

Таблица 1 — Микротвердость по Роквеллу материала быстрорежущей стали токарной пластины и с нанесенными покрытиями

HSS	хром	Cr ₂ O ₃		
±	±3	±	±	±

Из таблицы следует, что, за исключением пленки хрома, наноструктурированные покрытия металлов и оксидов заметно повышают твердость рабочих поверхностей поверхности композитной токарной пластины. В случае наноструктурированного пленочного покрытия из Al₂O₃ самая высокая твердость [3].

Заключение. Использование метода ИПА позволяет обеспечить высокую сопротивляемость коррозии и высокое сопротивление износу, позволяет снизить коробления и деформацию детали. Процесс обработки изделия сокращается в 3-5 раз (для титановых сплавов в 5-10 раз). Но остаётся нерешенным вопрос азотирования изделий сложной формы, из-за чего сложно применять в массовом производстве.

Получение защитного покрытия на поверхности токарной пластины методом магнетронно-плазменного распыления, включая предварительное плазменное травление поверхности пластины в вакуумной камере ускоренными ионами аргона с последующим фазообразующим термоокислительным озонирующим отжигом, приводит к получению тугоплавких твердых износостойких покрытий из высокотвердых наночастиц Al₂O₃, Cr₂O₃, оксидов титана/алюминия/ванадия.

Таким образом, инновационные методы упрочнения токарного инструмента открывают новые горизонты для повышения производительности и качества в обработке материалов, что в конечном итоге способствует улучшению конкурентоспособности предприятий в условиях современного рынка.

Список цитируемых источников

1. В Перми разработана эффективная технология упрочнения металлорежущего инструмента : [сайт]. — 2018. — URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/115673> (дата обращения: 19.09.2025).
2. Кулагин, М. Ю. Ионно-плазменное азотирование поверхности. Преимущества и недостатки метода / М. Ю. Кулагин ; науч. рук. Н. И. Иваницкий. — Минск : БНТУ, 2022. — URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/115741/141-143.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 19.09.2025).
3. Наноструктурированные износостойкие покрытия для композитных сменных токарных пластин / А. А. Сизо, А. Е. Литвинов, В. Ю. Бузько // Известия ТулГУ. Технические науки. Серия: Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. — 2024. — № 12. — С. 336–340.

УДК 621.373:538.91

А. В. Малевич, С. А. Гринкевич

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

Научные руководители И. А. Богданович, В. В. Малеронок

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Существует большое количество высокоэнергетических методов упрочнения (лазерная обработка, электронно-лучевая обработка, ионно-плазменная обработка, электроискровое легирование и др.); они хорошо себя зарекомендовали и имеют ряд общеизвестных преимуществ. Основными же недостатками этих методов являются: высокая стоимость оборудования; продолжительность времени обработки; необходимость применения рабочих газов, а также загрязнение окружающей среды и высокий риск для здоровья оператора.

Магнитно-импульсная обработка (МИО) обладает рядом преимуществ по сравнению с методами на основе воздействия других видов энергий, в частности. К ним относятся низкая себестоимость обработки; высокая производительность за счет скорости обработки одного изделия; сохранение геометрии обработанных деталей; отсутствие расходных материалов; простота технологической оснастки и экологическая чистота. Поэтому применение МИО в новых производствах постоянно расширяется, ее процессы требуют углубленного изучения, а результаты исследований носят инновационный характер [1–4].

МИО – это способ поверхностной пластической деформации металлов и их сплавов, осуществляемый при прямом преобразовании электрической энергии в механическую непосредственно в самом обрабатываемом изделии. Деформация токопроводящих материалов происходит в результате взаимодействия импульсного магнитного поля, создаваемого внешним источником, с током, индуцируемым этим полем в обрабатываемой детали. Токи, индуцируемые магнитным полем в заготовке, не только создают в ней внутреннее магнитное поле, но и нагревают поверхность заготовки. Таким образом, в основе результатов упрочнения при МИО лежат в основном тепловые процессы, происходящие в изделии в момент обработки. Для неоднородной структуры материала, за счет локального выделения теплоты могут происходить процессы рекристаллизации в области максимального нагрева зерна.

Эффективность магнитно-импульсного упрочнения и глубина упрочненного слоя изделий определяется градиентом плотности энергии магнитного поля, геометрическими особенностями заготовки (наличие пазов, канавок и пр.) и магнитными свойствами материала.

Под воздействием МИО высокая температура (500–700°C) возникает в локальных очагах с большей концентрацией различных дефектов. В результате этого и происходят структурно-фазовые преобразования. Но высокая температура мгновенно рассеивается по всему объему образца, и на поверхности измеряемая температура достигает 20–200°C. Однако в различных сталях и при различных режимах МИО температура заметно меняется, что говорит о большем или меньшем проникновении в образец тепловой энергии.

Учитывая зависимость плотности тока от глубины проникновения магнитного поля в материал образца, получено, что температуры, достаточные для процессов магнитных и фазовых превращений, будут иметь место до глубины $5 \cdot 10^{-5}$ м.

Проведены исследования влияния режимов МИО на структуру, твердость и изменение электросопротивления поверхностного слоя сверл из быстрорежущей стали Р6М5 и на их показатели стойкости. С целью определения возможности упрочнения стального осевого инструмента из стали Р6М5 были проведены упрочняющая МИО партии сверл при различных технологических режимах, их металлографические исследования до и после МИО, сравнительные лабораторные испытания упрочненных сверл.

Упрочнение образцов металлорежущих сверл из стали Р6М5 производилось на модернизированной магнитно-импульсной установке (МИУ-2) с максимальной запасаемой энергией 15 кДж, в цилиндрическом индукторе с рабочим внутренним диаметром 12 мм, который работает с частотой 8 кГц.

Установлено, что упрочнённые сверла при испытаниях нагревались меньше других сверл, что свидетельствует о лучших эксплуатационных характеристиках их режущих кромок. Увеличение твердости поверхности инструмента после МИО отмечается также работах [5,6].

Металлографический анализ сверл показал, что исходная структура мартенсита отпуска с большим количеством дисперсных карбидов после воздействия МИО подверглась модификации с образованием в поверхностном слое мелкодисперсного мартенсита с мелкими карбидами.

Изучение характера зависимости структурно-фазовых превращений в изделии при проведении МИО с учетом тепловых процессов позволяет разработать наиболее эффективные схемы упрочнения без усложнения самих установок для проведения МИО. Представляет интерес также комбинирование магнитно-импульсной обработки с каким-либо другим методом улучшения свойств поверхности.

Список цитируемых источников

1. *Малыгин, Б.В.* Магнитное упрочнение инструментов и деталей машин / Б.В. Малыгин. – М.: Машиностроение, 1998. — 130 с.
2. *Алифанов, А.В.* Магнитно-импульсная упрочняющая обработка металлических изделий / А.В.Алифанов // Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, инструмента и технологической оснастки: 10-я Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 10–13 апр. 2007. — Ч. 2. — С. 9–15.
3. *Орлов, А.С.* Упрочнение сверл методом импульсной магнитной обработки / А.С.Орлов, В.А.Полетаев // Вестник ИГЭУ. – 2006. — Вып. 3. — С. 27–28.
4. *Полетаев, В.А.* О природе разрушения поверхности металла упрочненного импульсной магнитной / В.А.Полетаев, И.З.Басыров, А.С.Орлов, Д.П.Севиригин // Междунар. науч.-технич. конф. «Современная электротехнология в машиностроении» Тула, 4–5 июня 2001. — Тула :ТулГУ, 2001. — С.411–416.
5. *Барон, Ю. М.* Влияние магнитной и магнитно-абразивной обработки на фазовый состав и структуру поверхностного слоя инструментальных сталей / Ю.М. Барон // Металлообработка. – 2012. – № 4(70). – С. 12 – 17.
6. *Бойко, В. М.* Исследование влияния локального воздействия магнитного поля на структуру и свойства инструмента из быстрорежущих сталей : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / В. М. Бойко; ОАО «Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение им. Ю. А. Гагарина». – Комсомольск-на-Амуре. – 2004. – 24 с.

УДК 621.914.02

М. А. Пашковский

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

Научный руководитель Е. А. Дерман

МОДЕРНИЗАЦИЯ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА МОДЕЛИ КП-21

Введение. В горнодобывающей и угольной промышленности возрастает потребность в специализированной технике, позволяющей повысить производительность работ, сократив при этом затраты времени. Проходческий комбайн КП-21 представляет собой специализированную горнодобывающую машину, предназначенную для эффективного выполнения работ по проходке горных выработок различного назначения. Комбайном производится разрушение забоя, погрузка отбитой горной массы и транспортировка её к общешахтным транспортным средствам. Этот агрегат отличается высокой производительностью, надежностью и способностью справляться с различными геологическими условиями, обеспечивая стабильную скорость прохождения и высокое качество выработки [1].

Основная часть. Проходческий комбайн КП-21 (рисунок 1) представляет собой самоходную гусеничную машину со стреловидным исполнительным органом, погрузочным устройством с нагребными элементами (звёзды или лапы) и центрально расположенным скребковым конвейером [1].