

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

*И.А. Тарадейко, А. М. Довгалев*

Описано влияние поверхностного пластического деформирования на качественные характеристики поверхностного слоя деталей машин. Представлены основные схемы модификации поверхностного слоя деталей машин поверхностно-пластическим деформированием. Определены основные преимущества и недостатки данных методов. Приведены схемы магнитно-динамического упрочнения, обеспечивающие силовое взаимодействие деформирующих шаров с деталью за счет энергии магнитного поля.

Ключевые слова: пластическое деформирование; модификация; поверхностный слой; магнитно-динамическое упрочнение; инструмент; магнитное поле; деформирующий шар; приводные шары.

Важнейшей задачей для машиностроения Республики Беларусь является повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий с целью их активного продвижения на рынки стран СНГ и дальнего зарубежья. Решение этой задачи предусматривает повышение долговечности, надежности изготавливаемых изделий и снижение их себестоимости.

Долговечность деталей машин во многом определяется качественными характеристиками поверхностного слоя. Среди известных способов повышения эксплуатационных свойств поверхностей деталей наиболее эффективным является метод поверхностного пластического деформирования (ППД), в два и более раза увеличивающий износостойкость и долговечность упрочняемой детали [1-4].

Поверхностное пластическое деформирование повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей. При упрочнении методом ППД изменяется микроструктура и физико-механические свойства поверхностного слоя металла; повышаются его микротвердость и прочность; возникают благоприятные остаточные напряжения сжатия; формируется необходимая топография микронеровностей [1, 2, 3].

Большой вклад в разработку теоретических основ упрочнения деталей машин методами ППД внесли И.В. Кудрявцев, Е.Г. Коновалов, Д.Д. Папшев, Ю.Г. Проскуряков, Ю.Г. Шнейдер, П.Г. Алексеев, В.М. Торбило, Л.А. Хворосухин, В.М. Смелянский, А.П. Минаков, И.П. Филонов, М.М., Жасимов и многие другие [1-16].

В настоящее время накоплен большой объем информации об исследованиях существующих разновидностей методов ППД, инструментов и упрочняющих устройств, доказывающих неоспоримое их преимущество применения в технологических процессах изготовления деталей машин.

Известные методы ППД, схемы реализации которых представлены на *рисунке 1*, подразделяются на:

- статические (алмазное выглаживание, обкатывание и раскатывание шариковыми или роликовыми инструментами), *рисунке 1, а-в*;
- динамические (дробеструйная обработка, импульсно-ударное упрочнение и др.), *рисунке 1, г-е*;
- неуравновешенные (обработка ведется только с одной стороны детали), *рисунок 1, а, в, г, д*;
- уравновешенные (обработка ведется с диаметрально-противоположных сторон детали или по всей поверхности детали одновременно), *рисунке 1, б, е*.

Статические методы ППД, в свою очередь, подразделяются на:

- жесткие (деформирующий инструмент закреплен непосредственно в резцедержателе станка, а усилие деформирования обеспечивается «натягом» между обрабатываемой поверхностью и инструментом), *рисунке 1, в*;

- упругие (деформирующий элемент прижимается к обрабатываемой поверхности пружиной или может упруго смещаться под действием центробежной или другой силы), *рисунке 1, а, б, г, д, е*.

Существующие динамические методы ППД для создания силового взаимодействия между деформирующим элементом и деталью используют различные виды энергии: механическую (*рисунке 1, г*); сжатия пружины (*рисунке 1, а, б*); сжатого воздуха (*рисунке 1, д, е*); магнитного поля (*рисунке 1, ж, е*).

Как показала практика, наиболее эффективными являются динамические методы ППД. Однако существующие динамические схемы упрочняющей обработки не позволяют эффективно снижать шероховатость поверхности и для их осуществления требуется внешний источник энергии, что усложняет процесс упрочнения и конструкцию инструмента.

На *рисунке 1, г* представлена неуравновешенная схема центробежно-ударной обработки. Деталь 1 закрепляют в центрах станка. Деформирующие шары 3 устанавливают в радиальных пазах оправки 3, соединенной через муфту 4 с электродвигателем 5. Детали сообщают вращение, а инструмент вращают и перемещают с продольной подачей. Данный метод не позволяет эффективно снижать исходную шероховатость и требует дополнительной высокоскоростной привод инструмента.

На *рисунке 1, д* показана неуравновешенная схема пневмовибродинамической обработки. Деталь 1 закреплена в центрах. Деформирующие элементы 2 установлены в кольцевой камере оправки 3. Сжатый воздух из отверстия 4 подается через тангенциальные камеры в кольцевую камеру инструмента, что обеспечивает сообщение деформирующим шарам вращения и колебаний. Однако данный метод обработки использует внешний источник энергии в виде сжатого воздуха.

Высокую эффективность упрочнения имеет метод пневмовибродинамической обработки, изображенный на *рисунке 1, е*. Детали 1 сообщают вращение, а оправке 2 – движение продольной подачи. Деформирующие элементы 3 приводятся в колебательное движение путем периодической подачи сжатого воздуха в радиальные пазы 4. Недостатком данной схемы обработки является необходимость использования энергии сжатого воздуха.

Большой научный и практический интерес представляет метод магнитно-динамического упрочнения, при котором на деформирующие шары и упрочняемый поверхностный слой магнитопроводной детали оказывают энергетическое воздействие магнитным полем. Метод магнитно-динамического упрочнения позволяет интенсивно снижать исходную шероховатость поверхности с Ra 6,3 – 12 мкм до 0,8 – 0,2 мкм, осуществлять упрочняющую обработку с высокой производительностью (с подачей инструмента 100 – 1000 мм/мин), модифицировать поверхностный слой детали на глубину до 0,6 мм, формировать на поверхности детали маслоудерживающий рельеф и повышать износостойкость поверхности деталей в 2,1 – 3,5 раза [17-19].

На *рисунке 1, ж* показана схема осуществления магнитно-динамического раскатывания отверстия детали. Деталь 1 закрепляют в технологическом приспособлении, а инструмент – в шпинделе станка. Инструмент содержит оправку 2, корпус 3, кольцевую камеру 4, деформирующие шары 5, источник магнитного поля 6. Оправке 2 инструмента сообщают вращение и перемещают с подачей вдоль обрабатываемой поверхности.

- Схема упрочнения плоской поверхности детали магнитно-динамическим накатыванием изображена на *рисунке 1, з*. Накатный инструмент содержит оправку 1, корпус 2, сообщающиеся кольцевые камеры 3, 4 и установленные в них приводные 5 и деформирующие 6 шары соответственно. Инструмент снабжен магнитной системой, предназначенной для вращения приводных шаров 5, состоящей из кольцевого постоянного магнита 7 и магнитопровода 8. Деталь 9 закрепляют на столе, а оправку 1

инструмента – в шпинделе станка. Детали и инструменту сообщают относительное движение подачи. В процессе вращения инструмента магнитное поле инструмента перемещает приводные шары 5 инструмента. В процессе вращения приводные шары 5 периодически взаимодействуют с деформирующими шарами 6. Деформирующие шары 6 контактируют с обрабатываемой поверхностью и передают ей энергию удара. В результате поверхностный слой детали модифицируется упрочняющей обработкой, а на поверхности детали формируется маслоудерживающий рельеф с высокими эксплуатационными свойствами.

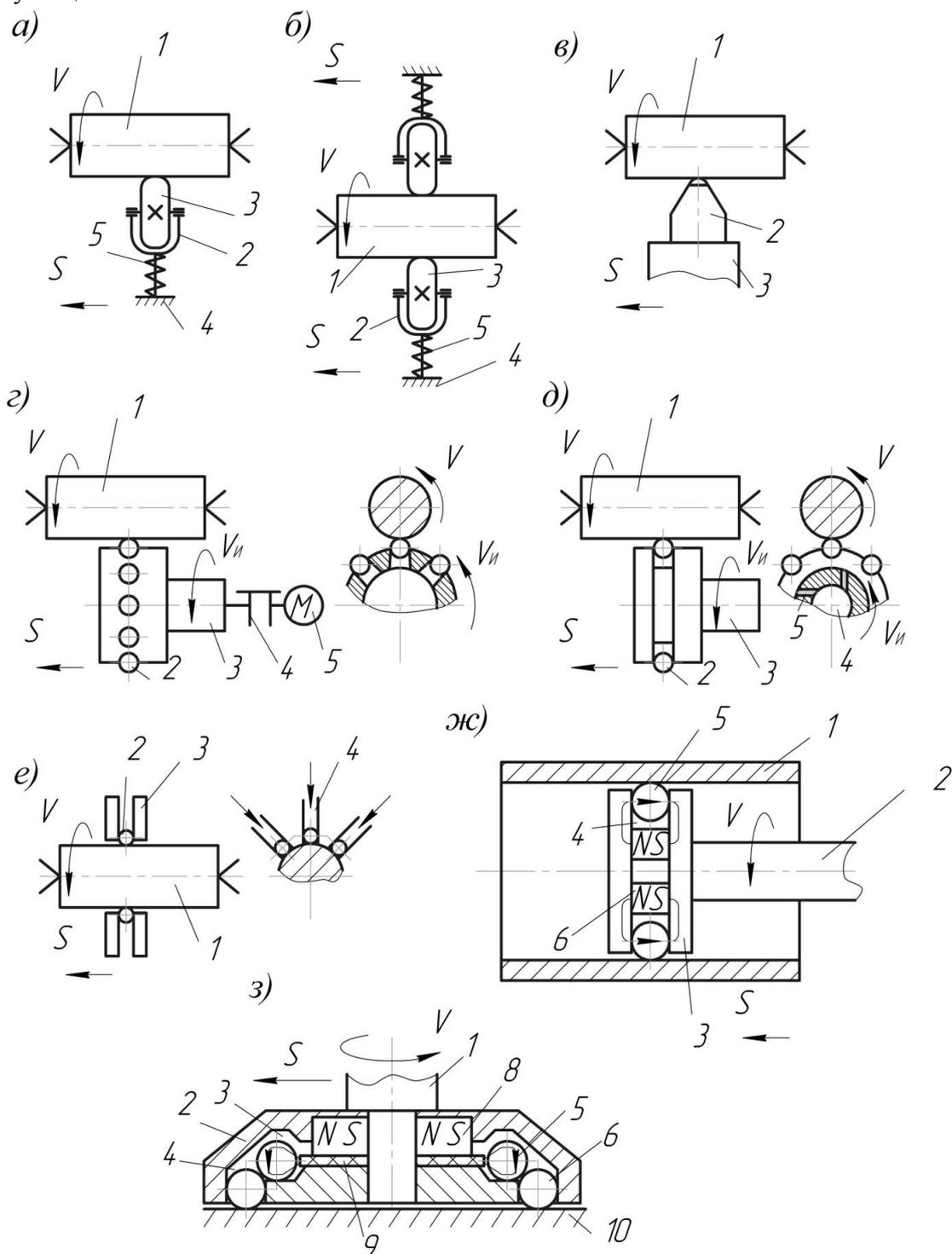


Рис.1 - Схемы модификации поверхностей деталей поверхностно-пластическим деформированием (а – обкатка роликовым инструментом; б – обкатка роликовой головкой; в- алмазное выглаживание; г- центробежно-ударная обработка; д – пневмовибродинамическая обработка; е – пневмовибродинамическая уравновешенная обработка; жс – магнитно-динамическое раскатывание; з – магнитно-динамическое накатывание)

Литература

1. *Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А.* Чистовая и упрочняющая обработка поверхностей. – Мн.: Высшая школа, 1968. – 364с.
2. *Жасимов М.М.* Управление качеством деталей при поверхностном пластическом деформировании. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 208 с.
3. *Яцерицин П.И., Минаков А.П.* Упрочняющая обработка нежестких деталей в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 215 с.
4. *Минаков А.П., Бунос А.А.* Технологические основы пневмовибродинамической обработки нежестких деталей / Под ред. *П.И. Яцерицина*. Мн.: Наука и техника 1995. – 304 с.
5. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / *Л.А. Хворостухин* и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
6. *Алексеев П.Г.* Машинам быть долговечными. – Тула: Приокское книжное издательство, 1973. – 136 с.
7. *Браславский В.М.* Технология обработки крупных деталей роликами. – М.: Машиностроение, 1975. – 160 с.
8. *Шнейдер Ю.Г.* Инструменты для чистовой обработки металлов давлением. – Л.: Машиностроение, 1971. – 248 с.
9. *Коновалов Е.Г., Чистосердов П.С., Флюменблит А.И.* Ротационная обработка поверхностей с автоматической подачей. – Мн.: Высшая школа, 1976 – 190с.
10. *Кудрявцев И.В.* Методы поверхностного упрочнения деталей машин. – М.: Машгиз, 1949. – 222 с.
11. *Патшев Д.Д.* Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
12. *Проскуряков Ю.Г.* Технология упрочняюще-калибрующей и формообразующей обработки металлов. – М.: Машиностроение, 1971. - 208 с.
13. *Смелянский В.М.* Исследование процесса алмазного выглаживания жестким инструментом: Дис. канд. техн. наук, 05.02.08 – Утв. 18.04.69. – М., 1969. 229 с.
14. *Торбило В.М.* Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972. – 104 с.
15. *Чена П.А.* Технологические основы упрочнения деталей поверхностным деформированием. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 128 с.
16. *Шнейдер Ю.Г.* Эксплуатационные свойства деталей с регулярным рельефом. – Л.: Машиностроение, 1982. – 246 с.
17. *Довгалев А.М.* Классификация инструментов для магнитно-динамического упрочнения / *А.М. Довгалев, Д.М. Свирепа, Д.М. Рыжанков*// Вестн. Белорусско-Российского университета. Машиностроение: науч.-метод. журнал/редкол.: И.С. Сазонов [и др]. –Могилев, 2008. – № 2. – с. 30 – 38.
18. *Довгалев А.М.* Математическое моделирование процесса магнитно-динамического раскатывания / *А.М. Довгалев, И.И. Маковецкий, Д.М. Свирепа* // Вестн. Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 4. – с. 26 – 30.
19. *Довгалев А.М.* Математическое моделирование магнитно-динамического инструмента для упрочняющей обработки плоских поверхностей / *А.М. Довгалев, Н.А. Леванович, С.А. Сухоцкий, Д.М. Свирепа* // Вестн. Белорусско – Российского университета. – 2010. – №4. – с. 55 – 65.

**Тарадейко Иван Анатольевич**

Студент машиностроительного факультета по специальности «Металлорежущие станки»

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(33) 659-38-68

E-mail: IvanTaradeiko@yandex.ru

**Довгалев Александр Михайлович**

Доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375 (29) 345-40-56