

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. Судник<sup>2</sup>, д-р техн. наук, Г.Г. Горанский<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Институт 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

покрытий (от 6 нм до 150–190 нм) может регулироваться, как и фазовый состав, технологическими параметрами.

Предложена модель процесса формирования слоев. Показано, что длительность трех его стадий зависит от технологических параметров, от концентрации и состава растворов.

Доказано, что предпочтительным составом покрытия является  $ZrO_2.Y_2O_3$  в виде тетрагональной модификации, повышающий вязкость разрушения при вибрационных динамических нагрузках и обеспечивающий минимальный износ рабочей поверхности.

Проведены комплексные исследования по выбору составов рабочих сред синтеза наноразмерных композиционных слоев на поверхностях лезвийного инструмента. Доказана необходимость использования рабочих сред в виде золь коллоидных или химических водных растворов.

Работоспособность инструмента с наноразмерными покрытиями существенно повышена за счет роста адгезионно–прочностных свойств покрытий при оптимизацией технологических параметров процесса формирования слоев.

Новизна исследований заключается в доказательстве того, что рабочая среда должна иметь реакционноспособные радикалы или свободные атомы, способствующие формированию нанослоев или включений, которые при работе лезвийного инструмента являются поставщиками активных частиц в зону резания. Необходимость наноструктурированности синтезируемых включений требует, чтобы рабочие среды имели окислительные свойства либо являлись восстановителями, способствующими образованию умеренно сильных окислителей.

В условиях совмещения синтеза упрочняющих слоев по методу термолиза и золь–геля имеют место диффузионное насыщение дефектов приповерхностных слоев. Толщина глубинного слоя имеет четкие очертания, заключительное структурообразование достигается стандартной термообработкой.

Упрочнение толщины покрытия, определяющее работоспособность инструмента, происходит – по глубине: за счет образования композиции из матричного материала, армированного высокотвердыми наноразмерными частицами, – по поверхности: за счет образования наноразмерного слоя высокой прочности.

Разработанный инструмент имеет повышенную в 1,7–2 раза вязкость разрушения покрытия рабочего слоя, улучшенные триботехнические характеристики ( $K_{тр} \approx 0,1$ ), повышенную в 1,2 раза твердость рабочей поверхности и в 2,5–3 раза большую долговечность.

Практическая значимость заключается в увеличении долговечности режущего инструмента, экономии дорогостоящих абразивных зерен (алмазов), инструментальных сталей и твердых сплавов, снижении затрат на механическую обработку, расширении номенклатуры и повышении качества продукции.