

УДК 621.787
ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТЫВАНИЯ И
ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А. М. ДОВГАЛЕВ, Д. М. СВИРЕПА

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В машиностроении изготавливается широкая номенклатура деталей пар трения к качественным характеристикам рабочей поверхности которых предъявляются высокие требования. Повышение качественных и эксплуатационных свойств поверхности деталей обеспечиваются применением на финишных операциях технологического процесса методов поверхностного пластического деформирования.

Однако традиционные технологии поверхностного пластического деформирования в определенной мере исчерпали свои технологические возможности. В связи с этим большой научный и практический интерес представляют современные технологии поверхностного пластического деформирования, к числу которых относится технология магнитно-динамического раскатывания, разработанная в Белорусско-Российском университете.

Основой предложенной технологии является новый метод магнитно-динамического упрочнения, при котором обеспечивается непрерывное или периодическое взаимодействие деформирующих шаров с обрабатываемой поверхностью детали за счет энергии постоянного или переменного магнитного поля инструмента. При этом энергия магнитного поля инструмента используется для сообщения деформирующим шарам рабочих колебательных движений. Динамическое воздействие деформирующих шаров на поверхность упрочняемой детали позволяет интенсифицировать процесс поверхностного пластического деформирования и сформировать модифицированный поверхностный слой с высокими эксплуатационными характеристиками [1–4].

Для реализации технологии магнитно-динамического раскатывания поверхности отверстия разработан раскатник (рис. 1), содержащий: корпус 1; диски 2, 3; деформирующие шары 4, установленные в кольцевой камере 5; магнитную систему в виде обоймы 6 и цилиндрических постоянных магнитов 7, магнитопроводных вставок 8, расположенных в радиальных отверстиях обоймы с равномерным угловым шагом и последовательным чередованием полюсов N и S. Корпус 1, диски 2, 3 и обойма 6 изготовлены из немагнитопроводного материала. Диски 2, 3 зафиксированы на обойме 6 шайбой 9.

Инструмент работает следующим образом. Оправку 10 инструмента посредством винта 11 закрепляют в шпинделе, а деталь 12 – в приспособлении станка. Инструмент вводят в отверстие детали 12, сообщают ему вращательное движение и перемещают с рабочей подачей вдоль обрабатываемой поверхности. Вращающиеся вместе с обоймой 6 цилиндрические постоянные магниты 7 периодически воздействуют магнитным полем на деформирующие шары 4 и перемещают их в окружном направлении кольцевой камеры 5. В результате на деформирующие шары 4 одновременно действуют центробежная и периодическая магнитная силы, соответственно прижимающая и отрывающая их от упрочняемой поверхности. Под действием магнитной силы деформирующие шары периодически отрываются от поверхности детали, осуществляют ее динамическое упрочнение и формируют модифицированный поверхностный слой [5, 6].

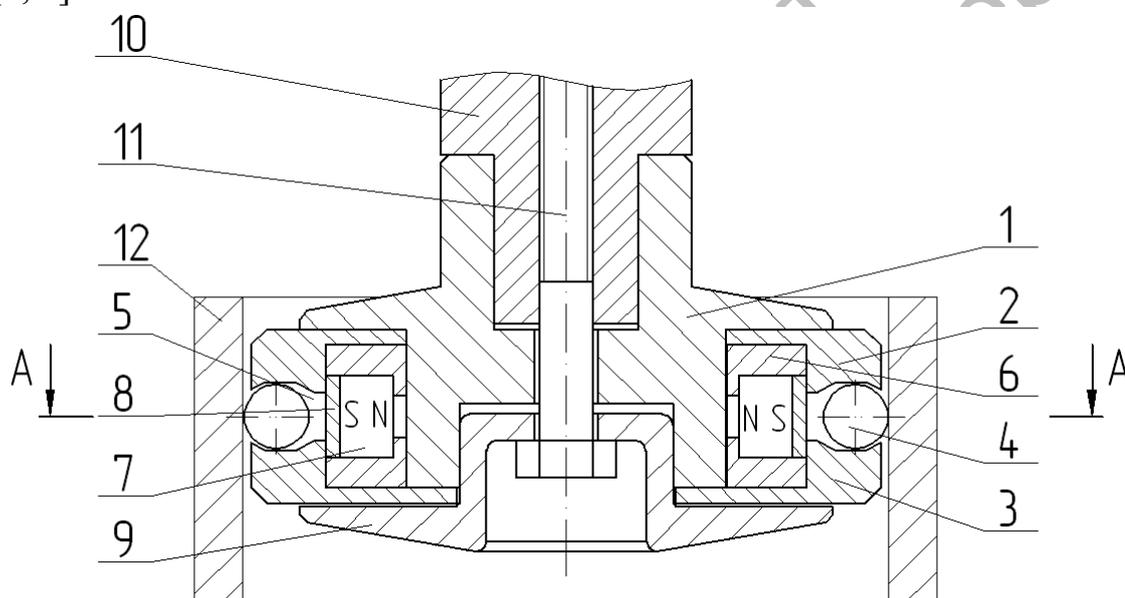


Рис. 1. Конструкция магнитно-динамического раскатника для отделочно-упрочняющей обработки поверхности отверстий

Разработанная технология магнитно-динамического раскатывания обеспечивает следующие преимущества:

– снижение шероховатости поверхности

Исходная шероховатость, Ra, мкм	Шероховатость после упрочнения, Ra, мкм
6,30–1,60	0,8–0,2
1,60–0,32	0,4–0,1
0,32–0,16	0,1–0,05

– упрочнение поверхностного слоя детали на глубину 0,1–2 мм;

– повышение исходной микротвердости на 35–40 %;

– снижение коэффициента трения на 18–25 %;

– получение на поверхности детали маслоудерживающего микрорельефа, повышающего износостойкость деталей пар трения в 1,8–3 раза;

- упрочнение деталей с твердостью поверхностного слоя до 60 HRC;
- отсутствие деформации упрочняемых нежестких заготовок;
- повышение производительности процесса упрочнения (за счет увеличения подачи инструмента) в 1,5–3 раза;
- в ряде случаев обеспечивается исключение из технологического процесса изготовления деталей операции шлифования;
- реализация процесса упрочнения как на универсальном, так и на специальном оборудовании, причем без вращения заготовки.

Развитием технологии магнитно-динамического упрочнения является ее применение для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей деталей и наружных поверхностей вращения.

На рис. 2 представлен накатник для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей. Он содержит: корпус 1; кольцевые сообщающиеся камеры 2, 3; деформирующие шары 4, приводные шары 5; магнитную систему на основе цилиндрических постоянных магнитов 6; кольцевой магнитопровод 7; крышку 8; оправку 9; винт 10 [1, 7–9].

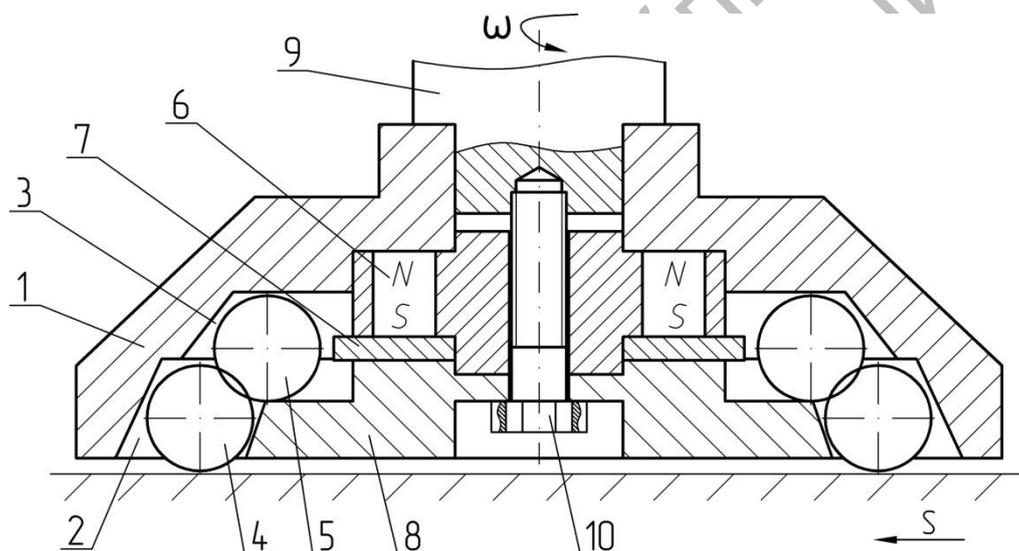


Рис. 2. Конструкция накатника для магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей

Оправку 9 закрепляют в шпинделе, а упрочняемую деталь – на столе станка. Инструменту сообщают вращательное движение, а деталь перемещают с продольной подачей. Приводные шары 5 разгоняются магнитным полем цилиндрических постоянных магнитов 6 вдоль кольцевой камеры 3. В результате приводные шары 5 периодически взаимодействуют с деформирующими шарами 4. В свою очередь, деформирующие шары 4 наносят динамические удары по поверхности детали, осуществляя ее упрочнение.

Для отделочно-упрочняющей обработки наружных поверхностей вращения разработан инструмент, изображенный на рис. 3. Инструмент включает: стаканы 1, 2; сообщающиеся кольцевые камеры 3, 4;

деформирующие шары 5; шары-отражатели 6; цилиндрические постоянные магниты 7, 8 и магнитопроводы 9, 10. Цилиндрические постоянные магниты 7, 8 и магнитопроводы 9, 10 установлены с равномерным угловым шагом в радиальных отверстиях стаканов 1, 2.

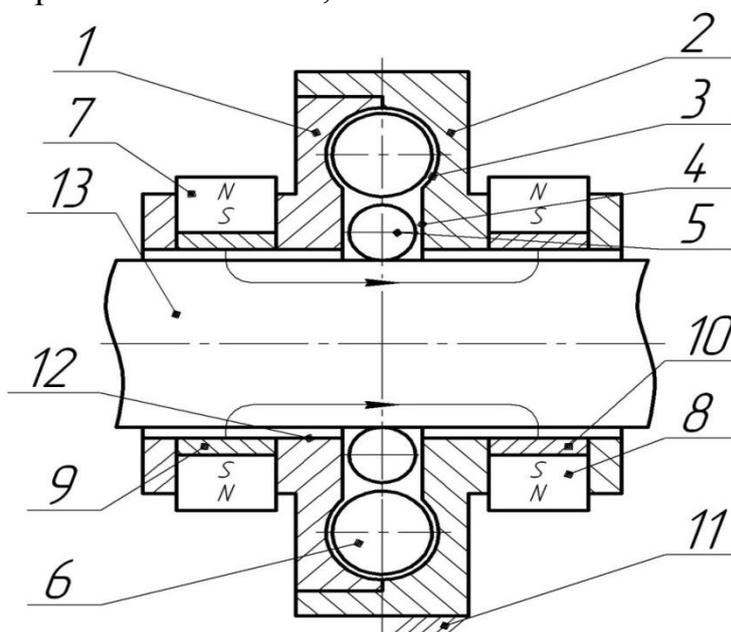


Рис. 3. Конструкция инструмента для магнитно-динамического упрочнения поверхности валов

Инструмент закрепляют на суппорте 11 соосно оси центров станка. В отверстие 12 инструмента вводят упрочняемый вал 13 и базируют его в центрах станка. Силовые линии магнитного поля от цилиндрических постоянных магнитов 7, 8 замыкаются на поверхностный слой вала 13, обеспечивая ему магнитные свойства. Валу 13 сообщают вращение, а инструмент перемещают с продольной подачей. Намагниченная поверхность вала 13 воздействует магнитным полем на деформирующие шары 5 и разгоняет их вдоль кольцевой камеры 4. При этом деформирующие шары 5 расходятся в радиальном направлении, периодически сталкиваются с шарами-отражателями 6 и, изменяя траекторию своего движения, наносят динамические удары по упрочняемой поверхности вала 13 [1, 10].

Для повышения эффективности технологии магнитно-динамического упрочнения предложено совместить процессы магнитной упрочняющей обработки ферромагнитных деталей и динамического поверхностного пластического деформирования. Комбинированная технология упрочнения основана на комплексном энергетическом воздействии на поверхность детали концентрированным потоком энергии вращающегося магнитного поля инструмента и многократным импульсно-ударным деформированием. Совмещение во времени процессов магнитно-силового воздействия позволяет получить на деталях пар трения поверхностные структуры, обладающие комплексом новых физико-механических характеристик упрочненного металла.

Для реализации комбинированной технологии упрочнения разработан инструмент, снабженный двумя магнитными системами, одна из которых предназначена для сообщения деформирующим шарам энергии импульсно-ударного деформирования, а другая – для упрочняющего воздействия на

поверхность ферромагнитной детали вращающимся постоянным (переменным) магнитным полем [6, 11–14].

Инструмент содержит: корпус 1; диски 2, 3; деформирующие шары 4; кольцевую камеру 5; магнитную систему в виде обоймы 6 с цилиндрическими постоянными магнитами 7 и магнитопроводными вставками 8, обеспечивающую деформирующим шарам рабочие формообразующие движения. Магнитная система для упрочнения поверхности детали вращающимся магнитным полем включает обоймы 9, 10, постоянные цилиндрические магниты 11, 12 и кольцевые магнитопроводы 13, 14. Для закрепления инструмента в шпинделе станка предусмотрены шайба 15, оправка 16 и винт 17 (рис. 4).

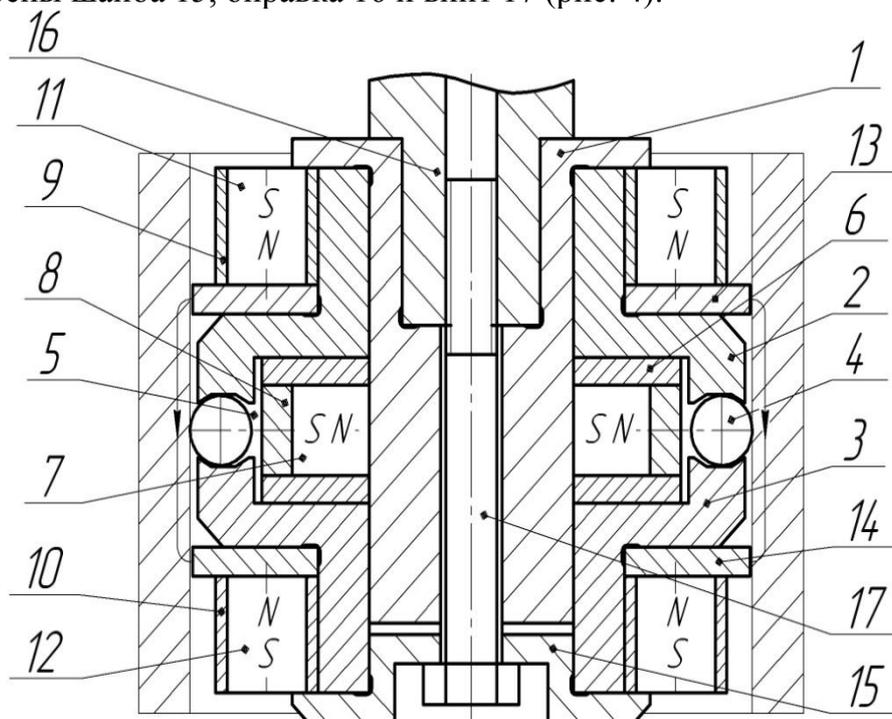


Рис. 4. Конструкция раскатника для комбинированной магнитно-динамической отделочно-упрочняющей обработки поверхности отверстий

Технологии магнитно-динамического упрочнения основаны на новом высокопроизводительном методе формообразования поверхности и позволяют совместить в один технологический переход три операции технологического процесса: формирование на поверхности детали маслоудерживающего микрорельефа; интенсивное снижение исходной шероховатости поверхности и получение на детали поверхностных структур с новыми физико-механическими свойствами, что позволяет существенно повысить производительность процесса отделочно-упрочняющей обработки. Технологии предназначены для упрочнения рабочей поверхности отверстий гильз, цилиндров (в том числе цилиндров большой длины), втулок, подшипников скольжения, а также плоской поверхности столов, корпусов (с целью повышения герметичности стыка), направляющих технических систем, ножей дробилок, режущих пластин строительно-дорожных машин, наружных цилиндрических поверхностей тел вращения и т. д.

Инновационные технологии магнитно-динамического упрочнения внедрены в производство на предприятиях машиностроения: УЧПП «Стройремавто» (г.Могилев); ОАО «Минский завод колесных тягачей» (г.Минск); ЗАО «Могилевский инструментальный завод» (г.Могилев) соответственно для отделочно-упрочняющей обработки «трубы оси», «цилиндра», «ножей вала дробилки».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Довгалец, А. М.** Классификация инструментов для магнитно-динамического упрочнения / А. М. Довгалец, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 30–38.

2. **Свирепа, Д. М.** Модульный принцип конструирования инструментов с магнитоуправляемыми деформирующими элементами / Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы респ. науч.-техн. конф. асп., магистр. и студ., Могилев, 26 янв. 2006 г. / Беларус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2006. – С. 73.

3. **Свирепа, Д. М.** Интенсификация процесса упрочнения магнитно-динамическими инструментами / Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков, С. А. Сухоцкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апр. 2007 г.: в 3 ч. / Беларус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2007. – Ч. 1. – С. 96.

4. **Свирепа, Д. М.** Метод магнитно-динамического раскатывания деталей технических систем / Д. М. Свирепа, А. М. Довгалец // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. мол. ученых, Могилев, 17–18 нояб. 2011 г. / Беларус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2011. – С. 3–7.

5. Упрочняющий инструмент: **пат. 15364** Респ. Беларусь, МПК В 24 В 39/02 / А. М. Довгалец, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков, С. А. Сухоцкий; заявитель Беларус.-Рос. ун-т. – № а 20091852; заявл. 23.12.09; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 1. – С. 81.

6. Способ магнитно-динамического упрочнения внутренней поверхности круглого отверстия в металлической детали: **пат. 17976** Респ. Беларусь, МПК В24В39/02 / А. М. Довгалец, Д. М. Свирепа; заявитель Беларус.-Рос. ун-т. – №а20120052; заявл. 16.01.2012; опубл. 30.06.2013.

7. Двухрядные магнитно-динамические инструменты / А. М. Довгалец [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2009. – № 2. – С. 12–20.

8. Инструменты для магнитно-динамического упрочнения поверхностей деталей машин / А. М. Довгалец [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 4. – С. 94–97.

9. Инструмент и способ магнитно-динамического упрочнения плоской поверхности детали: **пат. 17545** Респ. Беларусь, МПК В24В39/06 / А. М. Довгалец, С. А. Сухоцкий; заявитель Беларус.-Рос. ун-т. – №а20111278; заявл. 03.10.2011; опубл. 30.06.2013.

10. Магнитно-динамические инструменты для упрочнения наружных поверхностей вращения / А. М. Довгалец [и др.] // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 4. – С. 56–62.

11. Моделирование процесса совмещенной обработки деталей магнитно-динамическим раскатыванием и вращающимся переменным магнитным полем / В. К. Шелег [и др.] // Вестн. Житомирского гос. техн. ун-та. – 2013. – № 4. – С. 86–95.

12. Моделирование процесса совмещенной упрочняющей обработки импульсно-ударным раскатыванием и вращающимся магнитным полем / В. К. Шелег [и др.] // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 73–84.

13. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления: **пат.2068770** Рос. Федерация, МКИ6 В 24 В 39/02 / А. М. Довгалец (РБ). – №4922542/27 ; заявл.29.03.91 ; опубл. 10.11.96 // Бюл. №31. – 14 с.

14. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления: **пат.2089373** Рос. Федерация, МКИ6 В 24 В 39/02 /А. М. Довгалец (РБ). – №4924841/02 ; заявл.05.04.91 ; опубл. 10.09.97 // Бюл. №25. – 14 с.