

#### Список цитируемых источников

1. Злоцкий, С. В. Структура и механические свойства титан-хромнитридных градиентных покрытий, полученных вакуумно-дуговым осаждением : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / С. В. Злоцкий. — Минск, 2016. — 136 л.
2. Влияние криогенных температур на физико-механические характеристики плазмохимических покрытий : INTERMATIC-2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 1—5 дек. 2014 г. / под ред. акад. РАН А. С. Сигова. — М. : Энергоатомиздат, 2014. — Ч. 2. — С. 70—72.

УДК 621.9

Ю. А. Расторгуева, В. В. Малеронок

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи*

### ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СО СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ УПРОЧНЯЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Введение.** Повышение износостойкости металлорежущего инструмента является крайне важным вопросом в современном машиностроении. Основными направлениями повышения износостойкости инструмента являются применение новых материалов и физические методы, изменяющие физико-механические свойства уже используемых материалов инструмента. Одним из таких методов поверхностного упрочнения металлорежущего инструмента является магнитно-импульсная обработка (далее — МИО), основанная на применении магнитного импульсного поля на поверхность металлорежущего инструмента, что способствует улучшению её механических и физических свойств. Помимо повышения твердости поверхности и износостойкости металлорежущего инструмента МИО приводит к уменьшению остаточных и усталостных напряжений. Внедрение МИО позволяет повысить износостойкость металлорежущего инструмента, оснащенного пластинами из металлокерамических твердых сплавов типа вольфрамовых, титановольфрамовых и титанотанталовольфрамовых [1].

**Основная часть.** Магнитное упрочнение на основе метода МИО обладает рядом преимуществ по сравнению с методами на основе воздействия других видов энергий: низкая себестоимости обработки, сохранение геометрии обработанных деталей, отсутствие расходных материалов и дополнительных агрессивных сред, простота технологической оснастки и экологическая чистота.

При обработке изделий сложного профиля упрочнению подвергаются в основном участки, расположенные на минимальном расстоянии от спирали индуктора. Для обеспечения упрочнения удаленных от индуктора участков необходимо либо увеличивать силу максимального импульса тока, либо использовать разъемный индуктор переменного внутреннего диаметра, повторяющий профиль изделия. Боковые поверхности выступов, расположенные перпендикулярно к оси системы, не подвергаются упрочнению вследствие малого градиента плотности энергии магнитного поля вблизи их поверхности. При близком расположении выступов (менее 1 см) на поверхности изделия материал поверхности в пространстве между ними не испытывает достаточного упрочняющего воздействия [2].

Для эффективного упрочнения поверхностей со сложным профилем предлагается производить нанесение графита для получения однородной поверхности, равноудаленной от рабочей поверхности индуктора. Целью нанесения графита является создание условий для равномерного распространения магнитного поля, создаваемого индуктором.

Предлагаемый способ магнитной обработки реализуется следующим образом. Предварительно производят нанесение графита на наиболее удаленные от индуктора поверхности изделия. Нанесение графита осуществляют графитовыми пластинами или графитовой смазкой (например, лезвия гильотинных ножей, режущих инструментов, осей подшипниковых узлов, зубьев шестеренчатых передач и т. п.). После этого деталь помещают в полость соленоида и проводят объемную обработку импульсным магнитным полем с заданными параметрами напряженности, частоты и длительности импульсов [2].

Кроме того, применение графита приводит к интенсификации магнитострикционных процессов. Составляющей повышения эксплуатационной стойкости изделий является повышенное после МИО содержание мартенсита, образующегося из нестабильного аустенита вследствие инициирования мартенситного превращения в результате увеличения амплитуды колебаний кристаллической решетки аустенита, которые стремятся превратить ее в решетку мартенсита. Под действием магнитного поля аустенит делается полностью неустойчивым к самым незначительным воздействиям слабого магнитного поля с крутым передним фронтом.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что эффективность МИО существенно повышается при нанесении графита на рабочие поверхности изделий. При этом повышается охлаждаемость в рабочей контактной зоне и снижается абразивный износ. Кроме того, изменяется и химический состав поверхностного слоя материала, повышается содержание химических элементов вольфрама, ванадия, молибдена, железа, углерода, а сама структура становится более мелкозернистой.

В результате существенно улучшаются физические, механические, технологические и эксплуатационные характеристики изделий [2]. Способ магнитной обработки инструмента, деталей машин и сборочных единиц, включающий воздействие импульсным магнитным полем с заданными параметрами напряженности, формы и длительности импульса, отличается тем, что предварительно осуществляют нанесение графита на рабочие поверхности изделия, затем проводят объемную МИО.

#### Список цитируемых источников

1. Курепин, М. О. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента / М. О. Курепин, А. Ю. Козлюк, А. Г. Овчаренко. — Технология машиностроения. — 2010. — № 9. — С. 26—29.
2. Способ магнитной обработки инструмента, деталей машин и сборочных единиц : пат. 2153006 Рос. Федерация : C21D1/04 / Б. В. Малыгин, А. К. Первов, В. К. Первов, П. П. Решетников, Х. З. Кавеев ; дата публ.: 20.07.2000.

УДК 621.795

**И. О. Сокоров<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент, **Д. В. Куис<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент, **Д. Н. Лобко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОУГЛЕРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ТВЕРДОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

**Введение.** В настоящее время в связи с тем, что все больше узлов и агрегатов автомобилей работает в тяжелых эксплуатационных условиях (при постоянно возрастающих скоростях и нагрузках), серьезно ужесточаются требования к качеству продукции машиностроительной отрасли, в частности свойствам рабочих поверхностей деталей. Расширение применения легированных сталей с высокими физико-механическими свойствами, которые для Республики Беларусь являются статьей импорта, малоэффективно из-за их высокой стоимости. Решить проблему можно с помощью нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности изношенных деталей.

Проблема повышения надежности машин и оборудования в условиях интенсификации производства и энерго- и ресурсосбережения ставит задачу создания новых технологических процессов и применения новых материалов.

Повышение износостойкости и антифрикционных свойств поверхностей трения актуально для многих отраслей техники. Не менее важной является проблема восстановления и упрочнения быстроизнашивающихся деталей, на замену которых ежегодно расходуются огромные средства.

Для получения покрытий в настоящее время используют широкую гамму материалов: черные и цветные металлы, сплавы, керамика, композиционные материалы на различной основе. Выбор конкретного материала из столь широкой номенклатуры определяется как требуемыми эксплуатационными параметрами упрочняемой поверхности, так и экономическими соображениями. Как известно, при газотермическом нанесении покрытий затраты на материал обычно являются основной статьей расходов. Поэтому в настоящее время активно ведется разработка новых материалов, обладающих низкой стоимостью при высоком уровне обеспечиваемых свойств.

Для решения вопросов защиты поверхности деталей от абразивного, коррозионного, механического износа и износа при трении скольжения, высокотемпературной газовой коррозии, а также для ремонта с одновременным повышением эксплуатационных свойств поверхности нашли широкое применение защитные покрытия, наносимые различными методами газотермического напыления. С помощью напыления можно создавать надежную защиту поверхностей изготовленных деталей машин и крупных стальных конструкций. Кроме того, способы напыления позволяют восстанавливать дорогостоящие детали с относительно небольшими затратами материала, времени и денежных средств, что дает значительную экономию металла.

Особым случаем применения покрытий являются износостойкие покрытия системы Ni-Cr-B-Si, в том числе композиции из них. Такие покрытия позволяют не только увеличить ресурс работы машины и восстановить изношенные детали, но и заменить дефицитные и дорогостоящие материалы более дешевыми. Покрытия на основе Ni-Cr-B-Si обладают высокой твердостью, износостойкостью, устойчивы к химически активным средам, имеют достаточно высокую рабочую температуру [1—4].

Наибольшее распространение в практике восстановительно-упрочняющих технологий получили самофлюсующиеся порошки. Самофлюсующимися их называют потому, что они могут быть оплавлены в окислительной или нейтральной атмосфере в плотное, беспористое покрытие благодаря раскисляющему действию бора, кремния и некоторых других элементов [1—4].