

УДК 621.78

УПРОЧНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ С ПОЛЫМ КАТОДОМ

М. А. РАБЫКО, А. Н. ЮМАНОВА, О. Е. ПЕЧКОВСКАЯ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Повышение эксплуатационных характеристик инструментальной технологической оснастки обеспечивает рост производительности труда, экономию дорогостоящих и дефицитных сталей, энергетических и трудовых ресурсов, определяющих себестоимость выпускаемой продукции. Повышение эксплуатационной долговечности инструментальных сталей достигается за счёт применения ряда технологических подходов, ориентированных на модификацию их структурно-механических характеристик. В современной инженерной практике широкое распространение получили методы поверхностного упрочнения, включающие термическую, термомеханическую и химико-термическую обработку, а также физико-химические и электрохимические технологии. Однако традиционные методики сопряжены с рядом существенных ограничений: необходимостью использования сложного и дорогостоящего оборудования, специализированных систем создания давления, нагрева и охлаждения. К числу типичных технологических осложнений относятся окисление и обезуглероживание поверхностного слоя, приводящие к образованию окалины, возникновению трещин и росту хрупкости. Кроме того, обработка изделий крупногабаритных или сложноконфигурационных с использованием данных методов часто оказывается технически затруднительной или вовсе нереализуемой.

В качестве перспективной альтернативы для упрочнения инструментальной оснастки рассматривается технология, основанная на использовании тлеющего разряда, генерируемого в остаточной газовой атмосфере, в сочетании с прикатодным магнитным полем. В рамках данного метода обрабатываемая деталь, выполняющая функцию катода, помещается в зону действия постоянного магнитного поля, что интенсифицирует формирование плазменной оболочки на её поверхности [1, 2].

Однако указанный метод имеет недостаточную производительность и не позволяет достичь максимальной энергоэффективности процесса упрочнения тлеющим разрядом для различных условий работы и материалов в зависимости от их удельного сопротивления.

Перед авторами стояла задача увеличения концентрации потока заряженных частиц, интенсивности процесса и уменьшения хаотичного движения заряженных частиц, что приведет к уменьшению времени обработки, за счет чего увеличится производительность и энергоэффективность процесса упрочнения.

Полый катод с источником формирования магнитного поля позволяет сформировать тлеющий разряд большей плотности с требуемыми электротехническими характеристиками. Возникновение магнитной индукции с заданной частотой приводит к изменению частоты горения тлеющего разряда, соответствующей частоте магнитного поля, что позволяет увеличить концентрацию

потока заряженных частиц, интенсивность процесса упрочнения. В результате происходит снижение хаотичности заряженных частиц и, как следствие, уменьшение времени обработки, за счет чего увеличивается производительность и энергоэффективность процесса.

Упрочнение осуществляется без специально приготовленной и вводимой в камеру рабочей среды (азот, азотсодержащие или инертные газы). Изделия упрочняются при более низких температурах, не вызывающих термических превращений, более высоком электрическом потенциале, за более короткое время за счет изменения свойств поверхностного слоя вследствие торможения в нем налетающих заряженных частиц, в результате чего повышается стойкость и износостойкость материалов, сохраняются конструктивные и геометрические параметры изделий.

Детали машин и инструмент в процессе эксплуатации работают в сложных условиях, испытывая при этом износ трением, абразивный износ, механические и ударные нагрузки. В этой связи они должны обладать не только высокой прочностью и пластичностью, но и высоким сопротивлением трению и изнашиванию.

Указанный метод, по сравнению с известными, обладает следующими преимуществами: малой длительностью процесса структурно-фазового модифицирования рабочих слоёв инструмента (до 45 мин); возможностью обработки изделий сложной формы; сохранением конструктивных размеров, макрогеометрии инструмента вследствие низких средних температур обрабатываемого изделия (до 423 К); экологической безопасностью, обусловленной тем, что обработка осуществляется в среде остаточных атмосферных газов; использование эффекта полого катода, наряду с прикатодным магнитным полем, позволяет повысить эффективность процесса ионизации и концентрацию положительных ионов у поверхности катода. Это приводит к увеличению интенсивности ионной бомбардировки изделия и значительному росту скорости упрочнения при сокращении времени обработки.

С точки зрения практики производство инструментальной технологической оснастки с повышенными эксплуатационными характеристиками рабочих поверхностей является весьма актуальным, т. к. позволит значительно повысить их производственные ресурсы и, как следствие, их работоспособность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шеменков, В. М.** Структурно-фазовое модифицирование поверхностных слоев изделий из штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом в магнитном поле / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко // Современные проблемы машиностроения : сб. тр. XIV Междунар. науч.-техн. конф., Томск, 25–30 окт. 2021 г. – Томск : Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, 2021. – С. 198–199.

2. **Рабыко, М. А.** Способ упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем / М. А. Рабыко, А. А. Каплунов, А. Ю. Зененков // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. материалов VIII Междунар. науч. конф. молодых учёных, Гродно, 30 мая 2024 г. – Гродно : Грод. гос. ун-т имени Янки Купалы, 2024. – С. 125–133.