

6. Погосов В. В., Бабич А. В. О влиянии деформации и диэлектрического покрытия на работу выхода электронов из металла // Журнал технической физики. — 2008. — Т. 78, № 8. — С. 116–124.
7. Лоскутов С. В. Изменение работы выхода электронов при упруго пластическом деформировании металлов // Физическая инженерия поверхности. — 2009. — Т. 1, № 3. — С. 304–309.
8. Солодкова Л. Н., Кудрявцев В. Н. Электролитическое хромирование. — М.: Глобус, 2007. — 191 с.
9. Ковенский И. М., Малыш С. В., Поветкин В. В. Контроль состояния поверхности стальных деталей, восстанавливаемых электролитическим хромированием при ремонте // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. — 2017. — № 1. — С. 99–102.

Сведения об авторах

Ковенский Илья Моисеевич, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии конструкционных материалов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283610, e-mail: imkoven@isogu.ru

Малыш Сергей Владимирович, аспирант кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)536832, e-mail: ser-malysh@yandex.ru

Поветкин Виктор Владимирович, д. х. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283610, e-mail: povetkinvv@tyuiu.ru

Information about the authors

Kovenskiy I. M., Doctor of Engineering, Professor, Head of the department of Material Science and Technology of Structural Materials, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)283610, e-mail: imkoven@isogu.ru

Malysh S. V., Postgraduate at the Department of Material Science and Technology of Structural Materials, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)536832, e-mail: ser-malysh@yandex.ru

Povetkin V. V., Doctor of Chemistry, Professor, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)283610, e-mail: povetkinvv@tyuiu.ru

УДК 621.9.022:621.791.927

**ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ,
ПОВЫШАЮЩИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ
ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН**

**FORMATION OF THE STRUCTURE OF NITRIDE COATINGS INCREASING
THE WEAR RESISTANCE OF CARBIDE INSERTS**

В. Д. Парфёнов, Н. В. Закиров

V. D. Parfenov, N. V. Zakirov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: микрофотография; микропокрытие; режущая пластина;
вакуумно-плазменное напыление; износостойкость*

*Key words: microphotography; microcoating; cutting insert; vacuum plasma spraying;
wear resistance*

В работе рассматриваются растровое электронное микрофотографирование структуры нитридных покрытий титана и циркония и формирование их структуры на поверхности режущих твердосплавных пластин ВК8.

Метод электронной микроскопии с энергодисперсионным микрорентгеноспектральным микроанализом независимо от стадии превращения, на различных степенях увеличения, на любых участках поверхности в одинаковых условиях дает возможность увидеть, измерить, проанализировать состояние поверхности и содержание элементов, присутствующих в образце во всех точках объекта, сформулировать выводы и дать рекомендации для изменения внешних условий, которые, в свою очередь, влияют на изменение внутренних [1].

Микрофотографии структуры вакуумно-плазменных нитридных покрытий на режущих твердосплавных пластинах позволяют обнаружить микропроцессы преобразования и формирования покрытия с поверхностью, так как невооруженным глазом увидеть происходящее на площади менее одного квадратного миллиметра невозможно, а ведь именно микропроцессы определяют будущие свойства покрытиях [2–5].

Изучение микроструктуры нитридных микропокрытий на режущих пластинах из твердого сплава ВК8 представленным методом позволило обнаружить комплекс особенностей.

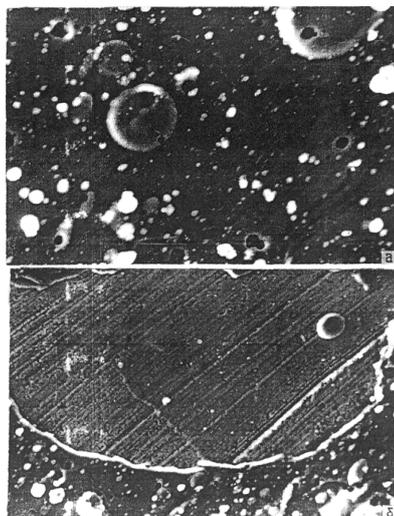


Рис. 1. Участки поверхности, возникшие в результате нанесения нитридного покрытия из титана на поверхность режущей пластины ВК8 под электронным микроскопом: а — $\times 1950$; б — $\times 1210$

При нехватке температуры на поверхности и недостатке кинетической энергии микрочастиц могут появиться на основном покрытии, преимущественно на выходе с режима, чешуйчатые образования в виде изогнутых микроблоков, состоящих из нескольких слоев. Слои, в свою очередь, состоят из расплюснутых капель. Поверхность микроблоков кратерного вида с поверхностными шаровидными конструкциями и хребтами, выступающими над основной поверхностью микроблока. Это означает, что чешуйки являются элементами покрытия, сформировавшегося в период неравновесного состояния основного покрытия.

Отличительная особенность нитридных покрытий — это микропоры, темные точки округленной формы (рис. 1) на поверхности покрытия и цилиндрические — в глубине. Размеры микропор примерно одного порядка с достаточно равномерным расположением по поверхности, хотя наблюдается соединение микропор друг с другом. Образование микропор связано с процессом затвердевания покрытия, с активностью взаимодействующих частиц в плазме и объясняется выделением растворенного азота из перенасыщенного раствора [6]. Важно заметить, что формы микропор несут ненапряженный характер, то есть они не могут являться концентраторами напряжений, а, возможно, наоборот снимают внутренние напряжения, возникающие в покрытии при взаимодействии с основным металлом.

Заметны светлые частицы на порядок более округлой формы, почти равные по размерам микропорам и так называемые точечные микрочастицы. Их количество обратно пропорционально их размерам, а их распределение достаточно равномерно по всей поверхности. Частицы прикреплены к поверхности не очень прочно, поэтому при резании они попадают в контактную зону и будут раздавлены или защемлены, создавая первый слой контакта. Это доказывает, что носителями вещества в вакуумно-плазменном потоке являются еще более мелкие частицы, которые не видны при данном увеличении.

В замкнутом участке (см. рис. 1б) видна шлифованная поверхность твердого сплава с отдельными каплями. Это показывает, что в процессе нанесения отсутствует конечный слой. Борозды отшлифовки практически не видны под напылением, если их глубина меньше толщины покрытия. Видна микротрещина от шлифования, она перпендикулярна бороздам, напыление ее прикрыло, граница покрытия неровная, в некоторых местах с расслоением.

Указаны только некоторые особенности вакуумно-плазменных покрытий, некоторые из них могут иметь негативные последствия при эксплуатации. Нитридные покрытия из титана и циркония имеют много общих черт при формировании, но режимы нанесения и свойства несколько различаются. Таким образом, можно отметить, что покрытия могут иметь менее изнашиваемую поверхность, требуемую для резания, но необходимо существенно улучшить технологию нанесения.

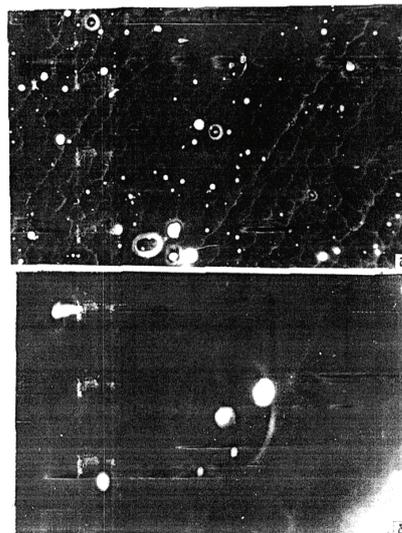
На рисунке 2 представлена структура покрытия, которая имеет вид системы многогранных кратеров — следов от ударов капель паро-плазменного потока. Темные области имеют вид впадин кратеров, светлые линии — выступающих гребней. Отметим, что кратеры расположены в ряд относительно канавок от абразива при шлифовании. Видимо, канавки имеют приобретенное напряжение энергетического поля, которое взаимодействует с полем плазменного потока. Другая особенность в том, что на поверхности расположены круглые темные микропоры с центральным расположением микрочастиц и рассеянные микрочастицы разных размеров. Взаимодействие микропор с центральными микрочастицами объясняется испарением перенасыщенного газа или движениями энергетических зарядов, которые позволили частице сохраниться и образовать на поверхности покрытия пору. Направляется выравнивание размеров частиц, формирующих покрытие, а также композиционное насыщение азотом и регулирование заряда энергии.

Формирование и самоорганизация потока микрокапель в плазмохимической технологии физического покрытия инструментов резания изложены в работе [1]. Насыщение микрокапель азотом и образование нитридов в покрытии обеспечивает капельная металлургия. Следует подчеркнуть, что кратер образуется благодаря ударам нескольких микрокапель, а не только одной. Энергетическое поле совместно с информационным образует многогранник, возникающий только при взаимодействии с соседними.

Растрово-электронная микроскопия дала возможность выявить особенности микроструктуры вакуумно-плазменных напылений, которые не были замечены ранее. Следовательно, микро-технологический метод нанесения напылений стоит повысить до нанотехнологического. Для решения этой проблемы необходимо совершенствовать управление режимами нанесения покрытий и улучшать поверхность материала режущих пластин, а процесс резания сделать более технологичным и более тонким.

Исследования поверхности напыления показали, что необходимо взглянуть на рабочую поверхность катода и представить, как протекает процесс формирования частиц металла, которые образуют покрытие. Энергия электрической дуги превращала вещество катода в жидкое состояние неравномерно из-за неравномерности горения дуги и свойств материала, этим же объясняется разный размер капель, образующих пар [1]. Можно сделать вывод, что обнаруженные на покрытии микрокапли самоорганизовались на катоде, а затем превращались в нитриды в процессе полета при насыщении их азотом.

Например, на установке ИЭТ-И2, предназначенной для нанесения вакуумно-плазменных покрытий в процессе напыления на стенках накапливается осадок толщиной в несколько миллиметров, который приходится очищать, то есть в образовании покрытия участвует не все вещество. Делаем вывод, что такой метод имеет существенные недостатки, так как впустую расходуется дорогостоящий материал катода.



*Рис. 2. Участки поверхности, возникшие в результате нанесения нитридного покрытия из циркония на поверхность режущей пластины ВК8 под микроскопом:
а — $\times 980$; б — $\times 3030$*

Таким образом, все вышесказанное говорит о том, что структура вакуумно-плазменных покрытий очень далека от требований режущих пластин на инструментах резания.

Библиографический список

1. Парфёнов В. Д. Совершенствование процесса резания покрытием инструмента. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 112 с.
2. Парфёнов В. Д., Толмачева Е. К. Износоразрушение покрытия инструмента в процессе резания // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 4. – С. 121–124.
3. Разработка математической модели и ввод коррекций в работу оборудования с ЧПУ / У. С. Путилова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017 – № 3. – С. 128–134.
4. Путилова У. С., Стариков А. И., Проскуряков Н. А. Диагностика деформирования срезаемого слоя и рациональное нагружение режущего инструмента при точении на станках с ЧПУ. – М.: СТИН, 2016. – С. 2–5.
5. Моделирование технологических процессов диагностики и управления обработкой на станках с ЧПУ/ У. С. Путилова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015 – № 3. – С. 98–103.
6. Парфёнов В. Д., Юсупова Э. М., Басова Г. Д. Разрушение покрытия поверхности режущих пластин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016 – № 2. – С. 103–107.

Сведения об авторах

Парфёнов Владимир Дмитриевич, к. т. н., доцент кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)965238

Закиров Никита Васильевич, студент кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89821304591, e-mail: nikita.zakirov@icloud.com

Information about the authors

Parfenov V. D., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Technology of Mechanical Engineering, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)965238

Zakirov N. V., Student at the Department of Technology of Mechanical Engineering, Industrial University of Tyumen, phone: 89821304591, e-mail: nikita.zakirov@icloud.com

УДК 621.438:622.691.4.052.006

АДАПТАЦИЯ ПРИВЕДЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГНЕТАТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ МАШИН ADAPTATION OF THE GIVEN CHARACTERISTICS OF NATURAL GAS BLOWERS TO THE TECHNICAL STATE OF MACHINES

С. И. Перевощиков

S. I. Perevoschikov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: центробежные нагнетатели; параметрическая диагностика
Key words: centrifugal blowers; parametric diagnostics*

Центробежные нагнетатели природного газа являются основными средствами транспорта газа и главными потребителями энергии в газотранспортных системах. Поэтому надежность доставки газа, а также стоимость конечных продуктов, получаемых с использованием природного газа, во многом зависят от эффективности использования данных машин. Эффективность достигается различными средствами, в том числе адекватной загрузкой машин по производительности и по мощности в соответствии с их текущим техническим состоянием, своевременным выведением нагнетателей в очередной ремонт и т. д.

Все действия, связанные с получением от нагнетателей большей отдачи с меньшими затратами того или иного вида, базируются на характеристиках машин, которые в наиболее компактном и почти приемлемом виде представляют приведенные характеристики нагнетателей (рис. 1): $Q_{пр}$ и $\left[\frac{n_H}{n_{нол}}\right]_{пр}$ — приведенная производительность ($\text{м}^3/\text{мин}$) и приведенное число оборотов ротора нагнетателя; ε — степень сжатия нагнетателя; $\eta_{нол}$ — политропический КПД; $[N_i/\rho_0]_{пр}$ — приведенная внутренняя мощность нагнетателя, кВт ($\text{кг}/\text{м}^3$).