УДК 621.793:66.088

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ

Н. М. ЧЕКАН[2], Е. В. ОВЧИННИКОВ[1], Г. А. КОСТЮКОВИЧ[1],
И. П. АКУЛА[2], Е. И. ЭЙСЫМОНТ[1]
[1]Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь
[2]Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь

В настоящее время существует достаточно большое количество работ, посвященных процессам роста покрытий на основе нитридов переходных металлов, в частности TiN, формируемых при различных режимах осаждения. Изучены покрытия нитрида титана, сформированного на стальных образцах. Исследования поверхности подложек, проведенные методом атомной силовой микроскопии, свидетельствуют о значительных изменениях топографии и морфологии нитрида титана после нанесения олигомерных пленок. Формирование базового покрытия из нитрида титана осуществляли методом реактивного электродугового испарения на установке УРМЗ.279.048. В качестве подложки использовали стальные пластины или стержни (диаметром 10 мм) из стали 45, закаленные до 58...60 HRC, с чистотой поверхности R_a = 0,25 мкм. Группа исследователей под руководством Джо Грина и Ивана Петрова исследовала рост и формирование микроструктуры покрытий TiN, TiAlN и родственных им соединений, получаемых по различным технологическим режимам. При осаждении покрытий варьировались энергии падающих ионов на поверхность металлического субстрата, изменялось напряжение смещения. Данный подход позволил обеспечить понимание роли энергии ионов и поверхностной диффузии в процессах формирования микроструктур таких покрытий. Покрытия AlSiN с использованием источника AlSi с двойным катодом, содержащим 12 ат. % Si, формируемые при 450 °С, были изучены авторским коллективом под руководством А. П. Ласковнева. Было показано, что твердость покрытий составляла порядка 35 ГПа, однако покрытия имели плохую адгезию к поверхности субстрата. Покрытия AlTiN обладают высокой твердостью, достаточной стойкостью к окислению при воздействии высоких температур, сопротивлением к усталостному разрушению, широко используются для модифицирования вставок из сверхтвердых материалов для увеличения эксплуатационного ресурса при обработке резанием. Однако при увеличении скорости подачи резца и вращения самого обрабатываемого изделия традиционное покрытие AlTiN не достигает ожидаемого увеличения эксплуатационного ресурса. Одним из эффективных методов повышения износостойкости покрытий на основе AlTiN является введение Si в состав данного химического соединения. Согласно проведенным исследованиям, на границе зерен AlTiN выделяется аморфный Si_xN_y, который может ограничивать рост зерен покрытия. Одновременно формируются нанокомпозиционные структуры, что приводит к

улучшению механических свойств и повышению стойкости к высокотемпературному окислению. С другой стороны, Si, содержащийся в покрытиях AlTiSiN, задерживает процесс разложения Ti–Al–N при отжиге и, таким образом, позволяет сохранить высокие значения твердости при повышенной температуре. В результате покрытия AlTiSiN обладают лучшей термической стабильностью, чем AlTiN. Однако данный эффект сопровождается уплотнением структуры покрытия и неизбежно приводит к увеличению остаточных сжимающих напряжений в покрытиях, что уменьшает ударопрочность покрытий и ограничивает их применение в тяжелых условиях эксплуатации обрабатывающего инструмента. Ряд исследований подтверждает, что твердость стала одним из ключевых факторов, влияющих на производительность обработки резанием. Повышенная износостойкость, низкие внутренние остаточные напряжения, высокая твердость и адгезионное взаимодействие являются наиболее перспективными направлениями в развитии инженерии поверхности, связанной с созданием покрытий для металлообработки. В последние годы предложены методы для снижения остаточных внутренних напряжений и улучшения пластичности твердых и сверхтвердых покрытий. Покрытия на основе алтинов представляют интерес в качестве антифрикционных, т. к. в их структуре установлены нанокомпозиционные фазы, оказывающие влияющий характер на свойства данных соединений. В ряде случаев они могут заменить смазочные материалы и покрытия на основе дисульфида молибдена, графита, алмазоподобных покрытий. Предложены составы покрытий TiAlN + C. Данный подход должен был обеспечить контролируемое изменение твердости при трении, причем этот эффект связан со структурными изменениями в защитных слоях на основе алтинов. Определено влияние углерода на микроструктуру тонких пленок серии влияния углерода (Ti, Al)(N, C) с различным содержанием углерода (0...28 ат. %), которые формировались реактивным магнетронным распылением мишени TiAl в смеси Ar, N_2 и CH_4. Элементный состав (Ti, Al)(N, C) покрытия определяли методом микрорентгеноспектрального анализа с точностью 1 %...2 % по углероду как основному элементу покрытий. Согласно данным оптической и растровой электронной микроскопии, в структуре покрытий образуется достаточно большое количество глобулярных образований, размеры и концентрация которых зависит от технологии формирования и химического состава покрытий. В результате осаждения материала покрытий в вакууме с использованием ионно-плазменного потока в структуре покрытий формируются нанофазные объекты, которые должны приводить к существенным изменениям прочностных и адгезионных характеристик осаждаемых слоев. В покрытиях AlTiSi (C,N) наблюдается большое количество включений, находящихся по размерам в микронной области. Данные образования являются агломератами более низкоразмерных частиц. Возможно, данные частицы являются фазами трехкомпонентных и более соединений, наподобие MAX-фаз.