

2. Иванов, И.А. Моделирование газовых потоков / И.А. Иванов // Мат. 7-ой Междунар. н.-т.конф. «Наука – образованию, производству, экономике». – Минск: БНТУ, 2009. – Г. 3. – С. 297.

УДК 621.793

Иващенко С.А., Койда С.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЯХ

БНТУ, г. Минск

Напряжения, возникающие при осаждении тонкопленочных покрытий, оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства системы подложка-покрытие. В ряде случаев внутренние напряжения могут привести к растрескиванию и отслаиванию покрытий, ухудшению их антифрикционных, коррозионных, декоративных и некоторых других свойств.

Вакуумно-плазменные покрытия, получаемые методом КИБ, в силу ряда факторов (значительные микроискажения кристаллической решетки, морфологическая неоднородность покрытия, значительный приток тепла на подложку в процессе осаждения покрытий и т.д.) характеризуются высокими внутренними напряжениями. Отсюда вытекает необходимость изучения процесса формирования напряжений в системе подложка-покрытие, что, в конечном счете, даст возможность регулировать величину и знак внутренних напряжений.

Были проведены исследования процесса формирования внутренних напряжений в вакуумно-плазменных покрытиях из нитрида титана и углеродной алмазоподобной пленки (УАП), полученных методом КИБ. Исследования проводились как на стадии подготовки подложки (ионная бомбардировка), так и на стадии конденсации покрытия. Толщина наносимых покрытий составляла 1..5 мкм.

Формирование покрытий осуществлялось с использованием установки УРМЗ.279.048, оснащенной импульсным генератором углеродной плазмы. Для исследований образцы из алюминиевого сплава Д16 перед нанесением покрытия подвергались мойке в органическом моющем растворе и сушке.

На стадии подготовки поверхности подложки под осаждение покрытия при бомбардировке ее ионами титана в поверхностном слое были зафиксированы растягивающие напряжения (рисунок 1). По мере увеличения длительности бомбардировки наблюдался рост величины напряжений в поверхностном слое и одновременно сильный поверхностный разогрев образцов. Для образцов небольшой толщины разогрев приводил к потере прочностных свойств и катастрофической деформации.

При обработке поверхности подложки ионами инертного газа (аргон) изменений напряженного состояния поверхностного слоя образцов не зафиксировано. Очевидно, энергия ионов инертных газов недостаточна для образования в поверхности образцов сколько-нибудь заметных напряжений.

Перед нанесением тонкопленочного покрытия из нитрида титана или УАПП на подложку наносят подслоя более мягкого материала – титан. Поэтому отдельно проводились исследования влияния этого фактора на изменение напряженного состояния поверхности образцов.

Нанесение подслоя титана на алюминиевую подложку (рисунок 2) приводит к образованию в поверхностном слое образцов сжимающих напряжений. Сжимающие напряжения возникают вследствие значительного различия коэффициентов термического расширения материалов основы и покрытия, малой жесткости и теплостойкости материала основы, а также за счет образования в поверхностном слое образцов интерметаллических соединений алюминия с титаном.

Динамика изменения деформации плоских образцов при нанесении тонко-пленочных упрочняющих покрытий приведена на рисунке 3.

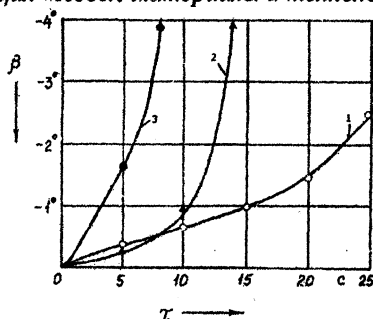


Рисунок 1 – Зависимости величины деформации образцов от времени бомбардировки ионами титана: 1, 2, 3 – образцы из сплава Д16 толщиной 0,8; 0,5; и 0,3 мм соответственно;

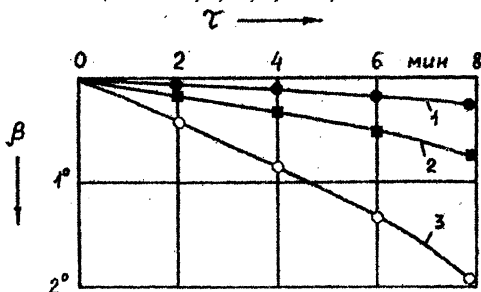


Рисунок 2 – Зависимости величины деформации образцов из сплава Д16 от времени при осаждении подслоя титана: 1, 2, 3 – толщина образца соответственно 0,8; 0,5; 0,3 мм

При конденсации покрытий из нитрида титана и УАПП в поверхностном слое образцов формируются сжимающие напряжения, величина которых возрастает с увеличением продолжительности процесса осаждения покрытия, т.е. с ростом толщины покрытия. Следует отметить, что величина напряжений, образующихся при конденсации покрытия из УАПП, значительно превосходит напряжения, возникающие при конденсации покрытий из нитрида титана. По-видимому, это связано с относительной пластичностью покрытий из нитрида титана, что

в большей степени обеспечивает протекание релаксационных процессов при формировании покрытий.

Результаты измерений деформации образцов, приведенные на рисунке 3, объясняют различную адгезионную прочность покрытий из нитрида титана и УАПП большими напряжениями, возникающими при нанесении последней, а также указывают на основную причину, по которой на практике весьма трудно получить качественное покрытие из УАПП толщиной более 5 мкм.

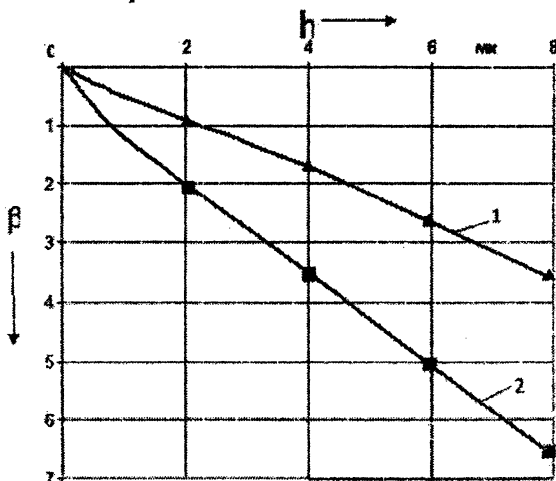


Рисунок 3 – Зависимости величины деформации образцов от толщины покрытия: 1 – нитрид титана на поверхности образца из сплава Д16; 2 – углеродная алмазоподобная пленка на поверхности образца из сплава Д16

Как видно из полученных результатов уменьшение величины остаточных напряжений в вакуумно-плазменных покрытиях может быть достигнуто двумя путями: использованием эффекта компенсации напряжений, вызываемых различными факторами, например, ионной бомбардировкой и осаждением покрытия или проведением мероприятий, обеспечивающих релаксацию напряжений, возникающих в процессе получения покрытия.