

## РАЗРАБОТКА СОСТАВНОГО КАТОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ АЛЮМОНИТРИДА ТИТАНА НА ОДНОПУШЕЧНЫХ ДУГОВЫХ УСТАНОВКАХ

*А. Н. ПОПОВ, И. Л. ДМИТЕРКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Повышение работоспособности режущего инструмента, интенсификация режимов резания являются важнейшими резервами повышения эффективности механической обработки. Из большого многообразия методов повышения работоспособности режущих инструментов следует выделить методы нанесения износостойких покрытий. Нанесение износостойких покрытий на режущий инструмент позволяет существенно повысить его работоспособность и интенсифицировать режимы обработки [1]. В таблице 1 приведены основные характеристики наиболее часто применяемых покрытий.

*Таблица 1 – Характеристики покрытий*

Покрытие	TiN	TiCN	TiAlN	TiAlCrYN	DiC
Твердость, HV	2000–2500	2800–3100	2900–3400	2800–3200	4000–7000
Толщина, мкм	1–6	1–5	1–5	1–5	1–2
Внутренние напряжения, ГПа/мкм	1–2	1–2	1–2	1–2	2–6
Коэффициент трения по стали без смазки	0,4–0,6	0,3–0,4	0,3–0,4	0,3–0,4	0,02–0,1
Максимальная рабочая температура	500	400	800	400	259–350
Стойкость к абразивному изнашиванию	+	++	+++	++	±
Стойкость к адгезионному изнашиванию	++	+	+++	+++	±

Из приведенных данных видно, что покрытия, состоящие из нескольких металлов, показывают лучшие результаты. На дуговых установках можно наносить композитные (состоящие из нескольких металлов) и многослойные покрытия. Для этого применяются различные мишени, на противоположных стенках камеры можно установить несколько мишеней из чистых металлов (например, титана и алюминия), а можно использовать одну мишень из их сплава.

Целью данной работы является разработка конструкции составного катода и исследование покрытия алюмонитрида титана, полученного с его использованием [2].

Для получения покрытий была использована серийная установка вакуумного напыления УВ-НИПА-1-001. Эта установка оборудована газовым ионным источником ИИ-4-015. Источником плазмы стационарного катодно-дугового разряда с металлическим катодом, источником плазмы импульсного катодно-дугового разряда с катодом из графита.

Для изготовления составного катода был использован катод из Ti. В титановом катоде было сделано углубление глубиной 5 мм и в диаметре 20 мм. Расплавление Al производилось в печи марки SNOL 30/1100 LSF 01 [3]. Далее производилась заливка расплавленного Al в углубление в катоде из Ti. В итоге адгезионное соединение Al с Ti произошло успешно. Затем произвели очистку поверхности от образовавшегося в результате взаимодействия нагретого титана с воздухом TiO<sub>2</sub>. Также убраны излишки наплавленного Al. После обработки катода производилась сборка составного катода, проведение испытаний и нанесение покрытия TiAlN на образец. Произведено исследование покрытия, нанесенного с использованием составного катода. Установлено, что при формировании покрытия дуга горит неустойчиво, импульсами, что требует увеличения времени нанесения покрытия почти в два раза. В покрытии преобладает Ti (рисунок 1). Процентная доля содержания Al около 6 %. Капельная фаза значительно ниже, чем у TiN. Причина заключается в режиме нанесения покрытия: TiAlN наносился импульсами, благодаря чему катод успевал значительно остыть и в зоне горения катодного пятна температура снижалась, что увеличивало степень ионизации потока и снижение содержания и размеров жидких капель [4]. На рисунке 1, б показано покрытие на зубе резца из нержавеющей стали.

В результате исследования данного покрытия установлено следующее: покрытие из TiAlN значительно превышает по износостойким характеристикам покрытие из TiN.

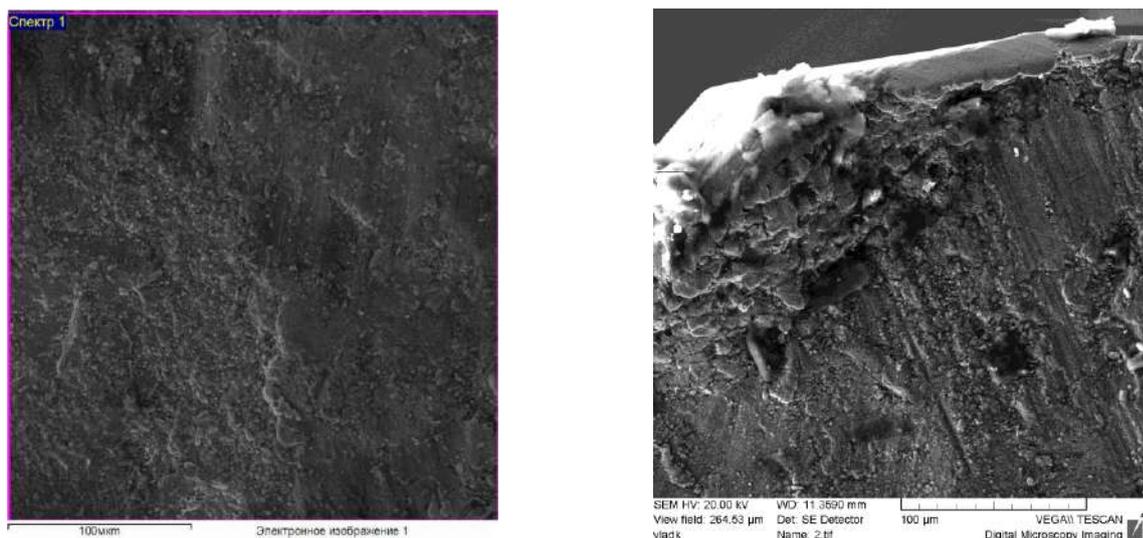


Рисунок 1 – Поверхность покрытия TiAlN на токарном резце:  
*a* – топография; *б* – покрытие на зубе резца

К недостаткам относится следующее:

- нестабильное горение дуги;
- увеличение времени нанесения покрытия.

Так как нанесение покрытия происходит импульсами, соответственно скорость роста толщины покрытия уменьшается.

#### Список литературы

- 1 Барвинок, В. А. Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления / В. А. Барвинок, В. И. Богданович. – М. : Машиностроение, 1999. – 309 с.
- 2 Табаков, В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / В. П. Табаков. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с.
- 3 Локтев, Д. А. Методы и оборудование для нанесения износостойких покрытий / Д. А. Локтев, Е. А. Ямашкин // Науч. индустрия. – 2007. – № 4. – С. 18–24.
- 4 Снижение содержания макрофракций в вакуумно-дуговом осаждении покрытий / Д. А. Карпов [и др.]. – СПб. : Науч.-исслед. ин-т электрофиз. аппаратуры им. Д. В. Ефремова, 2009. – 55 с.

УДК 629.423.1

### РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДООСНАЩЕНИЮ ЭЛЕКТРОВОЗА СЕРИИ БКГ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В ПАССАЖИРСКОМ ДВИЖЕНИИ

*А. В. ПУТЯГО,*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

*А. М. ВОЛОДЬКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время на Белорусской железной дороге продолжается интенсивная работа по электрификации и увеличению доли перевозок электрическим подвижным составом. Наряду с очевидным экологическим преимуществом использования в качестве энергоресурсов электрической энергии по сравнению с дизельным топливом, это приводит также к снижению эксплуатационных расходов при ремонте и обслуживании подвижного состава на электрической тяге.

Обеспечение перевозок в грузовом движении осуществляют электровозы серий БКГ-1, БКГ-2, ВЛ-80с. Следует отметить, что за последние 9 лет парк электровозов существенно обновлен электровозами производства датунского электровозостроительного завода серий БКГ-1 (12 единиц в 2012 году) и БКГ-2 (18 единиц в 2015 году). В пассажирском движении наряду с электровозами серии ЧС4т существенную долю перевозок выполняют электропоезда Stadler.