаружены в слое нитрида титана (рис. 1). Особенно важным является полное (в пределах погрешности измерения) отсутствие никеля на поверхности образцов с покрытиями без термообработки, что дает возможность применения TiN покрытий в медицинских изделиях, где недопустимо присутствие ионов Ni в поверхностных слоях.

В образцах с покрытиями, подвергнутых низкотемпературному отжигу, наблюдается значительное увеличение концентрации основных компонентов стальной подложки (железа, хрома и никеля) в пределах слоя TiN (рис. 2). Так, на глубине 300 нм содержание Fe в покрытии составило 32%, Cr – 10%, Ni – 4%, в то время как для образцов с покрытиями без ТО эти показатели составляют: Fe – 8%, Cr – 4%, Ni – 1% соответственно.

Предполагается, что основным механизмом перераспределения элементов в покрытии во время термообработки является термодиффузия.

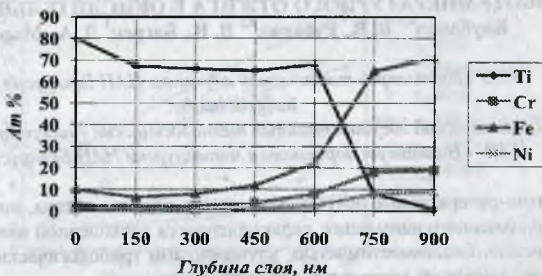


Рисунок 1 – Распределение элементов по глубине TiN покрытия без ТО

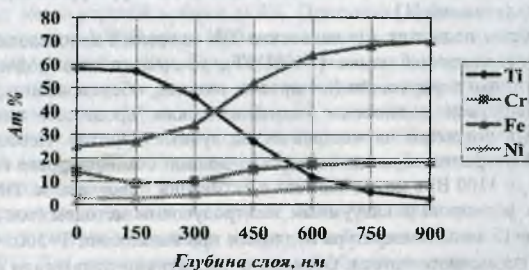


Рисунок 2 – Распределение элементов по глубине TiN покрытия после ТО

Для оценки допустимой нагрузки и адгезионной прочности покрытий образцы подвергали испытанию на истирание. По виду кривых зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора (рис. 3-4) можно сделать вывод, 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.

Большая степень разрушения покрытия после термообработки подтверждается морфологией царапины при нагрузке 90 Н. В покрытии без ТО распределение фрагментов, содержащих Ti, чаще, интервал между ними составляет 50 мкм. В покрытии после ТО распределение таких фрагментов реже, их количество меньше, интервал между ними порядка 100 мкм. 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.

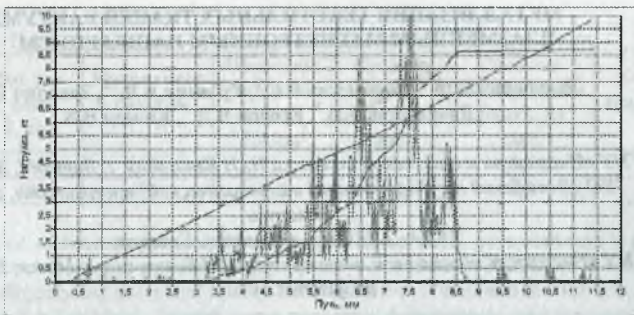


Рисунок 3 – Кривая зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора для TiN покрытия без ТО

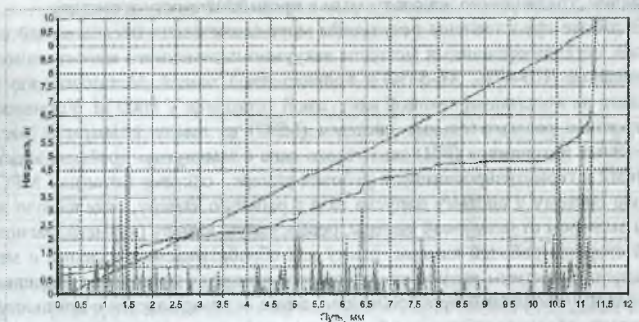


Рисунок 4 – Кривая зависимости интенсивности акустической эмиссии от длины пути индентора для TiN покрытия после ТО

Таким образом, отжиг образцов с TiN покрытиями на воздухе приводит к значительной диффузии элементов подложки (железа, хрома и никеля) к поверхности, что может отрицательно сказываться на защитных свойствах TiN пленок. 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.

1. Патент SU 1760987, МПК C23C 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.