

ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С РСВН

Манохин А.С., Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Клименко С.Ан.

Институт сверхтвердых материалов

им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

С целью совершенствования режущих инструментов с РСВН, необходимо разрабатывать покрытия, принцип работы которых основывается на комплексе трибологических и механохимических эффектов, обуславливающих способность покрытий сохранять свою целостность и свойства под действием высоких температур и контактных напряжений.

Одной из основных тенденций в создании таких покрытий является обеспечение наноразмерности при формировании, как структурных элементов, так и отдельных слоев в многослойных композициях. Формирование наноразмерной структуры материала покрытий связано с выбором зернистости, оптимальной по критерию прочности, исходя из баланса между зависимостью по Холлу-Петчию и выражением, определяющим скорость зернограницной ползучести при уменьшении размера зерен.

Перспективными, с точки зрения применения на режущих инструментах с РСВН, являются нанокompозитные покрытия. Это обусловлено сочетанием высоких значений физико-механических свойств, стойкости к окислению и диссоциации входящих в их состав химических соединений, вследствие особенностей структуры нанокompозитных пленок.

Получил распространение способ создания нанокompозитных покрытий типа $n\text{MeN}/\alpha$ -фаза – они формируются из нанозерен твердых нитридов переходных металлов с аморфной межкристаллитной фазой-матрицей из TiB_2 , Si_3N_4 , BN и других нитридов неметаллов, образующих ковалентные связи.

Высокая твердость таких покрытий обуслов-

лена тем, что из-за малых размеров нанозерен зарождение и скольжение дислокаций подавляется, в то время как высокая когезионная прочность тонкой межзеренной фазы блокирует зернограницное скольжение. Аморфная составляющая при этом способна наилучшим образом согласовываться с поверхностью нанокристаллов и обеспечивает хорошее сцепление, что приводит к существенному повышению прочности. Данные покрытия обладают необычной комбинацией механических свойств: – высокая (40–100 ГПа) твердость; – высокое (80–94 %) упругое восстановление; – предельные (>10 %) упругие напряжения; – высокая (от 10 до более чем 40 ГПа) прочность на растяжение, близкая к идеальной прочности для непластичных материалов [1]. Более того, наноструктура и соответствующее ей сверхтвердое состояние может оставаться стабильными при температурах превышающих 1100 °С [1].

Оценка значений контактных нагрузок на режущих инструментах с РСВН показывает, что средние нормальные и касательные контактные напряжения при обработке стали высокой твердости достигают значений до 2500 и 1100 МПа соответственно. Снизить величину нагрузок можно, если конструкция покрытия будет включать верхний слой, выполняющий приработочные функции. Основным требованием к такому слою является сочетание пластичности и прочности, при том что твердость его может быть существенно ниже, чем твердость основного рабочего слоя.

Материал приработочного слоя должен иметь аморфно-кристаллическую низко модульную структуру (α -BN, α - Si_3N_4 или α - TiB_2), что позволит ему выполнять роль твердой смазки.

Термостойкость является вторым по значимости требованием, предъявляемым к покрытиям на инструментах с PсBN. Наиболее термостойкими являются покрытия, содержащие алюминий и хром. Образующаяся на поверхности оксидная пленка защищает основной массив материала покрытия от окисления вплоть до температуры 850 °С.

Подобно механическим свойствам, термостойкость покрытия также в значительной мере определяется не только его химическим составом, но и структурой. В частности, нанокompозитные системы типа $n\text{MeN}/\alpha$ -фаза характеризуются повышенной термостойкостью.

Логическим продолжением концепции структурно обусловленной термостойкости является следующий подход. Зерна, в том числе и наноразмерные, из которых состоит массив покрытия, контактируют со свободной поверхностью и границы зерен являются проводниками для кислорода, обуславливая окислительные процессы во всем объеме покрытия. В качестве метода повышения термостойкости покрытия предлагается использовать интергранулярную стекловидную фазу, формирование которой можно обеспечить в нанокompозитах, например, путем увеличения (>40 %) содержания кремния и, соответственно, фазы $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$. При концентрации кремния более 50 % структура покрытия аморфна и вплоть до температуры 1300 °С окисляется исключительно тонкий поверхностный слой покрытия без каких-либо изменений по его объему [2].

Иной механизм повышения стойкости инструментов с PсBN реализуется при использовании «самоадаптивных» покрытий. Основная идея заключается не в предотвращении окисления, а в использовании этого явления для управления параметрами контактного взаимодействия при резании и снижения коэффициента трения и, следовательно, термобарической нагрузки в зоне контакта. Подобные покрытия в процессе резания окисляются, образуя полиоксидную вторичную структуру (трибопленку), играющую роль твердой смазки. При точении инструментом с покрытием $\text{AlN-Ti}(\text{Cr})\text{B}_2$ на его поверхности образуется полиоксидная трибопленка, включающая Al_2O_3 , Fe_2O_3 и оксинитрид алюминия $\text{Al}_x\text{O}_y\text{N}_z$. Данные соединения обладают термостабильностью до 1300 °С, кроме того в таких системах образуются гомологические ряды твердых растворов оксидов, имеющие хорошую смазывающую способность. Исследования элементного состава покрытия после обработки резанием показали, что на глубине

70 нм имеет место резкое увеличение количества кислорода, т. е. наружный наноразмерный слой интенсивно окисляется, переходя в продукты износа, и снова окисляется. При этом в подслое, расположенном на глубине от 30 до 70 нм, образуются ограниченные твердые растворы на основе Al_2O_3 (системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{AlN}$).

Дальнейшее развитие такого подхода может быть связано с созданием систем, содержащих SiC и AlN, химически стабильных при температурах более 1300 °С.

Разработана концепция повышения стойкости режущих инструментов с PсBN, которая базируется на уменьшении температуры в контактной зоне резания при нанесении на рабочие поверхности инструмента покрытия, уменьшающего коэффициент трения. Таким покрытием может быть VN. Основным отличием покрытия является его аморфно-кристаллическое структурное состояние и близость по химическому составу к материалу подложки. Эффект достигается за счет: – снижения твердости в сравнении с инструментальной основой, что уменьшает внутренние остаточные напряжения в покрытии и снижает хрупкость его материала; – уменьшения модуля Юнга, что повышает упругие свойства покрытия и стойкость к абразивному истиранию; – снижения коэффициента трения, что способствует уменьшению термобарической нагрузки на рабочих участках инструмента. Испытания, проведенные на машине трения, показали снижение коэффициента трения от 0,4 до 0,3 в диапазоне скоростей относительного перемещения 75–90 м/мин.

Еще одним подходом к повышению стойкости инструмента, в котором явно проявляется идея использования покрытия как промежуточной среды, оказывающей прямое влияние на параметры процесса резания, является введение в состав покрытия компонентов, которые являются ингибиторами химического взаимодействия в зоне контактного взаимодействия инструментального композита с обрабатываемым материалом. Подавляя химически обусловленный механизм изнашивания режущих инструментов с PсBN, такие покрытия увеличивают их стойкость при высокоскоростном резании или при обработке конструкционных сплавов, компоненты которых проявляют высокую химическую активность в паре с PсBN.

На основе анализа результатов значительного количества исследований механизма влияния

покрытия на изнашивание инструментов с $PcBN$, можно выделить несколько взаимосвязанных подходов, для их создания: – выбор структурных составляющих покрытия, которые в процессе обработки резанием обеспечивают образование на рабочих поверхностях инструмента высокотемпературных полиоксидных трибопленок, играющих роль твердой смазки, что эффективно снижает интенсивность изнашивания инструмента; – введение в состав покрытия

соединений, являющихся ингибиторами реакций химического взаимодействия, что позволяет сдвинуть начало активного химического взаимодействия в зоне обработки в диапазон более высоких скоростей резания; – снижение коэффициента трения и контактных нагрузок на рабочих участках инструмента за счет твердых смазок и приработочных слоев покрытия; – обеспечение требуемого структурного состояния покрытия.

Литература

1. Veprek, S. Concept for the design of superhard nanocomposites with high thermal stability: their preparation, properties, and industrial applications / S. Veprek, G. Maritz, J. Veprek-Heijman // Ch. Nanostruct. Coat. Part of the ser. Nanostruct. Sci. and Technol. – P. 347–406.
2. Береснев, В.М. Нанокристаллические и нанокompозитные покрытия, структура, свойства / В.М. Береснев, А.Д. Погребняк, Н.А. Азаренков и др. // Физическая инженерия поверхности. – 2007. – 5, № 1–2. – С. 4–27.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ КОНФУЗОРА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ПАРУСНОСТЬЮ

Моргун Ю.Б., Прокопович И.В., Оборский Г.А.,

*Гризанов Р.В., Моргун Б.О. Одесский национальный политехнический университет,
Одесса, Украина*

С целью эффективного использования энергии слабого ветра и повышения скорости ветрового потока перед колесом ветродвигателя, в качестве концентраторов энергии используют конфузоры. Недостатком известных конструкций конфузоров является их постоянная парусность, которая при высоких скоростях и порывах ветра создает существенное сопротивление воздушному потоку, что может привести к разрушению конструкции.

Авторами разработан конфузор [1], который при превышении расчетной скорости ветра уменьшает свою парусность, снижая тем самым нагрузку на ветроустановку. Внешний элемент концентратора выполнен в виде конуса

(рис. 1), боковая поверхность, которая состоит из отдельных пластин 7, установленных одним концом на его переднем ободе 8 с возможностью поворота относительно него, а другим концом – наложены на внешнюю поверхность заднего обода 9 и стянуты цилиндрической пружиной 10, которая охватывает концы пластин по внешней поверхности. Технический эффект, достигаемый с помощью данной конструкции, заключается в том, что концентратор сохраняет свою форму до заданной скорости ветра, а при ее превышении – воздушный поток отклоняет пластины концентратора 7 от заднего обода 9, разжимая цилиндрическую пружину 10 и увеличивает диаметр