

УДК 621.787  
МЕТОД МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТЫВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д. М. СВИРЕПА

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

Существуют динамические методы упрочнения внутренних поверхностей деталей технических систем поверхностным пластическим деформированием с использованием одноэлементных деформирующих устройств, не позволяющих обеспечить высокую производительность упрочняющей обработки [1–3].

Наиболее производительными являются методы упрочнения поверхностей многоэлементными деформирующими устройствами, в том числе инструментами, работающими от пневмосистемы, содержащими специальные преобразователи энергии подаваемого под давлением воздуха в рабочее движение деформирующих шаров [4–7].

Перспективным направлением развития методов поверхностного пластического деформирования является обеспечение силового взаимодействия деформирующих элементов с упрочняемой поверхностью детали на основе использования новых видов энергии и комбинированного энергетического воздействия на зону деформирования.

В Белорусско-Российском университете разработан новый метод поверхностного пластического деформирования с магнитным и электромагнитным приводом деформирующих шаров [8–9]. Для повышения эффективности разработанного метода автором была выдвинута гипотеза: преобразовать энергию магнитного поля инструмента в колебательные движения деформирующих шаров.

С целью подтверждения гипотезы было выполнено математическое моделирование процесса раскатывания отверстия детали деформирующими шарами, свободно расположенными в кольцевой камере и периодически воспринимающими энергию магнитного поля от вращающейся магнитной системы инструмента [10].

В ходе моделирования получены: системы уравнений, описывающие кинематику и динамику деформирующих шаров в процессе упрочняющей обработки; математические выражения для определения скорости деформирующих шаров в момент их взаимодействия с поверхностью детали; аналитические зависимости для расчета величины магнитной силы, дейст-

вующей на деформирующие шары при изменении их пространственного положения.

Установлено, что в процессе обработки деформирующие шары движутся в плоскости их расположения по циклоиде, осуществляя при этом радиальные колебания, характеристики которых зависят от частоты вращения источников магнитного поля и конструктивных параметров магнитной системы инструмента.

На основе выполненных теоретических исследований разработан метод магнитно-динамического раскатывания (рис. 1).

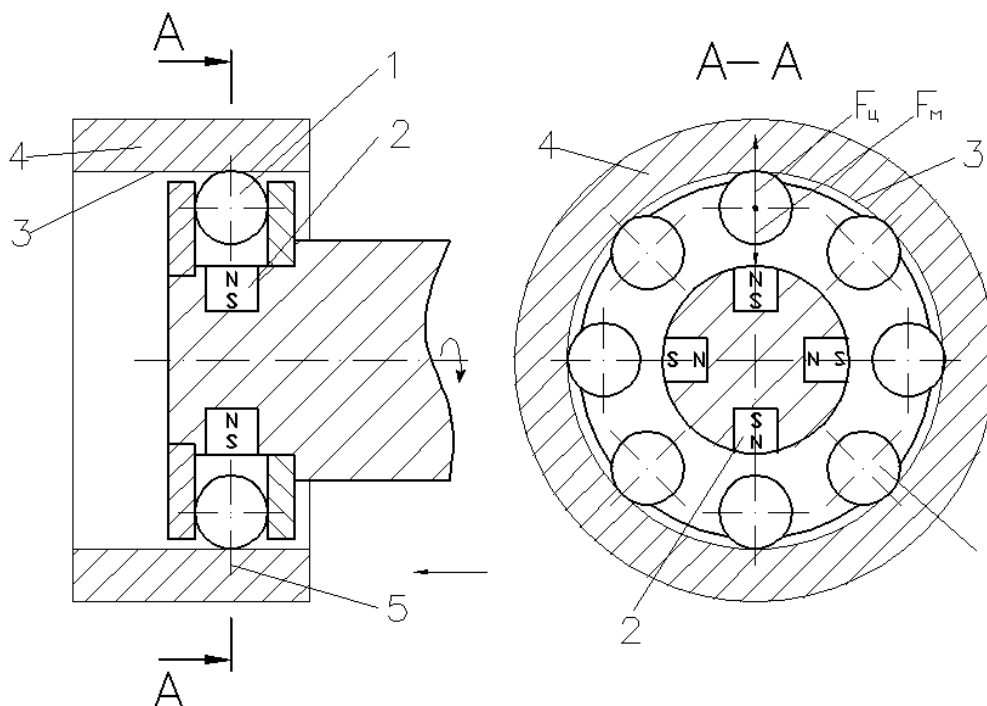


Рис. 1. Схема магнитно-динамического раскатывания

Согласно методу деформирующие шары 1 и источники магнитного поля 2 вводят в отверстие 3 детали 4 и перемещают с подачей вдоль упрочняемой поверхности. Вектор индукции магнитного поля направляют радиально к упрочняемой поверхности, а вектор силы магнитного притяжения деформирующих шаров 1 к источникам магнитного поля 2 размещают в плоскости их вращения 5. Источники магнитного поля 2 вращают, периодически воздействуя на деформирующие шары 1 магнитным полем. В результате обеспечивается периодическое превышение радиальной составляющей силы магнитного притяжения  $F_m$  над центробежной силой  $F_{ц}$ , прижимающей их к поверхности отверстия. Деформирующие шары 1 при этом вращаются в окружном направлении, получают радиальные колебания и осуществляют динамическое упрочнение.

Для реализации метода магнитно-динамического упрочнения разработаны одно- и многокамерные раскатники, а также быстродействующее

технологическое приспособление для бездеформационного закрепления гильз и втулок [11–14].

Представленный на рис. 2 раскатчик содержит следующие основные элементы: оправку 1, деформирующие шары 2, установленные в кольцевой камере 3, диски 4, 5 из немагнитопроводного материала, магнитную систему, в состав которой входят источники магнитного поля 6 в виде электро- или постоянных магнитов, цилиндрический держатель 7 и магнитопроводы 8. Источники магнитного поля 6 установлены в цилиндрическом держателе 7 с равномерным угловым шагом и последовательным чередованием полюсов N и S. Стакан 9 предусмотрен для закрепления оправки 1 инструмента в шпинделе станка.

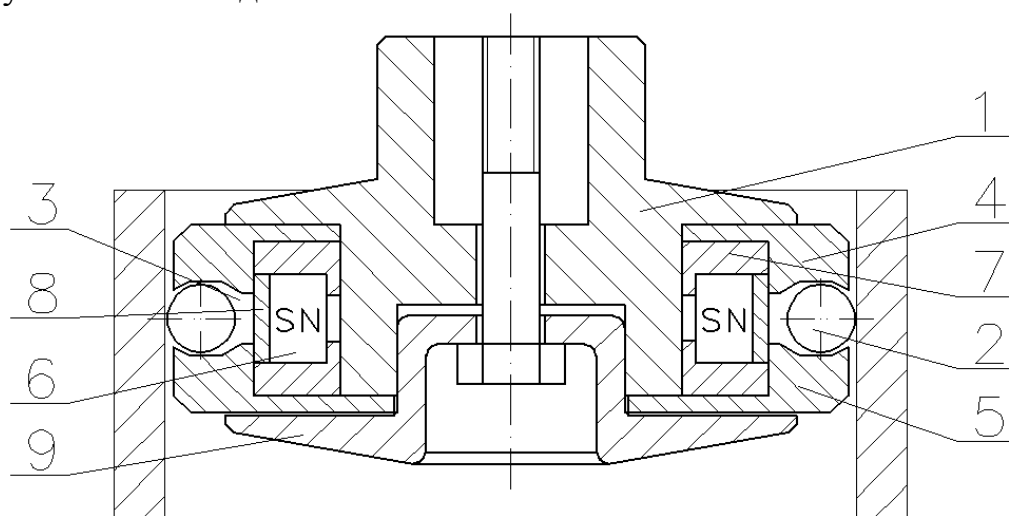


Рис. 2. Магнитно-динамический раскатчик

Магнитная система раскатчиков имеет пластинчатые или цилиндрические постоянные магниты, либо состоит из постоянного кольцевого магнита осевой намагниченности и кольцевых магнитопроводов со встречно направленными торцовыми зубьями.

Предложены аналитические зависимости для выбора основных конструктивных параметров магнитной системы инструмента.

В работе представлены результаты комплексных исследований по выявлению технологических возможностей разработанного метода. Исследована шероховатость формируемой поверхности и выполнена оптимизация режимов упрочняющей обработки.

Установлено, что наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывают угловая скорость вращения источников магнитного поля, сила магнитного взаимодействия деформирующего шара с источником магнитного поля. В меньшей степени на шероховатость влияют осевая подача инструмента и твердость обрабатываемой заготовки.

Автором уточнена математическая модель взаимодействия деформирующего шара с исходными микронеровностями детали и получены ана-

литические зависимости для расчета величины шероховатости упрочненной поверхности.

Объединение математических моделей магнитно-динамического раскатывания и взаимодействия деформирующего шара с исходными микронеровностями детали дало возможность разработать компьютерную программу, позволяющую на стадии проектирования операции отделочной обработки прогнозировать шероховатость упрочненной поверхности в зависимости от значений технологических режимов и конструктивных параметров инструмента. Совпадение прогнозируемых значений шероховатости с экспериментальными данными шероховатости поверхности, упрочненной методом магнитно-динамического раскатывания, подтверждает адекватность разработанных моделей.

Проведены исследования микроструктуры поверхностного слоя детали, эксплуатационных свойств упрочненных поверхностей, шумовых и точностных характеристик разработанного метода, стойкости деформирующих шаров раскатников.

Метод магнитно-динамического раскатывания позволяет осуществлять отделочно-упрочняющую обработку отверстий деталей из различных материалов с поверхностной твердостью до 62 HRC, с подачей инструмента 20–500 мм/мин, частотой вращения инструмента 100–4000 мин<sup>-1</sup> и обеспечивает:

- снижение шероховатости поверхности по параметру Ra с 6,3–3,2 до 0,6–0,2 мкм;
- повышение производительности процесса упрочнения в 2–5 раз по сравнению с виброобкатыванием алмазным выглаживателем;
- увеличение размера отверстия детали в пределах величины исходной шероховатости и сохранение исходного качества точности обработки отверстий стальных деталей, полученного чистовым растачиванием;
- формирование в поверхностном слое металла наноразмерной субзеренной структуры, увеличение плотности дислокаций до 14,5 %, создание остаточных напряжений сжатия до -158 МПа (после упрочняющей обработки деталей из стали 45 (42–44 HRC)).

Метод магнитно-динамического упрочнения и раскатник для его осуществления внедрены на УЧПП «Стройремавто» (г. Могилев).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папшев, Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д. Д. Папшев. – М. : Машиностроение, 1978. – 152 с.

2. **Смелянский, В. М.** Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
3. **Олейник, Н. В.** Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин / Н. В. Олейник, В. П. Кычин, А. Л. Луговской. – Киев : Техника, 1984. – 151 с., ил.
4. **Шнейдер, Ю. Г.** Эксплуатационные свойства деталей с регулярным рельефом / Ю. Г. Шнейдер. – Л.: Машиностроение, 1982. – 246 с.
5. **Ящерицин, П. И.** Упрочняющая обработка нежестких деталей в машиностроении / П. И. Ящерицин, А. П. Минаков. – Минск : Наука и техника, 1986. – 215 с.
6. **Ящерицин, П. И.** Технологические основы пневмовибродинамической обработки нежестких деталей / П. И. Ящерицин, А. П. Минаков, А. А. Бунос. – Минск : Наука и техника, 1995. – 304 с.
7. **Шнейдер, Ю. Г.** Инструменты для чистовой обработки металлов давлением / Ю. Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, 1971. – 248 с.
8. **Довгалеv, А. М.** Классификация инструментов для магнитно-динамического упрочнения / А. М. Довгалеv, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // Вестник Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – №2. – С. 25–32.
9. **Довгалеv, А. М.** Инструменты для магнитно-динамического упрочнения поверхностей деталей машин / А. М. Довгалеv [и др.] // Вестник БГТУ. – 2009. – № 4. – с.94–97.
10. **Довгалеv, А. М.** Математическое моделирование процесса магнитно-динамического раскатывания / А. М. Довгалеv, И. И. Маковецкий, Д. М. Свирепа // Вестник Брестского государственного техн. ун-та. – 2010. №4. – с. 26–30.
11. **Пат. 10065 РБ**, МПК В 24В 39/02. Устройство для отделочно-упрочняющей обработки / А. М. Довгалеv, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а20050604; заявл. 16.06.2005; опубл. 30.12.2007.
12. **Пат. 10188 РБ**, МПК В 24В 39/00. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки / А. М. Довгалеv, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а20050605; заявл. 16.06.2005; опубл. 28.02.2008.
13. **Пат. 11531 РБ**, МПК В 24В 39/00. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки / А.М. Довгалеv, Д.М. Свирепа, Д.М. Рыжанков; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а20060637; заявл. 27.06.2006; опубл. 28.02.2008.
14. **Пат. 11536 РБ**, МПК В 24В 39/00. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки / А. М. Довгалеv, Д. М. Рыжанков, Д. М. Свирепа; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а20060760; заявл. 20.07.2006; опубл. 28.02.2009.