

УДК 621.787

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МИКРОНАПРЯЖЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

М. А. РАБЫКО¹, А. Н. ЮМАНОВА¹, В. А. СИНИЦКИЙ¹

Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ², канд. техн. наук, доц.

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В современном машиностроении и металлообработке к поверхностным свойствам деталей предъявляются все более высокие требования. Износостойкость, твердость, усталостная прочность и коррозионная стойкость определяют ресурс и надежность изделий, работающих в условиях интенсивных механических и тепловых нагрузок. Задачей данной работы является представление и анализ способа комбинированной упрочняющей обработки, который позволяет получить наиболее равномерную картину распределения твердости, снизить остаточные напряжения, повысить износостойкость изделия, а также увеличить производительность процесса упрочнения [1, 2].

Предлагаемый способ включает два последовательных этапа. Металлическое изделие размещают на катоде вакуумной камеры и обрабатывают поверхность плазмой тлеющего разряда, возбуждаемого в вакууме при разрядении 1,33...53,2 Па (10^{-2} ... 10^{-1} мм рт. ст.). Процесс ведут при плотности тока 0,005...0,05 мА/см² и напряжении горения тлеющего разряда 0,1...10 кВ. Расстояние между анодом и катодом составляет 0,1...1,0 м, время обработки – 10...30 мин. Особенностью данного этапа является то, что упрочнение осуществляется без специально вводимой в камеру рабочей среды. Изделие обрабатывается при низких температурах, не вызывающих термических превращений, что позволяет сохранить конструктивные и геометрические параметры детали. Упрочнение происходит за счет изменения свойств поверхностного слоя вследствие торможения налетающих заряженных частиц, что повышает стойкость и износостойкость материала.

Второй этап – магнитно-импульсная обработка, в процессе которой изделие помещают в индуктор установки магнитно-импульсной обработки и воздействуют на него импульсным магнитным полем.

Конденсаторная батарея заряжается до заданного напряжения (от единиц до десятков тысяч вольт). После достижения заданного напряжения на разрядник от блока управления подается поджигающий импульс, который инициирует пробой и коммутирует разрядную цепь. При протекании по индуктору импульса тока вокруг него создается переменное магнитное поле, которое наводит в обрабатываемом изделии вихревые токи обратного направления.

Авторами были проведены комплексные экспериментальные исследования образцов из быстрорежущей стали Р9 ГОСТ 19265–73. Исследования проводились на образцах в исходном состоянии (после отжига) и после завершения полного цикла упрочняющей обработки. Методом рентгенодифракционного анализа определялся уровень микронапряжений, являющийся структурно-чувствительным параметром, отражающим плотность дефектов кристаллической решетки, степень искажений и общее энергетическое состояние материала.

Для исходной неупрочненной стали Р9 характерен уровень микронапряжений, близкий к значению предела текучести, составляющему 490 МПа, что в пересчете на общепринятые единицы соответствует ориентировочно 0,5 ГПа. Данное состояние является термодинамически равновесным и обусловлено минимальной плотностью дислокаций и отсутствием значительных внутренних напряжений, характерных для отожженного состояния.

После проведения комплексной обработки, основанной на тлеющем разряде, было зафиксировано значительное изменение уровня микронапряжений. Анализ экспериментальных данных, полученных на образцах, показал, что значения микронапряжений варьируются в диапазоне от 1,87 до 2,18 ГПа.

Сопоставление полученных результатов с уровнем микронапряжений исходной стали позволяет констатировать, что в среднем комбинированная обработка приводит к возрастанию микронапряжений в 2,8 раза. Данный факт указывает на эффективное формирование в поверхностном слое высокодефектной структуры, характеризующейся повышенной плотностью дислокаций и искажениями кристаллической решетки, что является физической основой повышения твердости и износостойкости. Данное повышение коррелирует с известными эффектами увеличения твердости до 20 % и роста износостойкости в 1,7 раза, что подтверждает достижение основной цели упрочнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рабыко, М. А.** Использование прикатодного магнитного поля как фактор повышения эффективности упрочнения тлеющим разрядом штамповой оснастки / М. А. Рабыко, В. М. Шеменков // Инновационные технологии в машиностроении : электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 55-летию Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, 18–19 апр. 2023 г. – Новополоцк, 2023. – С. 153–155.

2. **Шеменков, В. М.** Технологические аспекты использования тлеющего разряда для упрочнения изделий из инструментальных материалов / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко, А. Н. Юманова // Инновационные технологические системы и процессы в машиностроении : сб. ст. I Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23–24 нояб. 2023 г. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2023. – С. 19–23.