

($C_a=1,2$ г/л) формируется покрытие микротвердостью $H_\mu = 8000-9000$ МПа. Наиболее высокие значения микротвердости ($H_\mu = 9500-10500$ МПа) осажденного хрома регистрируются при использовании электролита, содержащего $C_a=5,1$ г/л модифицирующих добавок. При повышенных концентрациях ультрадисперсных алмазных частиц ($C_a=15$ г/л) на рентгеновских дифрактограммах хромалмазных покрытий регистрируется аномальное снижение интенсивности рентгеновских дифракционных линий (211) и относительное возрастание интенсивности линии (200), что свидетельствует об изменении механизма кристаллизации и роста кристаллов хрома в растворе, приводящем к увеличению концентрации дефектов в хромалмазном слое, уменьшению его текстурированности и понижению твердости ($H_\mu = 9300-9500$ МПа).

Триботехнические испытания хромалмазных покрытий в режиме сухого трения показали, что модифицирование хромового покрытия снижает коэффициент трения в 1,4–4,6 раза и интенсивность изнашивания в 8–14 раз, а при испытаниях в условиях граничной смазки выявлено улучшение антифрикционных свойств модифицированных покрытий в среднем на 20–25%, а износостойкость хромалмазного покрытия оказалась в 1,6–1,9 раза выше, чем для «чистого» хрома.

УДК 538.911

НАНОКОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Н.М. Чекан, С.Р. Онысько, И.П. Акула, В.В. Акулич
Физико–технический институт НАН Беларуси
(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение. В машиностроении во многих технологических процессах используется штамповая оснастка. При жестких режимах работы эти изделия часто выходят из строя ввиду их невысокой износостойкости, хрупкости и др. Для повышения их эксплуатационных свойств все чаще применяют нанесение упрочняющих покрытий. Перспективным является использование покрытий на основе циркония.

Получение покрытий и методы их исследования. Покрытия карбонитрида циркония наносились на цилиндрические и прямоугольные пуансоны из стали X12M для пробивки отверстий методом конденсации ускоренных потоков плазмы металла [1] в присутствии азота и ацетилен. Для определения свойств покрытий использовались методы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и электронной микроскопии (ЭМ).

Исследование и испытание покрытий. Исследования методом РФЭС (рисунк 1) показали, что состояние циркония характеризуется тремя пиками с энергией 179,4, 182,0 и 184,3 эВ.



Рисунок 1 – РФЭС спектры основных элементов Zr–C–N пленки: Zr (а), С (б) и N (в) с указанием энергии (эВ) отдельных пиков

Имеется существенный энергетический сдвиг для дуплетного уровня $Zr3d_{5/2}$ с энергией 182,0 эВ и $Zr3d_{3/2}$ с энергией 184,3 на величину порядка 3,4 эВ. Это говорит о том, что цирконий является полностью химически связанным элементом. Положения пиков $3d_{5/2}$ и $3d_{3/2}$ практически совпадают с энергиями связи 3d уровня циркония в соединении с азотом 182,15 и 184,35 эВ [2], в то время как дополнительный пик с энергией 179,4 эВ обусловлен образованием карбида циркония, приводящего к энергии связи 3d уровня циркония 179,5 эВ [3]. Преобладающей являются фаза ZrN_{1+x} (42%), пик которой соответствует энергии 181,7 эВ. Положение и высота пиков фаз ZrC и ZrN является фактически идентичным (179,3 эВ), что является признаком образования карбонитрида циркония, содержание которого в покрытии составляет 20%. Структура спектра энергий электронов азота свидетельствует о наличии нескольких фаз. Основными из них являются ZrN (397,1 эВ) и сверхстехиометрический нитрид циркония ZrN_2 (395,9 эВ). Особый интерес представляет анализ электронного спектра углерода. Около 70 % углерода находится в химически несвязанном состоянии. Пик 284,3 принадлежит аморфному углероду с sp^2 межатомными σ -связями (46 %), а пик 285,29 появляется при наличии sp^3 связанных атомов (36 %). Отношение sp^3/sp^2 составляет 45 %. Такая структура является типичной для аморфного алмазоподобного углерода, получаемого CVD методами.

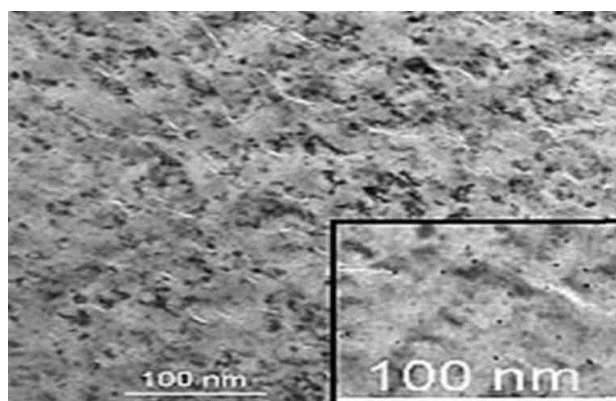


Рисунок 2 – Изображение поверхности Zr-C-N пленки

Дополнительная информация о структуре композиционных пленок карбонитрида циркония была получена с использованием ЭМ. На рисунке 2 заметно присутствие ламелей длиной 20–50 нм, расположенных по межзеренным границам. Можно предположить, что они представляют одну кристаллическую фазу — кубический ZrN с включениями окислов циркония. Вставка рисунка 2 демонстрирует включения нанокристаллитов ZrC и ZrN размером 2–3 нм и 10–15 нм с ГЦК кристаллической решеткой, равномерно распределенные по всей поверхности аморфной углеродной матрицы.

Производственные испытания на ОАО "Брестмаш" показали увеличение срока службы пуансонов с Zr–C–N покрытием более чем в 2 раза – с 3000 до 8000 пробивок. Не было установлено случаев выхода из строя пуансонов в результате поломки. Эксплуатация инструмента прекращалась в результате абразивного износа защитного покрытия и последующего притупления режущей кромки.

Литература

1.Чекан Н.М. и др. // Совр. мет. и технол. созд. и обр. материалов: мат. IV междунар. конф. 19–21 окт. 2009 г., Минск, кн. 3, с. 185–190.

2.К. Ashok // Cryst. Research Technol. – 2009 – Vol. 44 – P. 511–516.

3.М. Balaceany // J. Opt. and Adv. Mater. – 2005. –Vol. 7. – P. 2557–2560.
УДК 621.793

УДК 621.793

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Л.В. Судник², д-р техн. наук, Г.Г. Горанский¹, канд. техн. наук, доц.

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт порошковой металлургии НАН Беларуси
(г. Минск, Республика Беларусь)

Исследовано влияние наноструктурированных фаз композиционного металлокерамического инструментального материала на эксплуатационные параметры изделия.

Получены результаты влияния температурно–временных параметров синтеза композиционных керамических слоев на толщину и тонкую структуру формируемых покрытий. Показано, что оптимальная толщина покрытий определяется количеством слоев и достигает 70–100 нм при скорости процесса синтеза 12 нм/с, времени отжига > 5 с.

Исследования тонкой структуры покрытий методами ПЭМ, РФА, АССЭМ показали дисперсность компонентов ~5–10 нм, их рост до 20–100 нм. Толщина