

нием и требующих защиты от коррозии. В частности метод может быть использован для нанесения покрытий на поверхность катанки, ленты, листа, проволоки, прутка, арматуры и др.

Выводы. 1. Разработан метод нанесения гальванических покрытий на основе цинка и никеля в катодном режиме ЭПО, обеспечивающий высокую адгезию наносимого покрытия.

2. Прочное соединение покрытия с основой достигается за счет электрических разрядов в электролитной плазме, которые приводят к локальному нагреву микрон детали и осажденного покрытия выше температуры плавления и получению сплава материала детали и покрытия. В результате образуется плавный переход от материала детали к материалу покрытия без переходной зоны в отличие от традиционного гальванического покрытия.

3. Установлено, что формирование качественных покрытий толщиной до 40 мкм возможно в следующих диапазонах технологических параметров: концентрация электролита 16–24 %, температура электролита 75–90 °С, рабочее напряжение 200–260 В, продолжительность обработки 30–90 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА НА РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

**М. А. Андреев, Л. В. Маркова, А. Н. Суворов,
Ю. О. Лисовская**

*Институт порошковой металлургии,
Минск, Беларусь, тел.: 292-63-63, факс: 210-11-17,
e-mail: andrejev.mikhail@gmail.com*

Для повышения эксплуатационных характеристик и обеспечения длительной работоспособности режущего инструмента существует множество способов обработки его поверхности, включая нанесение износостойких, упрочняющих, коррозионно-стойких и других функциональных покрытий физическими и хи-

мическими методами, а также модификация поверхности ионной и электронной обработкой, методы ХТО и др. [1–3].

Применение тех или иных методов и материалов для нанесения покрытий на режущий инструмент зависит от условий эксплуатации инструмента, материала его основы, материала обрабатываемых с его помощью изделий и т. д.

Одной из важных характеристик режущего инструмента является коррозионная стойкость. Режущий инструмент, используемый с охлаждающими эмульсиями, подвергается их воздействию и кроме высокой износостойкости должен обладать коррозионной стойкостью. Такие же характеристики должен иметь режущий инструмент, применяемый в медицине. Медицинский инструмент должен быть устойчивым к многократным процедурам стерилизации в активных средах и при высокой температуре.

Износостойкие покрытия (нитриды, карбиды, карбонитриды тугоплавких металлов IV–VI групп периодической системы), традиционно используемые для упрочнения режущего инструмента и наносимые, как правило, методом электродугового испарения – метод КИБ (конденсация с ионной бомбардировкой), имеют определенную степень пористости и по этой причине не являются коррозионно-стойкими, поскольку процесс коррозии начинается на изделии при воздействии окружающей среды через поры в покрытии.

Для повышения коррозионной стойкости износостойких покрытий на режущем инструменте необходимы нетривиальные подходы к технологиям их формирования.

Прежде всего покрытия должны быть многослойными, что позволяет частично перекрыть поры и более надежно защитить материал основы от воздействия окружающей среды.

Эффективным методом формирования беспористых износостойких и коррозионно-стойких покрытий является создание комбинированных многослойных покрытий с финишным высокоплотным слоем, способным надежно закрыть оставшиеся поры износостойкого многослойного покрытия, нанесенного методом КИБ. Таким финишным слоем может быть покрытие, образован-

ное путем ионно-лучевого распыления композиционной мишени с добавками ультрадисперсной составляющей.

В работе рассмотрены технологические особенности, формирования комбинированных коррозионно-стойких и износостойких покрытий. Технология формирования комбинированных многослойных коррозионно-стойких и износостойких покрытий была реализована на сверлах, изготовленных из быстрорежущей стали Р6М5 и предназначенных для проведения операций при установке стоматологических имплантатов.

Материалами для создания многослойного покрытия были выбраны хром, нитрид хрома, а также композиционный материал на основе хрома с добавками порошка ультрадисперсных алмазов (УДА).

Технология формирования коррозионно-стойкого и износостойкого покрытия включала последовательность нескольких операций, реализуемых в едином технологическом цикле в вакуумной камере установки ННВ-6,6-И1, оснащенной дугowymi источниками и двухлучевым ионным источником генерации плазменных потоков.

Предварительно обезжиренные изделия (сверла) устанавливались в специальную технологическую оснастку и помещались в вакуумную камеру установки. Далее изделия обрабатывались пучком ионов Ag, формируемым двухлучевым ионным источником, что обеспечивало окончательную очистку поверхности изделий от остатков жировых загрязнений, а также ее активацию.

Последующие операции проводились по классической схеме формирования покрытий методом КИБ.

Перед началом процесса без разгерметизации вакуумной камеры ионный источник закрывался специальной заслонкой, предназначенной для его предохранения от запыления продуктами горения дуги и их соединениями (Cr и CrN).

Вакуумная камера откачивалась до остаточного давления $6 \cdot 10^{-3}$ Па. К изделиям прикладывалось высокое напряжение (1200 В), поджигалась дуга на хромовом катоде и в импульсном режиме осуществлялась бомбардировка поверхности изделий высокоэнергетичными ионами Cr.

В процессе ионной бомбардировки на поверхности изделий образуется тонкий подслои Cr толщиной 0,5 мкм, который является переходным между материалом основы и последующим нитридным покрытием и обеспечивает высокую адгезионную прочность всего комбинированного покрытия. При этом в процессе ионной бомбардировки изделие нагревается до 200 °С.

На следующем этапе для создания износостойкого слоя в вакуумную камеру подавался азот до давления $9,6 \cdot 10^{-2}$ Па, к изделиям прикладывался потенциал 130 В (ток дуги на катоде составлял 70 А) и на их поверхности формировался слой нитрида хрома CrN толщиной 3,0–3,5 мкм. После завершения процесса нанесения покрытия методом КИБ заслонка, предохраняющая ионный источник, открывалась.

Финишный слой комбинированного коррозионно-стойкого и износостойкого покрытия на режущем инструменте толщиной 1 мкм наносили путем распыления с помощью того же двухлучевого ионного источника композиционной мишени, изготовленной из спрессованного порошка Cr с добавкой ультрадисперсного алмазного (УДА) порошка в количестве 5 мас.% с размером частиц 1–5 нм [4].

Добавление УДА порошка в хромовую мишень для распыления увеличивает количество центров зародышеобразования при формировании покрытия и, таким образом, ускоряет его рост. Присутствие наноразмерных частиц УДА порошка в мишени для распыления увеличивает количество зародышей в течение всего процесса кристаллизации и ведет к увеличению числа отдельных кристаллов в покрытии. При этом формируется более мелкое зерно. Наноразмерные частицы УДА порошка располагаются по границам зерен, служащим местом концентрации дислокаций, и препятствуют их «переползанию» в соседние зерна при приложении нагрузок и высоких температур в агрессивных средах, тем самым повышая коррозионно-стойкие и механические свойства покрытий.

Для определения эффективности сформированных покрытий были проведены испытания на их коррозионную стойкость.

Коррозионную стойкость композиционных покрытий определяли выдержкой в смеси кислот состава

50% HCl + 50% (HF, K₂Cr₂O₇ + H₂SO₄).

Таким образом, проведенные исследования показали, что слой, сформированный распылением композиционной мишени, является мелкозернистым, практически беспористым и обеспечивает полученному композиционному покрытию наряду с высокой износостойкостью высокую коррозионную стойкость.

Микроструктура поверхности сверл с антикоррозионными композиционными покрытиями показана на рис. 1 и 2. Хорошо



Рис. 1. Сверла с коррозионно-стойким и износостойким покрытием

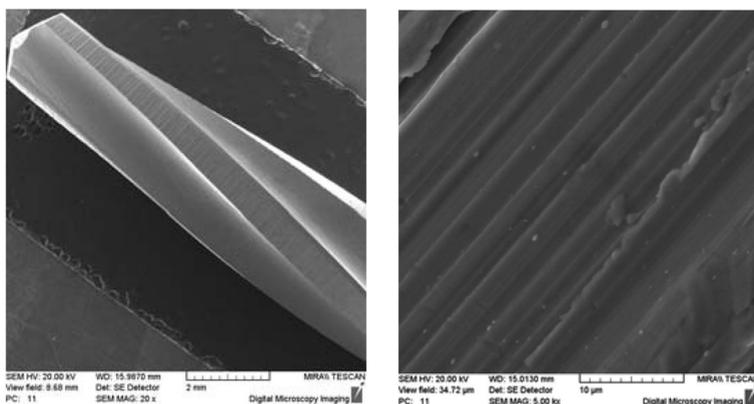


Рис. 2. Микроструктура поверхности сверла с коррозионно-стойким и износостойким композиционным покрытием в районе выступа

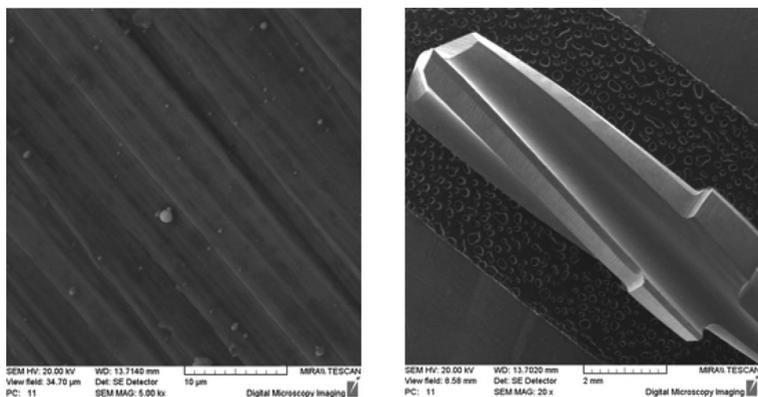


Рис. 3. Микроструктура поверхности сверла с коррозионно-стойким и износостойким композиционным покрытием в районе впадины

видно, что поверхность покрытия имеет однородную структуру без явно видимых дефектов и пор. Оно четко повторяет рельеф поверхности основного материала сверла. Данные микрорентгеноспектрального анализа подтверждают наличие всех трех слоев в композиционном покрытии.

Внешний вид сверла с коррозионно-стойким и износостойким покрытием представлен на рис. 3.

Литература

1. *Верещака, А. С.* Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий / А. С. Верещака, А. А. Верещака // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005. – № 9. – С. 9–18.
2. *Достанко, А. П.* Модификация поверхности твердых тел в неравновесной газоразрядной плазме / А. П. Достанко, М. Н. Босняков, С. А. Кухарев. – Минск: Армита, 1996. – 95 с.
3. Плазменно-вакуумные покрытия: монография / Ж. А. Мрочек [и др.]. – Минск: Технопринт, 2004. – 369 с.
4. Способ формирования износостойких и коррозионностойких покрытий: пат. 10419 Респ. Беларусь, МПК С23С 14/06, С23С 14/46 / М. А. Андреев, А. Ф. Ильющенко, Л. В. Маркова, А. П. Корженевский; заявители ГНУ ИПМ, НП ЗАО «Синта». – № а20060248: заявл. 21.03.06; опубл. 30.04.08 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 2.