

И. Ш. Абдуллин, И. И. Васильев, А. В. Трофимов

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ КОНДЕНСАТОВ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РОСТА

Ключевые слова, очистка поверхности, ВЧЕ плазменная обработка.

Исследовано формирование покрытия из нитридов тугоплавких металлов. Покрытие получали методом конденсации из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки. На начальных стадиях роста покрытия (до 15 секунд), при конденсации одним испарителем, на стальной подложке с потенциалом -150 В скорость роста в 2 раза выше чем на диэлектрике и достигает до 26 нм/с.

Keywords: surface cleaning, high-frequency plasma processing.

We investigated the forming a coating of nitrides of refractory metal. Coating obtained by condensation of the plasma phase in ion bombardment. Growth rate coating in the initial stages of the growth (15 seconds) on steel substrate with the potential -150 V, 2 times greater than the dielectric and reaches up to 26 nm/s.

Процессы нанесения тонкопленочных покрытий являются одними из самых широко применяемых современных методов модификации поверхности твердых тел. Среди множества различных методов нанесения покрытий особое место занимают вакуумные ионно-плазменные методы.

Формирование в поверхностном слое деталей заданной структуры путём воздействия на поверхность высокоэнергетических потоков частиц газовой и металлической плазмы позволяет обеспечить необходимый уровень эксплуатационных свойств. Результатом такого воздействия являются либо структурные изменения в исходной поверхности детали, так называемый процесс модифицирования, либо формирование покрытия, структурное состояние которого зависит от многих факторов, в том числе исходной структуры поверхностного слоя подложки детали.

Заданная структура пленки, возникающая в процессе формирования системы, в значительной мере определяет многие эксплуатационные свойства и представляет значительный интерес для физики твердого тела, материаловедения, физикохимической механики. Диапазон структурных изменений может колебаться от атомного до микроуровня, что требует применения методов исследований с широким диапазоном измерения от 10 нм до 500 нм и выше.

Покрытие на основе Ti-Zr-N, выбранное в качестве упрочняющего слоя, формировали электродуговым испарением [1]. Структуру, свойства и морфологические особенности формируемых пленок исследовали на сканирующем зондовом микроскопе MultiMode V фирмы Veeco; конфокальном лазерном сканирующем микроскопе фирмы "Olympus". Для исследования роста покрытия на начальных этапах в качестве подложек была выбрана сталь и диэлектрик – керамический материал - поликорунд.

Существуют несколько механизмов осаждения покрытия. По островковой модели на начальных стадиях конденсации из плазменной фазы при переходе пленкообразующих частиц из атомно-молекулярного состояния в твердофазное происходит образование островковой структуры.

Наблюдали толщину покрытия на металлических и керамических материалах. Образцы находились под отрицательным потенциалом. На рисунках 1 и 2 приведены скорости роста покрытия на различных подложках.

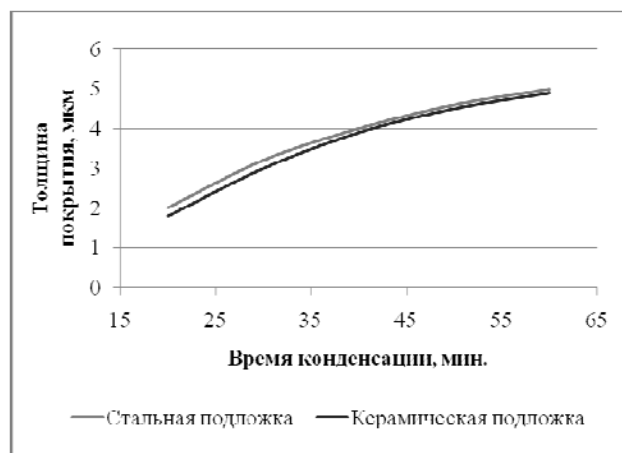


Рис. 1 - График зависимости толщины покрытия от времени конденсации

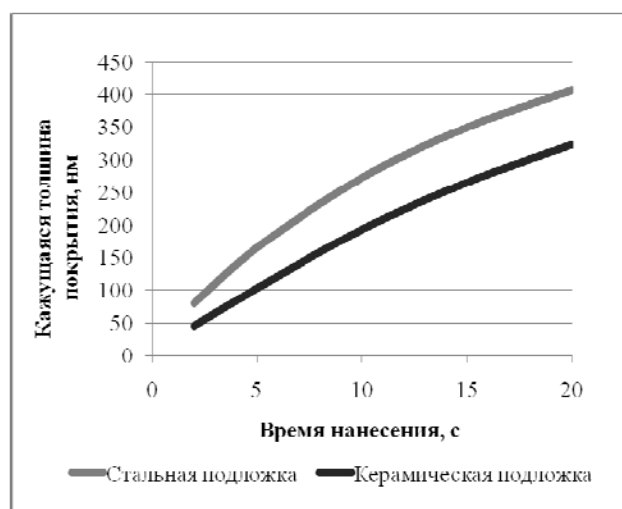


Рис. 2 - Толщина покрытия на начальных стадиях роста

Как видно из рис. 1 скорость осаждения на керамические и металлические подложки примерно одинакова. А на начальных стадиях роста (рис. 2)

покрытия на электропроводимых подложках скорость почти в 2 раза выше, чем на диэлектрике. Известно, что потенциал подложки влияет на скорость [2]. Такую разность скорости осаждения на керамических подложках можно объяснить тем, что на начальных стадиях происходит образование островковой структуры, препятствующей возникновению сплошной пленки. Только после слияния островков сплошное покрытие начинает проводить электричество, после которого керамическая подложка приобретает отрицательный потенциал, и дальнейшая скорость роста покрытия будет как на металлической подложке.

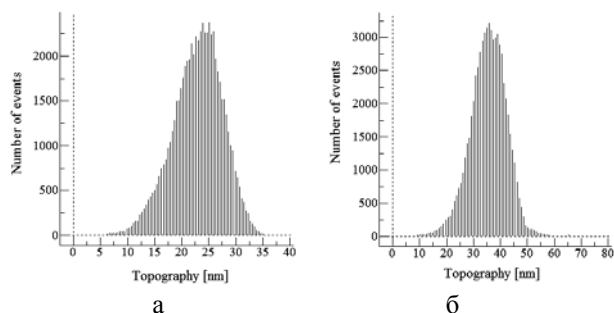


Рис. 3 - Распределение участков поверхности керамической подложки по высотам (гистограмма): а - поверхность до конденсации, б - после конденсации покрытия в течении 4 с

Шероховатость поверхности (определяется по пику гистограммы на рис. 3) для образца с покрытием составила 38 нм. Исходя из гистограммы, можно сделать вывод: высота обнаруженных «островков» покрытия в среднем составляет 38 нм.

Металлические образцы подвергались к предварительной ВЧ плазменной очистке при ранее установленных режимах [3]. Влияние плазменной обработки на формирование покрытия исследовали сканирующим зондовым микроскопом. Известен эффект нанополировки при обработке ВЧ плазмой емкостного разряда [4]. После обработки шероховатость углеродистой стали уменьшилась в среднем на 60% и составила 25 нм. Далее в течении 5 секунд было нанесено покрытие на стальные подложки без предварительной обработки и с

обработкой. На рис. 4 представлены результаты исследований.

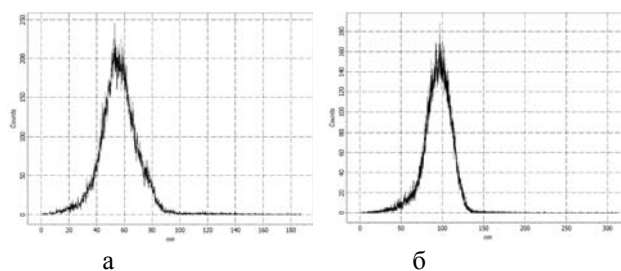


Рис. 4 - Распределение участков поверхности металлической подложки по высотам (гистограмма) с покрытием: а - поверхность с предварительной обработкой, б - без обработки

Для рассмотренных условий конденсации АСМ изучение торцевых сечений получаемых покрытий показывает (рис. 4) наличие кластерных образований с толщиной около 52 нм на обработанной поверхности и 90 нм без обработки. Это говорит о том, что предварительная очистка поверхности существенно влияет на количество центров роста зарождающейся пленки и механизм ее роста и не вызывает сомнения необходимость предварительной ВЧ плазменной очистки для достижения хорошей адгезии наносимых пленок.

Литература

1. Абдуллин И.Ш., Миронов М.М., Васильев И.И. Формирование наноструктурированного композиционного покрытия в плазме дугового разряда // Вестник Казан. технол. ун-та. - 2012, № 20. - С. 29-30.
2. Анциферов В.Н., Каменева А.Л. Известия Вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. М.: ЗАО «Калвис». №1, 2007. С. 53.
3. Абдуллин И.Ш. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, И.Р. Сагбиев, М.Ф.Шаехов. – Казань: Изд-во Казан. технол. ун-та, 2007. – 356 с.
4. Абдуллин И.Ш., Васильев И.И. Финишная подготовка поверхности нетеплостойких инструментальных сталей перед нанесением защитных покрытий Вестник Казан. технол. ун-та. - 2013, № 5. - С. 180-181.