

ГИБРИДНЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Чекан Н.М.¹, Овчинников Е.В.², Хвисевич В.М.³,
Акула И.П.¹, Эйсымонт Е.И.²*

¹ ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
г. Минск, Беларусь

² УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»,
г. Гродно, Беларусь

³ УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Беларусь

Формирование покрытий различного функционального назначения позволяет существенно изменить физико-механические характеристики модифицируемых материалов. Особый интерес в настоящее время представляют наноструктурированные композиционные покрытия.

Одной из основных задач современного материаловедения является создание новых материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Для этого используются различные физические, химические методы формирования вещества, а также их комбинация. Одним из распространённых технологических приемов является поверхностная модификация материалов. Т.е. нанесение тонкослойных покрытий из газообразного, жидкого, твердого состояния на рабочие поверхности изделий, что приводит к повышению их эксплуатационных характеристик.

Современное машиностроение широко применяет инструмент, на рабочую поверхность которого, нанесены композиционные покрытия. К числу наиболее распространенных покрытий для металлообрабатывающего инструмента относят нитриды и кариды циркония ZrC, ZrCN, который наносят с помощью вакуумных технологий.

Покрытие из нитрида циркония обеспечивает высокую износостойкость инструмента для холодного деформирования металлических заготовок благодаря предотвращению явлений схватывания и задира. При нанесении покрытий из карбонитида циркония на металлорежущий инструмент (сверла, фрезы, метчики, зенкеры и т.п.) эффект резко увеличивается.

Перспективными покрытиями являются нанокристаллические соединения на основе нитридов титан-алюминия, которые способны выдерживать температуру до 700 °С без заметного окисления, сохраняя при этом твердость на уровне 25 – 30 ГПа.

При формировании вакуумных покрытий применяют различные методы активации поверхности субстрата: механический способ, коронный разряд, термический нагрев, ионным потоком в среде нейтрального газа и т.п. Данная подготовка позволяет существенно изменить адгезионные свойства формируемых покрытий, прочностные и триботехнические характеристики

Таким образом, представляет интерес изучить структуру и свойства формируемых композиционных тонкослойных покрытий в зависимости от предистории подготовки поверхности субстрата и последующей активации при криогенных температурах.

Триботехнические исследования проводили на машине трения типа FT-2, которая работает по схеме «палец-диск» в условиях сухого трения трех сферических образцов диаметром $R=1,5$ мм по плоской поверхности диска (контртела), выполненного из стали и отшлифованного на ровной плоской поверхности наждачной шкуркой или шлифовальной пастой до среднего арифметического отклонения профиля поверхности $R_a=0,1 - 0,3$ мкм.

Испытания проводили при нормальной нагрузке от 20 Н до 100 Н и линейной скорости скольжения 0,1-0,5 м/с, тип перемещения индентора – возвратно-поступательное движение. Выдержку исследуемых образцов осуществляли во временном интервале от 30 минут до 24 часов в жидком азоте при температуре кипения $T=-196,4$ °С.

Формирование композиционных покрытий на основе ZrCN проводили при различных режимах осаждения. Данные режимы различались значениями дугового источника, ионного источника, давлением реакционного газа в вакуумной камере. Условно выделим три вида осаждения и обозначим их как процессы – №2, №3 и №5.

В ходе проведенных исследований рассмотрены аспекты формирования вакуумных покрытий на металлических субстратах. С использованием системного анализа изучена возможность влияния криогенных температур на углеродистые, инструментальные быстрорежущие стали для изменения физико-механических характеристик.

Показано, что в большинстве случаев обработка стальных образцов в жидком азоте приводит к уменьшению значений удельной поверхностной энергии (УПЭ) в 1,5 – 2 раза и более. Возможно, это связано с распадом остаточно аустенита и образованием мартенсита, что косвенно может привести к изменению значений удельной поверхностной энергии. Другим механизмом может быть образование нанодисперсных или ультрамалых включений в структуре стали, что также может привести изменению значений УПЭ.

Финишная обработка покрытий в жидком азоте при температуре его кипения приводит к процессам перекристаллизации. Увеличивается количество крупных агломератов с размерами от 6 мкм до 8 мкм. Данные агломераты неоднородны и состоят из более мелких образований с размерами от 0,8 мкм до 1,1 мкм.

Показано, что значения микротвердости исходных образцов лежат в одном диапазоне в пределах от 2400 – 3000 МПа. Наблюдается некоторая зависимость значений микротвердости от нагрузки на пирамиду. Предварительная обработка в жидком азоте приводит к возрастанию значений микротвердости исходных образцов на 10 % – 12 %. Формирование покрытий на предварительно модифицированных металлических субстратах приводит к резкому изменению значений микротвердости. При нагрузке на пирамиду в 0,1 Н значения микротвердости достигают величин от 10 ГПа до 12 ГПа.

Увеличение нагрузки на пирамиду до 0,25; 0,5Н приводит к снижению значений микротвердости до 4 – 8 ГПа. Данное изменение, скорее всего, обусловлено прокалыванием алмазной пирамидой исследуемого покрытия. Необходимо отметить, что предварительная обработка криогенными жидкостями оказывает влияние на прочностные характеристики. Данный эффект характерен для обработки металлического субстрата в течение 30 мин и 120 мин. Твердость покрытия возрастает на 9 % – 13 %.

Обработка в жидком азоте сформированного на металлическом субстрате покрытия CrCN приводит к увеличению значений твердости на 9 % – 14 % по сравнению с контрольным образцом. Возможно, это обусловлено уменьшением размеров фаз, составляющих структуру данного покрытия, за счет термического удара которое испытывает покрытие при обработке в жидком азоте.

Применение нанокпозиционных тонкослойных покрытий на основе титана, циркония, хрома, а также их комбинаций обладают повышенными физико-механическими характеристиками по сравнению с другими поверхностными слоями металлов и их комбинаций, формируемых плазмохимическими способами. Установленным считается факт, что покрытия на базе нитрида циркония, карбонитрида циркония обладают более высокой стойкостью к воздействию повышенных температур в сравнении с покрытиями нитрида, карбонитрида, карбида титана.

Установлено, что триботехнические характеристики композиционных покрытий на основе карбонитрида циркония существенно изменяются при проведении криогенной обработке. Показано, что при выдержке исследуемых покрытий ZrCN в жидком азоте наблюдается увеличение значений линейного износа у покрытий, полученных по процессам №3 и №5 (далее образец №3, образец №5), в сравнении с контрольным образцом.

Обработка покрытия карбонитрида циркония, полученного согласно процесса №2 (далее образец №2), наблюдается увеличение коэффициента трения до значений ~0,52 и снижение значений линейного износа до 0,08 мкм по отношению к исходному образцу. Увеличение времени выдержки исследуемых покрытий в криогенной жидкости до 24 ч приводит к уменьшению значений коэффициента трения и линейного износа по отношению к контрольному образцу.

Морфологические исследования поверхности трения покрытий на базе ZrCN показывают меньшие размеры дорожек трения для модифицированных покрытий в криогенной среде по сравнению с контрольными образцами. Проведены натурные испытания сверл Ø3 мм из стали HSS с покрытием ZrCN, модифицированные при криогенной температуре. Установлено, что наибольшей износостойкостью обладают сверла с покрытием, выдержанные в жидком азоте в течение 24 ч.

Установлено, что осаждение покрытий ZrCN на поверхность стали 12X18H10T сглаживает исходный рельеф. В структуре покрытий карбонитрида циркония наблюдается наличие глобулярных образований, количество и размеры которых изменяются при криогенной обработке. Проведенные исследования показали повышенную стойкость покрытий ZrCN по отношению к действию серной кислоты, соляного тумана в сравнении с материалом субстрата.

Криогенная обработка покрытий сложного химического состава, полученных по вакуумным технологиям в среде реакционного газа при осаждении на стальных субстратах, приводит к неоднозначным результатам при изучении ад-

гезионного взаимодействия. Согласно данным акустической эмиссии, обработка соединений ZrCN, сформированных на быстрорежущей стали, в жидком азоте приводит к снижению адгезионного взаимодействия с подложкой. Данный эффект проявляется в большей степени при больших временах выдержки покрытия в криогенной жидкости.

Термообработка покрытий ZrN, сформированных на стали Р6М5, при небольших временных интервалах воздействия криогенных жидкостей может увеличивать адгезионное взаимодействие в системе «подложка-субстрат».

УДК 621.785.532

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ИОННОМ АЗОТИРОВАНИИ НА ПАРАМЕТРЫ УПРОЧЕННЫХ СЛОЕВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ОТ4-1

Гордиенко А.И., Дробов А.Н., Поболь И.Л.

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Введение.

Титан и его сплавы, благодаря уникальному сочетанию свойств, занимают важное место среди материалов в современной технике. Однако титановые сплавы имеют и некоторые недостатки, в том числе недостаточная твердость и, как следствие, износостойкость. Эту проблему решают различными методами упрочнения и модифицирования поверхности, которых к настоящему времени известно довольно много. Наибольшее распространение получили методы химико-термической обработки.

Среди всех технологических процессов ХТО наибольшее распространение получило азотирование [1, 2]. Однако классические способы азотирования титана в различных азотосодержащих средах имеют общие недостатки – значительная продолжительность процесса и невозможность контролирования структуры [2]. Исходя из этого, технология ионного азотирования выглядит наиболее перспективной и позволяет добиться ряда преимуществ: получение диффузионных слоев заданного состава и строения, большая скорость насыщения металла, высокий класс чистоты поверхности, возможность азотирования пассивирующихся материалов без дополнительной депассивирующей обработки, значительное сокращение времени процесса упрочнения, большая экономичность и энергоэффективность процесса обработки, экологичность

[4, 5].



Рисунок 1 – Установка ионного азотирования

Материалы и методики.

Исследования выполнялись на экспериментальной установке ионного азотирования, разработанной и созданной в ФТИ НАН Беларуси (рисунок 1). Обработке подвергался сплав псевдо- α класса ОТ4-1 (таблица 1).