

УДК 621.787

## ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С. А. СУХОЦКИЙ

Научный руководитель А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В машиностроении существует широкая номенклатура изделий, имеющих плоские рабочие поверхности. К ним относятся: направляющие механизмов, корпуса редуцирующих и силовых устройств, ножи дробилок, лезвия рабочих органов строительно-дорожных машин, лезвия режущих инструментов, плоские скребки и многие другие. Повышение эксплуатационных свойств поверхностей этих деталей обеспечивают существующие технологии упрочняющей обработки (механические, термические, химико-термические, ионной имплантацией и др.), осуществляющие модификацию поверхностного слоя. Однако, традиционные технологии упрочняющей обработки в ряде случаев не обеспечивают требуемые эксплуатационные свойства поверхности детали, реализуются на сложном технологическом оборудовании, имеют высокую себестоимость, не являются универсальными и, как правило, оказывают вредное влияние на окружающую среду [1–3].

В значительной мере этих недостатков лишены динамические методы поверхностного пластического деформирования, обеспечивающие три важные составляющие повышения эксплуатационных свойств деталей: снижение шероховатости поверхности; упрочнение поверхностного слоя и формирование маслоудерживающего микрорельефа.

В то же время, существующие методы динамического поверхностного пластического деформирования не обеспечивают интенсивное снижение шероховатости поверхности с  $Ra\ 6,3$  до  $Ra\ 0,8$  мкм; малопроизводительны (осуществляются с подачей инструмента 20–100 мм/мин); реализуются с помощью сложных устройств, сообщающих деформирующим элементам рабочие движения; требуют дополнительного источника энергии, например сжатого воздуха, жидкости под давлением и т.п.

В связи с этим актуальным является разработка новых динамических методов ППД, лишенных указанных недостатков и использующих для обеспечения силового взаимодействия деформирующих элементов с поверхностью детали ранее не применяемые виды энергии.

Большой научный и практический интерес представляет метод магнитно-динамического раскатывания (МДР) отверстий деталей, при котором деформирующим шаром, свободно установленным в кольцевой камере инст-

румента, сообщают рабочие колебательные движения за счет энергии периодически действующего вращающегося магнитного поля.

Проведенные Д.М. Свирепой исследования показали, что метод магнитно-динамического раскатывания обеспечивает интенсивное деформирование исходных микронеровностей поверхности детали, модификацию поверхностного слоя детали на глубину до 0,6 мм, формирование на поверхности детали маслоудерживающего рельефа и позволяет осуществлять процесс отделочно-упрочняющей обработки с высокой производительностью (с подачей инструмента 100–600 мм/мин). Износостойкость упрочненных поверхностей деталей при этом повышается в 2,1–2,3 раза [4].

Однако, метод МДР не предназначен для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей. В связи с этим была сформулирована цель работы: создать метод магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей деталей и получить рекомендации по выбору параметров процесса упрочняющей обработки.

Для достижения цели были решены следующие задачи.

1. Разработан метод магнитно-динамического накатывания (МДН) плоских поверхностей деталей и инструмент для его осуществления.

2. Осуществлено математическое моделирование процесса МДН плоских поверхностей деталей и выявлено влияние параметров на характеристики движения деформирующих шаров и качество обработанной поверхности.

3. Исследованы характеристики упрочненной поверхности (шероховатость  $R_a$ , микротвердость, износостойкость).

4. Разработаны перспективные конструкции накатников для условий крупносерийного производства.

5. Внедрены результаты исследований в производство.

Основой технологии магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей деталей машин является предложенный способ обработки, схема реализации которого показана на рис. 1.

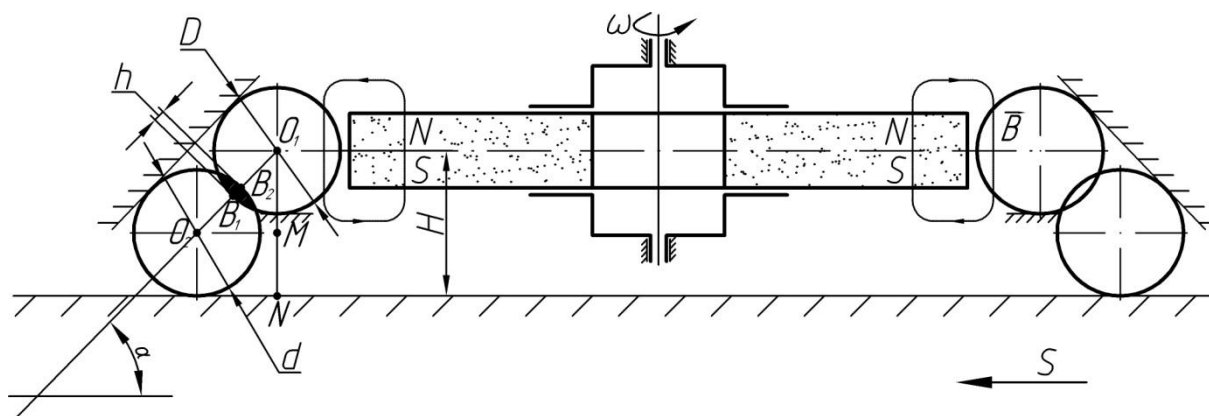


Рис. 1. Схема магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей деталей машин

Согласно способу, упрочняющую обработку плоской поверхности детали осуществляют накатным инструментом, содержащим верхнюю и нижнюю соосно расположенные кольцевые камеры, заполненные соответственно приводными и деформирующими шарами. Инструменту и детали сообщают относительное движение подачи. Приводным шарам, размещенным в верхней кольцевой камере инструмента, сообщают вращение путем воздействия на них вращаемым магнитным полем с индукцией  $B=0,1-0,4$  Тл. При этом вектор индукции магнитного поля располагают в плоскости вращения приводных шаров, а расстояние между плоскостью, проходящей через геометрические центры шаров верхней кольцевой камеры и обрабатываемой поверхностью детали, выбирают по зависимости, учитывающей диаметры приводных и деформирующих шаров, натяг их взаимодействия и другие конструктивные особенности инструмента [5].

Для реализации технологии упрочнения разработан специальный накатной инструмент, содержащий устройство вращения приводных шаров, включающее ротор и магнитную систему с магнитопроводами и постоянными магнитами. Предложены различные конструкции магнитных систем накатных инструментов для осуществления процесса магнитно-динамического упрочнения с учетом конструктивных и физико-механических характеристик обрабатываемых деталей.

В работе выполнено математическое моделирование движения приводных и деформирующих шаров инструмента. Установлена взаимосвязь скорости взаимодействия деформирующих шаров с упрочняемой поверхностью детали от основных технологических и конструктивных параметров процесса. Получены аналитические выражения для определения кинематических характеристик приводных и деформирующих шаров. Представлена математическая зависимость для расчета величины шероховатости поверхности после магнитно-динамического накатывания, позволяющая прогнозировать качественные характеристики детали на этапе проектирования технологического процесса упрочнения.

В работе экспериментально определено влияние режимов магнитно-динамического накатывания на шероховатость упрочненной поверхности деталей из стали 40Х (30–35 НRC). С целью оптимизации режимов упрочняющей обработки для проведения эксперимента был выбран центральный композиционный рототабельный план второго порядка, учитывающий три фактора. В качестве переменных факторов, оказывающих наибольшее влияние на шероховатость упрочненной поверхности, были выбраны: частота вращения, подача и диаметр деформирующих шаров инструмента. По результатам исследований были получены коэффициенты уравнения регрессии и определены оптимальные режимы упрочнения, обеспечивающие шероховатость поверхности  $Ra = 0,4$  мкм (при исходной шероховатости поверхности детали  $Ra 4,5$  мкм).

Для определения величины повышения эксплуатационных свойств поверхностей, упрочненных по предложенной технологии, проведены триботехнические исследования образцов на трибометре АТВП, оснащенном устройством для измерения коэффициента трения.

Результаты исследований показали, что коэффициент трения образцов из стали 40Х (40–43 НРС) и стали 45 (200–220 НВ) после магнитно-динамического упрочнения уменьшается соответственно на 20–24 % и 12–16 % в сравнении с образцами со шлифованной поверхностью. Износ образцов из стали 40Х уменьшился в 3 раза, а образцов из стали 45 – в 2 раза.

Экспериментально определено, что магнитно-динамическое накатывание обеспечивает упрочнение поверхностного слоя детали из стали 45 (200–220 НВ) на глубину до 650 мкм и увеличение микротвердости на 20–25 %.

В работе получены зависимости шероховатости поверхности упрочненной детали от натяга между деформирующими и приводными шарами, а также от исходной шероховатости поверхности и числа рабочих ходов инструмента.

Разработаны прогрессивные конструкции инструментов с магнитным приводом деформирующих шаров для условий крупносерийного производства.

Результаты выполненных исследований внедрены в учебный процесс и производство для упрочняющей обработки ножей вала дробилки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Поляк, М. С.** Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. / М. С. Поляк. – М. : ЛВМ-СКРИПТ, Машиностроение, 1995. – Т. 1. – 832 с.
2. **Поляк, М. С.** Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. / М. С. Поляк. – М. : ЛВМ-СКРИПТ, Машиностроение, 1995. – Т. 2. – 688 с.
3. **Степанова, Т. Ю.** Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учеб. пособие / Т. Ю. Степанова. – Иваново: Иванов. гос. хим.-технол. ун-т., 2009. – 64 с.
4. **Свирепа, Д.М.** Технологическое обеспечение качества внутренней цилиндрической поверхности деталей магнитно-динамическим раскатыванием : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Могилев, 2013. – 26 с.
5. **Пат. 17545 Респ. Беларусь, МПК В24В39/00.** Инструмент и способ магнитно-динамического упрочнения плоской поверхности детали / А. М. Довгалев, С. А. Сухоцкий; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20111278 ; заявл. 03.10.11.