

Многослойное нанокompозитное покрытие на режущем инструменте

А. Б. Владимиров, С. А. Плотников, Е.А. Кравцов

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Ужесточение требований к точности размеров обрабатываемых деталей и качеству их поверхности, использование материалов с повышенными физико-механическими свойствами при одновременном росте производительности процессов в промышленности делает актуальной проблему повышения стойкости режущего инструмента. Вместо традиционного монослойного покрытия предложено использовать многослойное нанокompозитное износостойкое покрытие, осажденное на рабочую часть режущего инструмента, содержащее чередующиеся слои алмазоподобного углерода и нитрида титана и алюминия с содержанием не более 40 ат.% каждого металла. Многослойные покрытия более износостойкие, т.к. блокировка распространения трещин на границах слоев приводит к иному механизму изнашивания по сравнению с монопкрытиями. Инструменты с многослойным покрытием были отданы на испытания в условиях реального производства на различные промышленные предприятия, при их использовании наблюдалось увеличение стойкости концевых фрез от 6 до 10 раз.

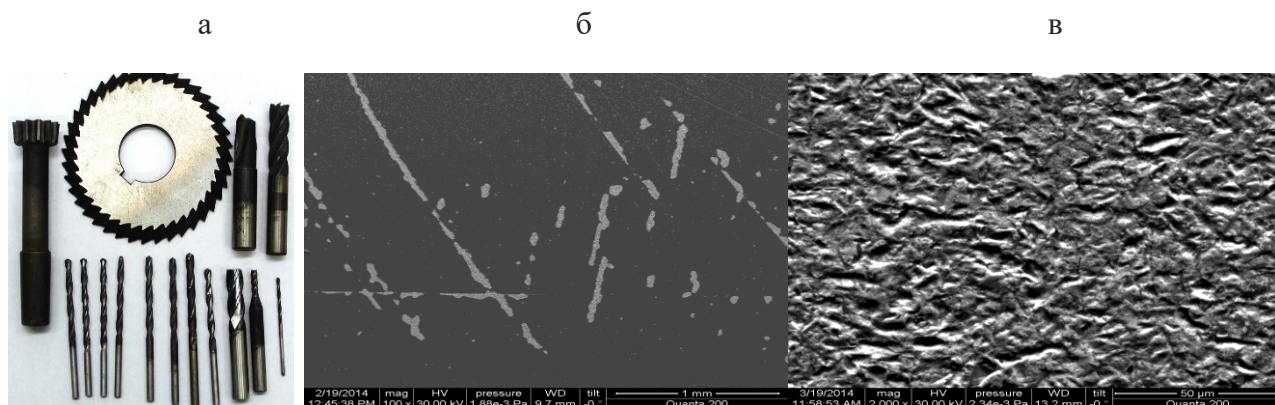


Рисунок 1. а) инструменты с многослойным покрытием, б) абразивный износ монопкрытия, в) абразивный износ многослойного покрытия.

Публикация:

1. Патент на изобретение № 2829171 Российская Федерация. Многослойное нанокompозитное покрытие на режущем инструменте: № 30: заявл. 10.11.2023: опубликовано 25.10.2024 / А.Б.Владимиров, С.А.Плотников, Е.А.Кравцов; заявитель ИФМ УрО РАН. - 7 с.: ил. - Текст: непосредственный.

Работа выполнена по теме шифр «Функция» №г/рАААА-А19-119012990025-0 и по Соглашению о предоставлении субсидии №075-10-2021-115 от 13.октября 2021года (ИГК) 000000S507521RGN0002/)

Актуальность работы вызвана растущими потребностями использования промышленностью металлообрабатывающего инструмента при изготовлении различных технических изделий. Применение твердых сталей и материалов, повышенные скорости обработки их, повышенные требования к качеству обработанной поверхности требуют использования качественного металлообрабатывающего инструмента с повышенным ресурсом его эксплуатации. Одним из способов повышения износостойкости является модификация режущей поверхности инструмента нанесением твердых покрытий, обладающих низкими коэффициентами трения.

Целью нашей работы является изучение физико-механических свойств и характеристик многослойного нанокompозитного износостойкого покрытия, содержащего чередующиеся слои алмазоподобного углерода и нитрида титана и алюминия с содержанием не более 40 ат.% каждого металла, а также возможность применения такого покрытия для повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента, отличающееся тем, что слой алмазоподобного углерода представляет собой слой, полученный методом импульсно-дугового распыления графитового катода, а упомянутый слой нитрида титана и алюминия представляет собой нанокompозитный слой, полученный дуговым распылением прессованного катода, состоящего из титана и алюминия с содержанием 50 ат.% каждого элемента, и содержит соединения упомянутых элементов с азотом, при этом полученное многослойное нанокompозитное покрытие содержит от 10 до 30 бислоев толщиной от 80 до 100 нм, а толщина упомянутого многослойного покрытия составляет 800-2500 нм.

Задачи исследования:

Предстояло разработать и создать функциональное покрытие на стальной подложке, состоящее из чередующихся слоев нитрида титана с алюминием и аморфного алмазоподобного углерода, которое бы позволило бы решить поставленную техническую проблему – повышение износостойкости рабочей части режущего инструмента.

Объектом исследования: являлись подложки из инструментальной стали и различные виды металлообрабатывающего инструмента, испытываемые в дальнейшем в условиях реальной эксплуатации.

Методы исследования: На ионно-плазменного напыления УВНИИПА-1-001 осуществляли нанесение слоев покрытия как на контрольные образцы, так и на металлообрабатывающий. Исследование свойств покрытий, как-то состав, структура, микротвердость, толщина осуществляли с использованием приборов центра коллективного института. Состав, структуру, толщину покрытий определяли с помощью растрового электронного микроскопа QUANTA -200. Микротвердость слоев и их адгезионную стойкость оценивали на приборе NanoTest-600. Микротвердость покрытий определяли на микротвердомере ПМТ-3.

Авторский вклад сотрудников ИФМ: идея исследования, постановка задачи, проведение расчёта, анализ результатов исследования, написание текста патента.

1. Было установлено, что многослойное износостойкое покрытие на стальной подложке включает термостойкие слои, содержащие нитрид титана с алюминием соотношении титана и алюминия примерно (30-40) ат%, и слои из аморфного алмазоподобного углерода. Покрытие может содержать от 10 до 30 пар таких слоев, толщиной от 80 до 100 нм, а толщина многослойного покрытия составляет 800-2500 нм.
2. По данным электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии данные PVD покрытия состоят из микрокристаллических включений графита, матрицы из нитрида

титана с алюминием Направленный синтез таких многослойных систем, содержащих термостойкий нитрид композита титана с алюминием и алмазоподобный углерод, открывает возможности получения покрытий с улучшенными механическими, трибологическими и коррозионными свойствами. Для функциональных покрытий, предназначенных для нанесения на режущий инструмент, чрезвычайно важен не только состав, структура, кристалло-химические и физико-механические свойства, архитектура покрытий, но и длительность работы покрытий на контактных площадках инструмента до момента их разрушения. Ресурс эксплуатации инструмента сильно зависит от твердости покрытия, соответствующего соотношения между вязкостью и твердостью, прочности адгезии между слоями, покрытием и напыляемой поверхностью.

3. В покрытии формируется двухуровневая система границ, включающая границы между слоями и границы в композитном слое. Наличие аморфного углерода в композитном слое также способствует хорошей межслоевой адгезии. При осаждении на композитный слой слоя алмазоподобного углерода (или наоборот) происходит когезионное сцепление между одинаковыми фазами (углеродными) и адгезионное сцепление между разными фазами (углеродной и нитридом композита титана с алюминием). Когезионное сцепление улучшает прочность межслоевой адгезии. А в контактных зонах разных фаз образуются границы. Использование слоев, содержащих нитрид титана с алюминием, дает преимущества заявляемому покрытию вследствие дополнительного торможения трещин твердыми частицами этого нитрида в решетке. Следует отметить, что для многослойно -композиционных наноструктурированных покрытий межзеренные и межслойные границы являются зоной интенсивной диссипации энергии и отклонения трещин от направления движения, частичного или полного их торможения, что ведет к упрочнению материала. Кроме того, межзеренные границы, вносящие вклад в формирование размеров зерен и текстуру материала, могут эффективно упрочнять покрытие. Поэтому покрытия с наноразмерной структурой и многослойной архитектурой имеют существенно более длительный срок работы до разрушения, существенно повышая срок работоспособного состояния инструмента, особенно в условиях действия циклических термомеханических напряжений

Выводы:

Многослойное нанокompозитное износостойкое покрытие, осажденное на рабочую часть режущего инструмента, содержащее чередующиеся слои алмазоподобного углерода и нитрида титана и алюминия с содержанием не более 40 ат.% каждого металла. Слой из алмазоподобного углерода получен методом импульсно-дугового распыления графитового катода. Слой нитрида титана и алюминия представляет собой нанокompозитный слой, полученный дуговым распылением прессованного катода, состоящего из титана и алюминия с содержанием 50 ат.% каждого элемента, и содержит соединения упомянутых элементов с азотом, при этом полученное многослойное нанокompозитное покрытие содержит от 10 до 30 бислоев толщиной от 80 до 100 нм, а толщина упомянутого многослойного покрытия составляет 800-2500 нм.

Инструмент с данным покрытием был отдан на испытания в условиях реального производства на различные промышленные предприятия. Наблюдалось увеличение стойкости концевых фрез от 6 до 10 раз.