

Получение регулярного микрорельефа на поверхности деталей при совмещенном магнитно-динамическом накатывании

А. М. Довгалев, И. А. Тарадейко, М. В. Тарадейко

В работе представлена перспективная конструкция инструмента для совмещенного магнитно-динамического накатывания, позволяющая получать на поверхности ферромагнитной детали регулярный микрорельеф с требуемыми характеристиками.

Ключевые слова: упрочняющая обработка, совмещенное магнитно-динамическое накатывание, деформирующие шары, вращающееся магнитное поле, постоянный магнит, ферромагнитная деталь.

Obtaining a regular microrelief on the surface of parts with combined magnetic-dynamic rolling

A. M. Dovgalev, I. A. Taradeiko, M. V. Taradeiko

The paper presents a promising design of a tool for combined magnetic-dynamic rolling, which makes it possible to obtain a regular microrelief with the required characteristics on the surface of a ferromagnetic part.

Keywords: Hardening treatment, combined magnetic-dynamic rolling, deforming balls, rotating magnetic field, permanent magnet, ferromagnetic part.

Перспективным методом отделочно-упрочняющей обработки наружных поверхностей тел вращения является метод совмещенного магнитно-динамического накатывания (СМДН), при котором на поверхностный слой ферромагнитной детали одновременно воздействуют вращающимся магнитным полем и импульсно-ударным деформированием [1–4]. Комплексное магнитно-деформирующее воздействие позволяет обеспечить интенсивное деформирование исходных микронеровностей поверхности и получить на ферромагнитной детали наноструктурированный поверхностный слой, характеризующийся высокими эксплуатационными свойствами [3].

Особенностью метода СМДН является отсутствие жесткой кинематической связи между вращением упрочняемой заготовки и вращением деформирующих шаров инструмента, осуществляющих импульсно-ударное деформирование. Это не позволяет получить на наружной поверхности тел вращения регулярный микрорельеф и увеличить глубину упрочненного слоя.

Для устранения указанных недостатков предложена конструкция инструмента, содержащая следующие основные элементы: корпус 1; регулируемый электродвигатель 2; упругий кулачковый ударник 3; планку 4 с радиальным каналом 5; деформирующий шар 6; цилиндрические постоянные магниты 7, 8. Упругий кулачковый ударник 3 установлен на валу регулируемого электродвигателя 2 с возможностью взаимодействия кулачков с деформирующим шаром 6.

Совмещенную отделочно-упрочняющую обработку осуществляют следующим образом. Корпус 1 инструмента закрепляют в резцедержателе 9, а упрочняемый вал 10 - в центрах станка. Поперечным перемещением резцедержателя 9 деформирующий шар 6 вводят в контакт с обрабатываемой поверхностью вала 10 и устанавливают требуемый натяг между упомянутым деформирующим шаром и кулачком упругого кулачкового ударника 3.

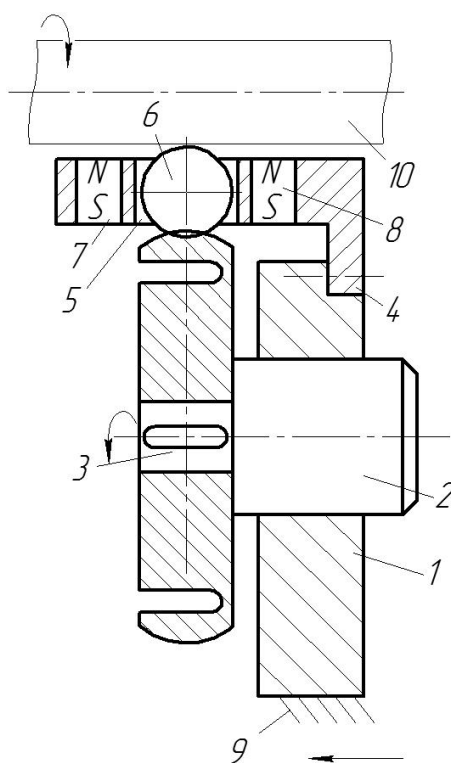


Рис. 1. Схема инструмента для получения регулярного микрорельефа при СМДН наружной поверхности тел вращения

Упругий кулачковый ударник (при вращении выходного вала регулируемого электродвигателя 2) вращается и наносит кулачком периодические удары по деформирующему шару 6. В свою очередь деформирующий шар 6 наносит удары по упрочняемой поверхности вала 10. Таким образом, на зону обработки одновременно действует магнитное поле, создаваемое цилиндрическими постоянными магнитами 7, 8, и импульсно-ударное деформирование. Так как обеспечивается периодичность воздействия кулачков упругого кулачкового ударника 3 на деформирующий шар 6, то на поверхности вала формируется регулярный микрорельеф, представляющий собой сетку пересекающихся микролунок от деформирующих шаров 6. В результате осуществляется совмещенная отделочно-упрочняющая обработка.

Для исследования технологических возможностей разработанного инструмента были обработаны партии цилиндрических образцов из стали 45 (180–200 НВ) размерами $D \times d \times l = 70 \times 30 \times 40$ мм, имеющие, соответственно, шероховатость поверхности по параметру $Ra_{исх}$ 12,4–12,6 и 6,3–6,5 мкм.

Параметры инструмента: диаметр упругого кулачкового ударника – 120 мм; количество кулачков ударника – 6 шт.; количество цилиндрических постоянных магнитов – 2 шт.; диаметр деформирующего шара – 12 мм; индукция магнитного поля, действующего на поверхность ферромагнитного вала – 0,4–0,45 Тл.

Режимы процесса совмещенного упрочнения: частота вращения заготовки $n = 125 \text{ мин}^{-1}$; частота вращения упругого кулачкового ударника 800–2000 мин^{-1} ; подача инструмента - 0,07 мм/об; натяг между кулачком и деформирующим шаром (натяг деформирования) $\Delta = 0,15$ мм.

Измерение шероховатости поверхности и шага микролунок осуществляли профилометром-профилографом Mitutoyo SJ-210 (Япония). За величину шероховатости поверхности заготовок и шага микролунок принимали среднее значение пяти измерений.

Глубину упрочнения обработанных заготовок определяли методом «косого среза», полученного шлифованием.

Графики зависимости шероховатости поверхности и глубины упрочнения от частоты вращения кулачкового ударника представлены на рис. 2, 3.

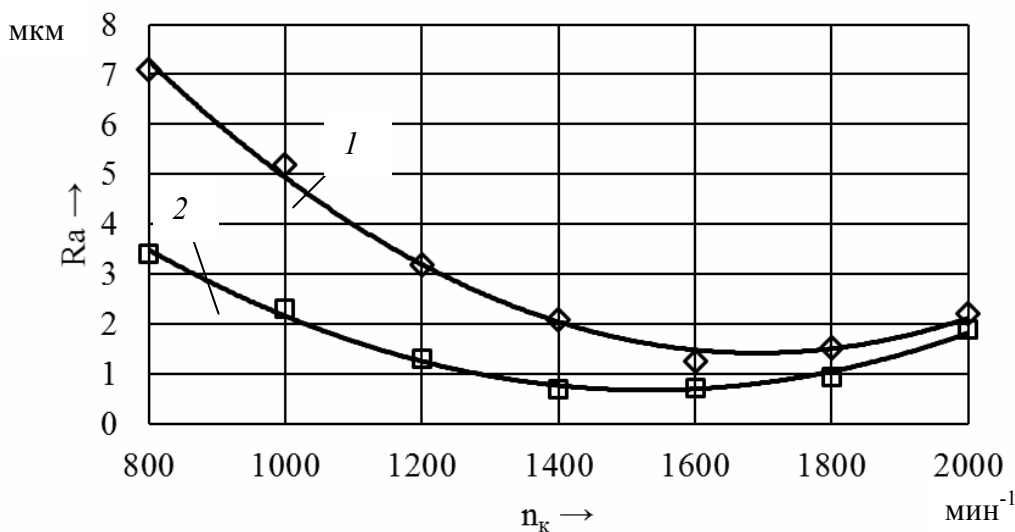


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности заготовок из стали 45 (180–200 НВ) от частоты вращения упругого кулачкового ударника n_k ($n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$; $S = 0,07 \text{ мм/об}$; $B_{дет} = 0,40–0,45 \text{ Тл}$; $\Delta = 0,15 \text{ мм}$): 1 – $Ra_{исх} = 12,4–12,6 \text{ мкм}$; 2 – $Ra_{исх} = 6,3–6,5 \text{ мкм}$

Как видно из рис. 1, шероховатость поверхности заготовок из стали 45 (180–200 НВ) интенсивно снижается, достигая минимальной величины по параметру Ra 1,25 мкм (при $n_k = 1400 \text{ мин}^{-1}$) и Ra 0,7 мкм (при $n_k = 1600 \text{ мин}^{-1}$) при исходной шероховатости $Ra_{исх} = 12,4–12,6 \text{ мкм}$ и $Ra_{исх} = 6,3–6,5 \text{ мкм}$ соответственно. При упрочнении заготовок на частотах вращения упругого кулачкового ударника выше 1600 мин^{-1} наблюдается увеличение шероховатости, что может быть обусловлено перенаклепом поверхности.

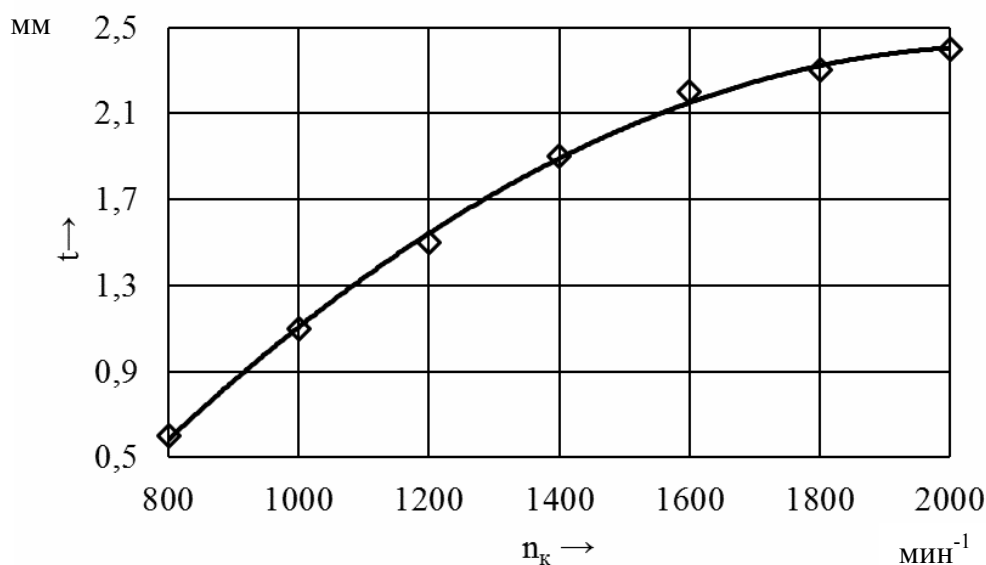


Рис. 3. Зависимость глубины упрочнения заготовок из стали 45 (180-200 НВ) от частоты вращения упругого кулачкового ударника n_k ($n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$; $S = 0,07 \text{ мм/об}$; $B_{дет} = 0,40 - 0,45 \text{ Тл}$; $\Delta = 0,15 \text{ мм}$)

Из рис. 3 видно, что интенсивное увеличение глубины упрочненного поверхностного слоя имеет место при частотах вращения упругого кулачкового ударника в диапазоне от 800 до 1600 мин^{-1} .

На рис. 4 представлен график зависимости шага микролунок от частоты вращения упругого кулачкового ударника инструмента.

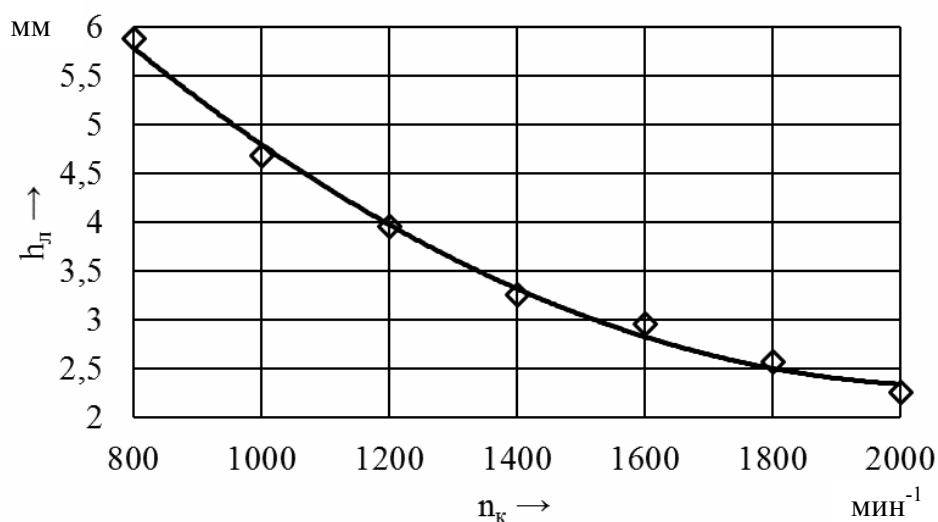


Рис. 4. Зависимость шага микролунок на поверхности заготовок из стали 45 (180–200 НВ) от частоты вращения упругого кулачкового ударника n_k ($n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$; $S = 0,07 \text{ мм/об}$; $B_{дет} = 0,40 - 0,45 \text{ Тл}$; $\Delta = 0,15 \text{ мм}$)

Таким образом, при упрочнении наружной поверхности заготовок из стали 45 (180–200 НВ) предложенным инструментом рациональным значением частоты вращения упругого кулачкового ударника является 1400–1600 мин^{-1} .

Список использованных источников и литературы

1. *Довгалеv, А. М.* Магнитно-динамическое и совмещенное накатывание поверхностей нежестких деталей / А. М. Довгалеv. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 266 с.
2. *Шелег, В. К.* Влияние параметров процесса совмещенного магнитно-динамического накатывания на шероховатость поверхности // В. К. Шелег, А. М. Довгалеv, И. А. Тарадейко // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. – 2021. – № 1. – С. 18–22.
3. *Довгалеv, А. М.* Повышение эффективности упрочнения поверхностей ферромагнитных деталей совмещенным магнитно-динамическим накатыванием / А. М. Довгалеv // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 18–35.
4. *Тарадейко, И. А.* Повышение эксплуатационных свойств валов упрочненных комбинированным магнитно-динамическим накатыванием / И. А. Тарадейко / Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности. Материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых, Могилев, 26–27 октября 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Беларус.-Рос. ун-т; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 5–9.

Сведения об авторах

Александр Михайлович Довгалеv, кандидат технических наук, доцент, декан факультета довузовской подготовки и профориентации Белорусско-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев), rct@bru.by

Иван Анатольевич Тарадейко, ассистент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусско-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев), IvanTaradeiko@yandex.ru

Марина Вадимовна Тарадейко, студент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Белорусско-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев)