

ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН¹

С.А. Баранов, В.Д. Фокин, В.И. Зенова, С.А. Сухоцкий

В статье проведен анализ существующих методов поверхностного пластического деформирования плоских поверхностей деталей машин. Выявлены их преимущества и недостатки. Предложена конструкция однорядного инструмента для осуществления магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей.

Ключевые слова: пластическое деформирование, упрочнение, шероховатость, накатывание.

В машиностроении существует широкая номенклатура деталей, имеющих плоские рабочие поверхности, к качественным характеристикам и эксплуатационным свойствам которых предъявляют высокие требования. К их числу относятся детали пар трения, направляющие механизмов технических систем, ползуны, планки, клинья, плиты, ножи дробильных машин, скребки и др.

Повышение эксплуатационных свойств поверхностей этих деталей обеспечивают известные технологии упрочняющей обработки (механические, термические, химико-термические, ионной имплантацией и др.), осуществляющие модификацию поверхностного слоя. Однако традиционные технологии упрочняющей обработки реализуются на сложном технологическом оборудовании, имеют высокую себестоимость, как правило, не являются универсальными и оказывают вредное влияние на окружающую среду.

В значительной мере этих недостатков лишены технологии упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД), обеспечивающие изменение физико-механических свойств поверхностного слоя деталей в широких пределах [1–2].

Отделочно-упрочняющую обработку плоских поверхностей деталей одношариковыми и однороликовыми обкатниками осуществляют на строгальных станках. Особенностью схем упрочнения однороликовыми и одношариковыми обкатниками является одностороннее действие (относительно детали) силы деформирования. При упрочнении в ряде случаев возникают остаточные деформации детали, снижающие точность обработки. В связи с этим инструменты применяют для отделочно-упрочняющей обработки жестких деталей. Упрочнение плоских деталей одношариковыми и однороликовыми обкатниками обеспечивает повышение поверхностной твердости на 15–20 %, снижение коэффициента трения на 20 %, повышение износостойкости упрочненной поверхности.

К недостаткам одношариковых и однороликовых обкатников относится низкая производительность процесса упрочнения, обусловленная возвратно-поступательным движением инструмента с периодической малой по величине поперечной подачей [3].

Вибродинамическая обработка плоских поверхностей деталей технических систем осуществляется по двум основным схемам: за один проход с перекрытием поверхности по всей ширине; «строчечная» с дискретной поперечной подачей деформирующего элемента. Более эффективной является первая схема вибронакатывания плоских поверхностей, т. к. при «строчечной» обработке возникают трудности, связанные с необходимостью обеспечить согласование расположения синусоидальных канавок, образуемых инструментом при каждом двойном ходе стола с заготовкой. При обработке вибронакатыванием плоских по-

¹ Статья подготовлена в ходе выполнения научно-исследовательской работы студентов на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты»

верхностей относительно небольшой длины используют вертикально-фрезерные, а большей протяженности – поперечно- или продольно-строгальные станки [3].

На плоской поверхности наносятся синусоидальные канавки, обеспечивающие удержание смазки и повышение эксплуатационных свойств детали. К недостаткам вибродинамической обработки плоских поверхностей следует отнести сложность конструкции инструмента, низкую производительность процесса формирования синусоидальных канавок, неравномерность характеристик упрочнения поверхностного слоя детали.

Центробежную отделочно-упрочняющую обработку плоских поверхностей деталей осуществляют специальными шариковыми головками, включающими цилиндрический корпус, деформирующие шары, обойму с радиальными каналами и отражатель. Центробежная отделочно-упрочняющая обработка плоских поверхностей обеспечивает снижение шероховатости поверхности по параметру R_a с 3,2–0,8 до 0,4–0,1 мкм, увеличение поверхностной твердости детали на 30–35 %, упрочнение поверхностного слоя на глубину до 3 мм, создание остаточных напряжений сжатия величиной до 900 МПа [4].

Твердость поверхностного слоя, глубина наклепа и шероховатость поверхности зависят от силы удара деформирующих шаров и количества ударов, приходящихся на единицу площади упрочняемой поверхности детали. Эти параметры, в свою очередь, зависят от окружной скорости инструмента, натяга деформирования, размера деформирующих шаров и их количества, величины подачи инструмента и числа проходов. Недостатком центробежной обработки плоских поверхностей является низкая производительность процесса упрочнения из-за большого количества рабочих ходов, осуществляемых инструментом при обработке детали по всей поверхности.

Метод пневмовибродинамической отделочно-упрочняющей обработки деталей разработан и исследован профессором А. П. Минаковым. Согласно методу, упрочняющую обработку осуществляют инструментом, преобразующим энергию сжатого воздуха в колебательные движения деформирующих шаров, осуществляющих поверхностное пластическое деформирование детали. Пневмовибродинамическая обработка позволяет повысить износостойкость упрочненных плоских поверхностей в 1,5–2 раза [5].

Принцип работы инструмента состоит в следующем. Заготовку подводят к инструменту или, наоборот, инструмент к заготовке до его соприкосновения с деформирующими шарами. Создают незначительный вертикальный условный натяг деформирующих шаров с обрабатываемой поверхностью. В результате образуется величина зацепления (перекрытия) между деформирующими и приводящими шарами h . Включают подвод сжатого воздуха к приводящим шарам от источника питания через осевой канал инструмента и каналы-сопла. Приводящие шары получают ускорение, а деформирующие шары замедленное вращение и увлекаются потоком сжатого воздуха и приводящими шарами. Приводящие шары перекатываются по деформирующим, соударяясь с ними, последние наносят удары по обрабатываемой поверхности заготовки, имеющей перемещение (подачу) относительно невращающегося инструмента.

К особенностям пневмовибродинамической обработки плоских поверхностей деталей следует отнести необходимость применения дополнительного источника энергии – сжатого воздуха. Кроме того, метод не обеспечивает эффективного снижения исходных микронеровностей и приводит к изменению шероховатости поверхности плоских стальных заготовок по параметру R_a с 0,65–0,45 до 1,75–0,16 и с 1,2–0,7 до 2,2–0,49 мкм, а при обработке заготовок из серого чугуна – с 0,65–0,45 до 1,8–0,5 мкм [5].

Сегодня большой научный и практический интерес вызывают методы отделочно-упрочняющей обработки поверхностей вращения деталей машин деформирующими шарами, получающими энергию деформирования от вращающегося магнитного поля инструмента [6]. Для реализации процесса упрочнения разработан раскатник, в состав которого входят оправка 1, диски 2, 3 с аксиальными отверстиями 4, 5, деформирующие шары 6, кольцевая камера 7, источники магнитного поля 8, 9, магнитопроводы 10, 11. Оправка 1 и

диски 2, 3 изготовлены из немагнитопроводных материалов. Деформирующие шары 6 свободно расположены в кольцевой камере 7. Источники магнитного поля 8, 9 и магнитопроводы 10, 11 расположены в аксиальных отверстиях 4, 5 с равномерным угловым шагом, друг напротив друга непосредственно в зоне расположения деформирующих шаров 6. Отделочно-упрочняющую обработку осуществляют следующим образом. Деталь 12 закрепляют в приспособлении, а оправку 1 раскатника – в шпинделе станка. Шпинделю станка сообщают вращение и перемещают инструмент с осевой подачей вдоль обрабатываемой поверхности. Оправка 1 инструмента и источники магнитного поля 8, 9 получают вращение. Деформирующие шары 6 перемещаются в окружном направлении кольцевой камеры 7 инструмента магнитным полем, создаваемым магнитами 8, 9. В результате деформирующие шары 6 центробежной силой прижимаются к упрочняемой поверхности детали 12 и осуществляют ее поверхностное пластическое деформирование.

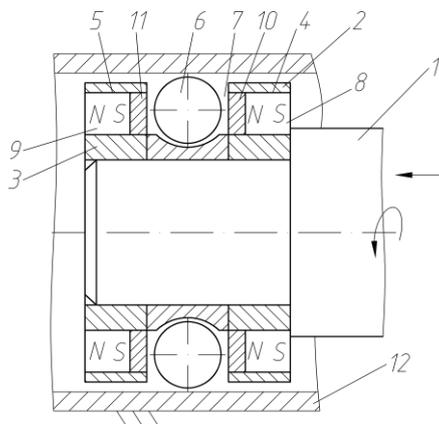


Рис. 1. – Схема магнитно-центробежного раскатывания внутренних поверхностей вращения

Магнитно-центробежное раскатывание обеспечивает формирование на детали модифицированного поверхностного слоя с высокими качественными характеристиками

Недостатком указанных устройств для магнитно-динамического упрочнения является невозможность их применения для обработки плоских поверхностей.

В связи с этим была поставлена цель работы: разработать инструменты для магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей.

Для магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей была разработана конструкция однорядного инструмента (рис. 2).

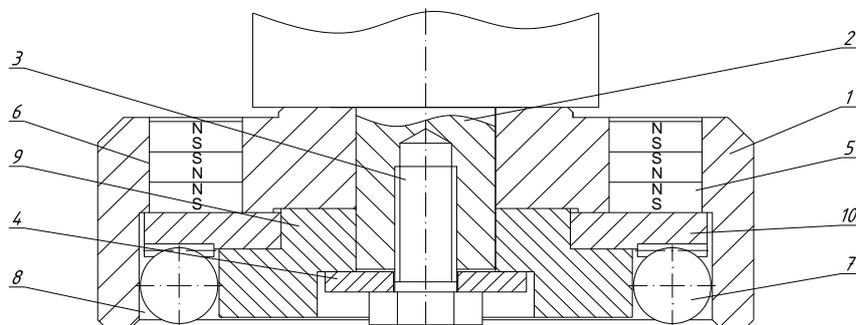


Рис. 2. Однорядный инструмент для упрочнения плоских поверхностей

Инструмент состоит из корпуса 1, закрепленного на оправке 2 с помощью крепежного винта 3 и шайбы 4. В качестве магнитной системы используются дисковые магниты 5 с осевой намагниченностью, расположенные в каналах 6 корпуса 1 инструмента. Каналы 6 изготовлены в корпусе 1 с равномерным угловым шагом. Деформирующие элементы 7 размещены в кольцевой камере 8, образованной корпусом 1 инструмента и втулкой 9. До-

4 С.А. Баранов, В.Д. Фокин, В.И. Зенова, С.А. Сухоцкий

полнительно инструмент снабжен диском 10, имеющим на торце опорную периодическую поверхность, развертка которой представляет собой синусоиду или другую периодическую кривую. Характеристики опорной периодической поверхности выбираются в соответствии с диаметром деформирующих элементов.

Все элементы инструмента изготавливаются из немагнитопроводных материалов. Деформирующие шары 7 стандартные из шарикоподшипниковой стали ШХ15.

Упрочняющую обработку осуществляют следующим образом. Оправку 2 инструмента устанавливают в шпинделе вертикально-фрезерного станка. Инструмент вращают и перемещают с подачей S вдоль обрабатываемой поверхности. При вращении инструмента источник магнитного поля 5 притягивает к себе деформирующие элементы 7 в направлении от детали. Деформирующие элементы 7 вследствие этого входят в контакт с опорной периодической поверхностью. Окружная скорость вращения диска 10 превышает окружную скорость деформирующих элементов 7. Вследствие этого деформирующие элементы 7 окатываются по опорной периодической поверхности 7 и получают колебательное перемещение в направлении к упрочняемой поверхности детали. Регулярно отрываясь от опорной периодической поверхности диска 10 деформирующие элементы 7 на скорости сталкиваются с деталью и осуществляют упрочнение её поверхностного слоя. При этом деформирующие элементы 7 за счет энергии магнитного поля приобретают высокую динамическую активность и осуществляют упрочнение с высокой производительностью.

Применение разработанного накатника позволяет осуществлять высокопроизводительную обработку поверхностным пластическим деформированием плоские поверхности деталей машин.

Литература

1. *Одинцов, Л. Г.* Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. *Смелянский, В. М.* Механика упрочнения поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования / В. М. Смелянский. – М. : МАШМИР, 1992. – 60 с.
3. *Шнейдер, Ю. Г.* Инструменты для чистовой обработки металлов давлением / Ю. Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, 1971. – 248 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
5. Технологические основы финишной упрочняющей пневмовибродинамической обработки нежестких деталей в машиностроении / А. П. Минаков [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 251 с.
6. *Свирица, Д. М.* Технологическое обеспечение качества внутренней цилиндрической поверхности деталей магнитно-динамическим накатыванием : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Д. М. Свирица. – Могилев, 2013. – 163 л.

Баранов Сергей Алексеевич

Студент машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(44) 7392092
E-mail: baranov98sa@mail.ru

Фокин Владислав Дмитриевич

Студент машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(44) 5595785
E-mail: fokin_mogilev@mail.ru

Зенова Вероника Игоревна

Студентка машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(25) 7284529
E-mail: veronika-zenovo@mail.ru

Сухоцкий Сергей Александрович

Старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(29) 5432150
E-mail: darwin_serg@mail.ru

