

Все отработанные резцы из опытной партии складировались в отдельную тару для последующего осмотра и выявления причин выхода из строя. Все причины отказов резцов (поломка корпуса резца, изгиб корпуса резца, поломка твердого сплава, отрыв твердого сплава, затупление, утеря резца, другие причины) фиксировались в журнале наблюдений обслуживающим персоналом. Данные об объеме руды, добытой комбайном во время проведения испытаний, фиксировались участковым маркшейдером.

За 14 рабочих дней испытаний при проходке различных выработок лавы № 58 (верх) пятой юго-восточной панели (горизонт — 445 м) отбито 9 379 т руды.

При разбраковке отработанных резцов установлено, что резцов с двухсторонним износом — 64 шт.; с односторонним износом — 53 шт.; выкрашивание твердого сплава и скол по всему сечению наблюдались на двух резцах. Всего израсходовано 142 резца, которые выработали свой ресурс.

Основной характеристикой комбайна с новыми резцами Д6-22М является производительность комбайна, его общая работоспособность.

По проведенным наблюдениям отмечено, что снижения производительности и общей работоспособности комбайна за время испытаний не наблюдалось при различных режимах токовой нагрузки. Важно отметить, что при любых скоростях подачи и степени затупления резцов комбайн управлялся легко. Подача на забой производилась плавно, без вибраций и бросков. Упрочненные методом АДУ резцы показали высокую стойкость к разрушению режущей кромки твердого сплава, так как более 90 % всего количества отработанных резцов имели только следы абразивного затупления режущей кромки с одной или с двух сторон, без признаков выкрашивания и мелких сколов твердого сплава.

**Заключение.** На основании проведенных шахтных испытаний установлено, что упрочненные методом АДУ резцы Д6-22М соответствуют основным требованиям эксплуатации на комбайнах типа ПКС по скорости подачи, управляемости комбайна, по высокой стойкости резцов к разрушению твердого сплава. Получен от ОАО «Беларуськалий» акт шахтных испытаний комбайновых резцов Д6-22М в условиях ОАО «Беларуськалий», на основании которого резцы Д6-22М, упрочненные методом АДУ, рекомендованы к промышленному применению на ОАО «Беларуськалий». Однако для установления удельных норм расхода зубков и сравнения с уже принятыми на ОАО «Беларуськалий» нормами необходимы дальнейшие испытания в более полном объеме.

#### Список цитируемых источников

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий : пат. ВУ 21049 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков ; дата публ.: 30.06.2017.
2. Жигалов, А. Н. Влияние износа твердых сплавов, упрочненных аэродинамическим воздействием, на шероховатость обработанной поверхности при фрезерно-карусельном резании / А. Н. Жигалов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2017. — № 3 (56). — С. 5—15.
3. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В. Я. Прушак [и др.] ; под ред. В. Я. Прушака. — Минск : Тэхналогія, 2010. — 175 с.
4. Жигалов, А. Н. Актуальность применения аэродинамического звукового упрочнения для повышения ресурсной стойкости твердосплавных зубков / А. Н. Жигалов, Д. Д. Богдан // Содружество наук. Барановичи-2018 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 15 мая 2018 г. ; БарГУ. — Барановичи : БарГУ, 2018. — С. 36—38.

УДК 621.785.532.062.57

Д. С. Копейко<sup>1</sup>, М. В. Нерода, кандидат технических наук, доцент<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Годзон», Барановичи

<sup>2</sup>Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест

## УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА АЗОТИРОВАНИЕМ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

**Введение.** Эффективным способом повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента является азотирование — процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя сталей и сплавов азотом при нагревании в азотосодержащей среде. Перспективным методом азотирования является азотирование в тлеющем разряде, или ионно-плазменное азотирование (далее — ИПА) [1—2].

Данный процесс является высокопроизводительным, материалосберегающим, экологически чистым, что отвечает современным требованиям.

Принцип действия ИПА заключается в том, что в разряженной азотсодержащей газовой среде (150...1 000 Па) между катодом и анодом возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). На катоде располагаются обрабатываемые детали. В качестве анода служат стенки вакуумной камеры [3]. Процесс обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, состоящего из двух зон: внешней (нитридной) и располагающейся под ней диффузионной.

Проблема упрочнения режущего инструмента и деталей широко известна на любом машиностроительном предприятии. Применение ИПА имеет свои особенности по сравнению с традиционными способами термообра-

ботки. Главная особенность ИПА заключается в том, что все процессы происходят вблизи поверхности, что вносит свою специфику в свойства поверхностного слоя инструмента, а также изменения в его химический состав.

С помощью ИПА можно добиться создания поверхностного слоя с высокой твердостью, износостойкостью, повышенной усталостной прочностью и высоким сопротивлением коррозии.

Азотированные детали имеют в 1,4...4 раза большую износостойкость по сравнению с закаленными, цементованными и нитроцементованными сталями.

**Основная часть.** Целью данной работы является изучение влияния ИПА на металлообрабатывающее сверло. Для этих целей были выбраны два сверла, изготовленные из материала *HSS* (аналог P6M5) с цилиндрическим хвостовиком, производства компании *BOSH* (рисунок 1).



Рисунок 1 — Сверло HSS с цилиндрическим хвостовиком

Параметры сверла представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Параметры экспериментального сверла

Материал изготовления	Диаметр, мм	Угол заточки при вершине, °	Рабочая длина, мм	Общая длина, мм
Быстрорежущая сталь P6M5	14	118	108	160

Задача заключалась в том, чтобы проазотировать одно из сверл методом ИПА, а затем сравнить с аналогичным непроазотированным образцом. При этом особое внимание следовало уделить тому, как изменились эксплуатационные характеристики.

На рисунке 2 показана режущая кромка сверла до азотирования. Как можно видеть из рисунка 2, наблюдаются микросколы, которые не окажут существенного влияния на качество поверхности.

После азотирования сверла на его поверхности сформировался упрочненный слой глубиной 20...40 мкм. Твердость его составила 63...65 HRC.

В результате проведенных испытаний азотированного образца было установлено, что азотированная поверхность инструмента стала обладать улучшенными антифрикционными свойствами, отвод стружки стал более легким, сократилось образование лунок износа. Все вышеперечисленное позволяет увеличить подачу и скорость резания.

Следует отметить, что ленточная часть сверла полностью проазотирована. Так как данная часть сверла работает в условиях повышенной нагрузки, то к ней предъявляются особые требования, поэтому здесь следует отметить и некоторый отрицательный эффект применения метода ИПА для азотирования сверла. Он заключается в том, что повышение прочности и твердости ведет за собой повышение хрупкости, а это при обработке металла влечет сколы на ленточке и главной режущей кромке сверла (рисунок 3). Это объясняется свойствами азотированной быстрорежущей стали. Однако данный эффект можно считать единственным недостатком, так как повышение хрупкости не выходит за пределы допустимых.

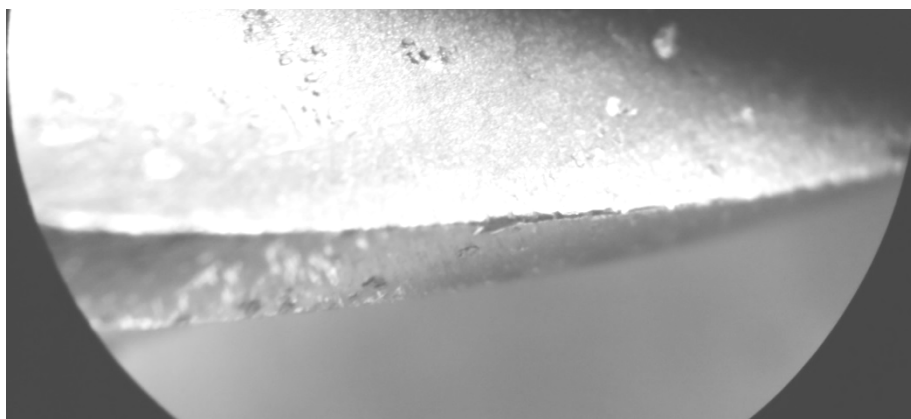


Рисунок 2 — Режущая кромка сверла до азотирования



Рисунок 3 — Сколы на главной режущей кромке

**Заключение.** В результате испытаний было доказана эффективность метода ИПА. Установлено, что при азотировании повышается износостойкость, усталостная прочность, антикоррозионная устойчивость рабочих поверхностей. Таким образом, применение ИПА для упрочнения режущего инструмента является эффективным и экономически выгодным.

#### Список цитируемых источников

1. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б. Н. Арзамасов [и др.]. — М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. — 400 с.
2. Теория и технология азотирования / Ю. М. Лахтин [и др.]. — М. : Metallurgia, 1991. — 320 с.
3. Табаков, В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / В. П. Табаков. — М. : Машиностроение, 2008. — 311 с.

УДК 621.797

Л. Н. Косяк<sup>1</sup>, В. И. Яшкин<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук, доцент, Д. В. Пяткин<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк,  
<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

**Введение.** Построение жесткой строго регламентированной технологии в условиях ремонтного производства не представляется возможным ввиду большой номенклатуры ремонтируемых изделий и способов его проведения.

Задачи технического обслуживания оборудования могут быть поставлены как детерминированные либо стохастические и включают решение следующих вопросов: контроль за возможными состояниями оборудования; замена; профилактический осмотр; текущий ремонт и восстановление, а также организация служб технического контроля.

**Основная часть.** Моделирование систем основывается на концептуальных положениях общей теории систем.

Ремонт представляется как организация сложных систем, исследование связей между организацией и свойствами внутри системы, совокупности взаимосвязанных элементов, предназначенная для достижения цели — восстановления работоспособности.

Методика принятия решений на основе математического моделирования состоит в реализации этапов построения математической модели задач, принятия решений, формулировки принципа оптимальности, нахождения оптимального решения и анализа полученных результатов.

По мере уточнения характеристик системы составляющие могут менять свою структуру.

Системный элемент обладает вполне определенной логикой, т. е. алгоритмом выполнения заданной функции.

По своей сути модель функционирования элемента предписывает набор действий элемента для реализации его цели. Конкретизация действий в зависимости от конкретных условий происходит в соответствии с контекстом системного элемента.

Модель функционирования в общем случае не регламентирует способы и средства реализации системного элемента.

Связи характеризуют степень свободы элементов системы, т. е. служат для описания статического и динамического состояний системы.