

УДК 621.787

А. М. Довгалев, И. А. Тарадейко

**СОВМЕЩЕННОЕ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ НАКАТЫВАНИЕ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ
ТОКАРНОЙ ГРУППЫ**

UDC 621.787

A. M. Dovgalev, I. A. Taradeiko

**COMBINED MAGNETIC DYNAMIC ROLLING OF CYLINDRICAL SURFACES
OF WORKPIECES USING TURNING MACHINES**

Аннотация

Представлены конструкции инструментов для совмещенной отделочно-упрочняющей обработки внутренних и наружных цилиндрических поверхностей деталей концентрированным потоком энергии вращающегося магнитного поля и магнитно-динамическим накатыванием на станках токарной группы.

Ключевые слова:

вращающееся магнитное поле, совмещенное накатывание, комбинированный инструмент, магнитная система, поверхностное упрочнение, деформирующие шары.

Abstract

The paper presents the design of tools for combined finishing and strengthening treatment of internal and external cylindrical surfaces of workpieces by applying a concentrated flow of energy created by a rotating magnetic field and the magnetic dynamic rolling performed on turning machines.

Key words:

rotating magnetic field, combined rolling, combination tool, magnetic system, surface strengthening, deforming balls.

Введение

Для повышения качественных характеристик и эксплуатационных свойств поверхностей деталей разработано достаточно большое количество методов поверхностного упрочнения, к которым относятся воздействие концентрированным потоком энергии (электронно-лучевая, ионно-плазменная, лазерная обработки и др.), термическая и химико-термическая обработки (высокочастотная закалка, лазерная закалка, ионное азотирование, нитроцементация, борирование и др.), магнитная упрочняющая обработка (упрочнение постоянным, переменным

и импульсным магнитным полем) [1–3].

Однако указанные методы упрочняющей обработки не находят широкого применения, т. к. осуществляются на сложном технологическом оборудовании, в большинстве случаев имеют высокую температуру воздействия, требуют предварительной подготовки поверхности под упрочнение, не обеспечивают формирование микрорельефа на поверхности деталей, характеризуются высокой трудоемкостью и себестоимостью.

В сравнении с известными способами упрочнения преимущество имеют динамические методы поверхностного пластического деформирования (ППД), применяемые для обработки как мелких,



так и крупногабаритных деталей, являющиеся экологически безопасными, позволяющие получить микрорельеф с низкой шероховатостью, обеспечить модификацию поверхностного слоя, сформировать благоприятные остаточные напряжения, повысить усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость поверхностей деталей [4, 5].

К числу перспективных относится способ совмещенной отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей концентрированным потоком энергии вращающегося магнитного поля и магнитно-динамическим накатыванием (далее – совмещенное магнитно-динамическое накатывание).

Согласно разработанному способу совмещенного магнитно-динамического накатывания (СМДН) на упрочняемую поверхность ферромагнитной детали одновременно воздействуют колеблющимися деформирующими шарами и вращающимся магнитным полем инструмента с индукцией 0,10...1,20 Тл. При этом деформирующие шары, свободно установленные в кольцевой камере, получают колебательные движения за счет периодического воздействия на них магнитным полем инструмента [6–8].

Представленный способ позволяет существенно повысить качественные и эксплуатационные свойства упрочненных поверхностей ферромагнитных деталей. Однако СМДН поверхностей в условиях единичного и серийного производства осуществляют, как правило, на станках сверлильно-фрезерно-расточной группы с применением специальных инструментов. Использование указанных станков требует вертикального расположения обрабатываемых деталей, допустимая высота которых ограничена длиной рабочего хода инструмента. Данная особенность не позволяет осуществлять совмещенную отделочно-упрочняющую обработку поверхностей крупногабаритных деталей.

Постановка задачи

Важным направлением усовершенствования процесса СМДН является разработка инструментов для его реализации на станках токарной группы, имеющих достаточно большую длину направляющих и позволяющих осуществлять отделочно-упрочняющую обработку крупногабаритных деталей, в том числе нежестких, имеющих внутренние и наружные цилиндрические поверхности. К числу таких деталей относятся трубы, цилиндры, гильзы, втулки, штоки, валы и т. п.

Основная часть

В соответствии с поставленной задачей разработаны конструкции инструментов для СМДН внутренних и наружных цилиндрических поверхностей деталей на станках токарной группы.

На рис. 1, а изображен инструмент для совмещенной отделочно-упрочняющей обработки внутренних цилиндрических поверхностей тел вращения, имеющих относительно большие диаметральные размеры. Масштабные характеристики такого инструмента достаточно велики, в связи с этим предусматривается его надежное закрепление в патроне и пиноли токарного станка.

Инструмент имеет следующие основные элементы: скалку 1; ступицы 2, 3, образующие кольцевую камеру 4; деформирующие шары 5; магнитную систему, в состав которой входят постоянные цилиндрические магниты 6, держатель 7 с аксиальными отверстиями 8, магнитопроводная шайба 9; соединительные элементы 10, 11; цилиндрическую направляющую 12; пружину 13; ферромагнитную втулку 14; толкатель 15.

Цилиндрические постоянные магниты 6 установлены с равномерным угловым шагом в аксиальных отверстиях 8 и воздействуют магнитным полем на



деформирующие шары 5, свободно расположенные в кольцевой камере 4. Цилиндрическая направляющая 12 закреплена на пиноли 16 задней бабки соосно оси центров станка, а толкатель 15 – в резцедержателе 17 станка. Скалка 1, ступицы 2, 3, держатель 7 изготовлены из немагнитопроводных материалов.

Обрабатываемый ферромагнитный цилиндр 18 устанавливают наружной поверхностью в цилиндрической направляющей 12 до контакта с ферромагнитной втулкой 14. Скалку 1 инструмента закрепляют в патроне 19 и перемещением пиноли 16 поджимают вращающимся центром 20 станка. Магнитное поле от постоянных цилиндрических магнитов 6 замыкается на магнитопроводные элементы технологической системы: деформирующие шары 5; магнитопроводную шайбу 9 и ферромагнитную втулку 14 (а в процессе обработки – и на внутреннюю поверхность ферромагнитного цилиндра 18).

Шпинделю станка с патроном 19 сообщают вращение, а резцедержателю 17 – осевое движение подачи. При этом скалка 1 получает вращение, а упрочняемый цилиндр 18 смещает в осевом направлении втулку 14 с заданной скоростью. Под периодическим действием магнитного поля от цилиндрических постоянных магнитов 6 деформирующие шары 5 получают радиальные колебания и осуществляют динамическое поверхностное пластическое деформирование. Одновременно на поверхностный слой упрочняемого ферромагнитного цилиндра 18 действует концентрированный поток энергии вращающегося магнитного поля инструмента, силовые линии которого замыкаются на него посредством деформирующих шаров 5 и магнитопроводной шайбы 9.

Комплексное магнитно-силовое воздействие на поверхностный слой ферромагнитного цилиндра 18 позволяет повысить его качественные и

эксплуатационные свойства.

По окончании процесса совмещенной упрочняющей обработки шпиндель станка останавливают и возвращают резцедержатель 17 в исходное положение. Скалку 1 инструмента и упрочняемый цилиндр 18 снимают. После установки очередного цилиндра из обрабатываемой партии цикл обработки повторяют.

Некоторым недостатком описанного инструмента (см. рис. 1, а) является необходимость его временного снятия со станка после упрочняющей обработки очередного цилиндра, что снижает производительность процесса.

На рис. 1, б описана конструкция инструмента с малыми массогабаритными характеристиками без указанного недостатка. Такой инструмент предусматривает консольное крепление в патроне токарного станка при упрочнении внутренней поверхности цилиндров.

Инструмент содержит оправку 1, кольца 2, 3 с равномерно расположенными по окружности аксиальными отверстиями 4, 5, кольцевую камеру 6, деформирующие шары 7, две независимые магнитные системы. Магнитная система, предназначенная для сообщения деформирующим шарам 7 колебательных движений, выполнена из держателя 8 с радиальными отверстиями 9 и цилиндрических постоянных магнитов 10. Магнитная система для обеспечения воздействия на поверхность ферромагнитного цилиндра концентрированным потоком вращающегося магнитного поля имеет цилиндрические постоянные магниты 11, 12, установленные в аксиальных отверстиях 4, 5 и магнитопроводные шайбы 13, 14. Инструмент также включает стакан 15 с цилиндрической поверхностью 16, конус 17 с центральным отверстием 18, стержень 19, пружину 20, вращающийся центр 21 и подшипник 22.



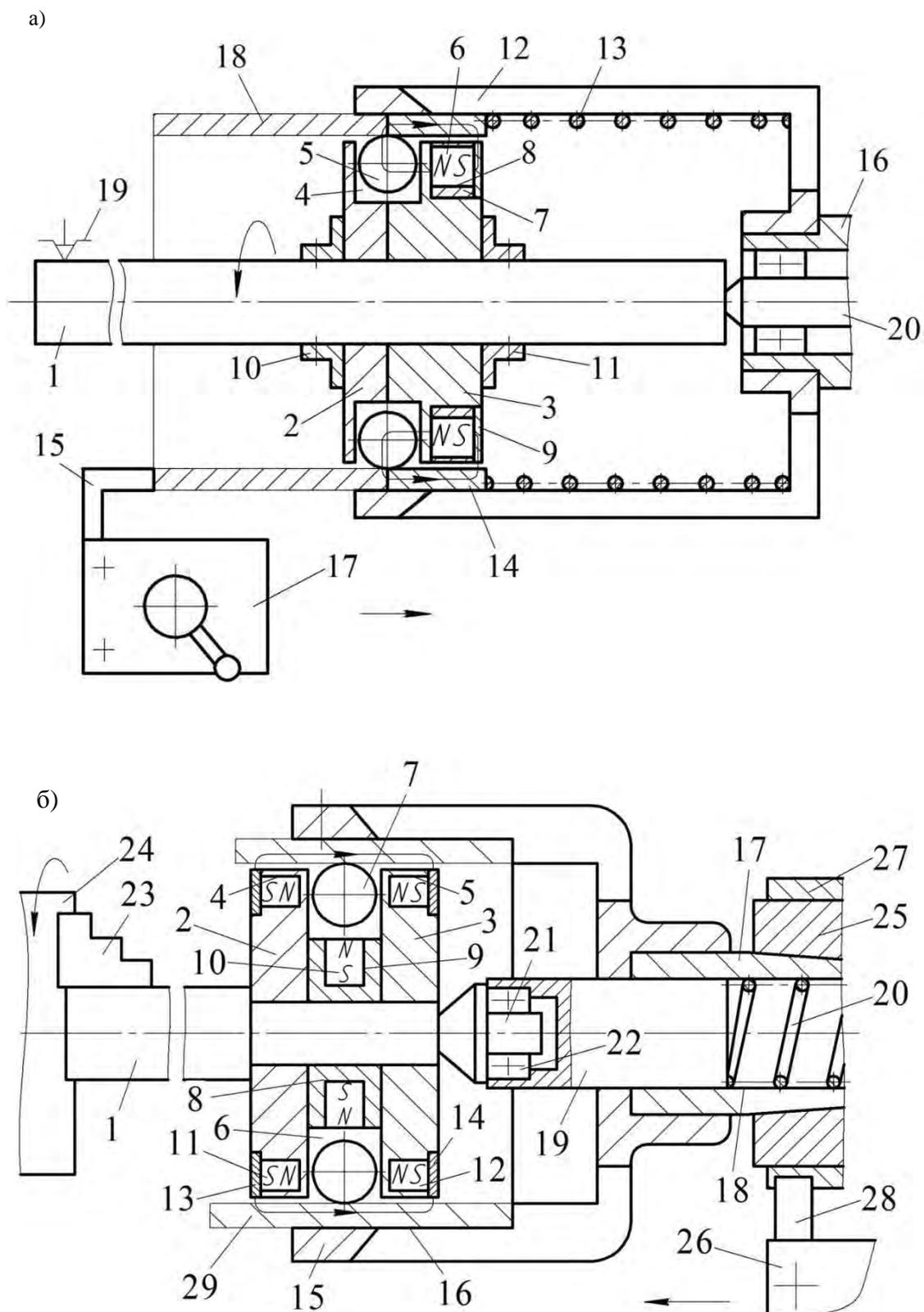


Рис. 1. Конструкции инструментов для СМДН внутренней поверхности цилиндров на станках токарной группы: а – для обработки крупногабаритных цилиндров; б – для обработки малогабаритных цилиндров



Оправка 1, кольца 2, 3, держатель 8 выполнены из немагнитопроводных материалов и установлены соосно. Стержень 19 входит в центральное отверстие 18 конуса 17 и поджимается пружиной 20.

Стакан 15 жестко соединен с конусом 17. Оправку 1 закрепляют консольно в кулачках 23 патрона 24, а конус 17 устанавливают в пиноли 25 станка. Резцедержатель 26 соединен с задней бабкой 27 станка посредством тяги 28.

Резцедержатель 26 и бабку 27 станка перемещают в крайнее правое положение. Обрабатываемый ферромагнитный цилиндр 29 вводят в отверстие 16 стакана 15. Резцедержатель 26 перемещают до совмещения левого торца ферромагнитного цилиндра 29 с плоскостью симметрии кольцевой камеры 6. Оправке 1 инструмента сообщают вращение, а цилиндру 29 (посредством резцедержателя 26) – движение подачи. На упрочняемую поверхность ферромагнитного цилиндра 29 одно-

временно воздействуют колеблющимися деформирующими шарами 7 (получающими энергию от периодически действующего магнитного поля постоянных цилиндрических магнитов 10) и вращающимся магнитным полем, создаваемым цилиндрическими постоянными магнитами 11, 12 и введенным в зону обработки магнитопроводными шайбами 13, 14. Совмещенная упрочняющая обработка обеспечивает модификацию поверхностного слоя и формирование высоких качественных и эксплуатационных характеристик поверхности ферромагнитного цилиндра 29.

Анализ конструкций инструментов, представленных на рис. 1 показывает, что они не позволяют осуществлять упрочняющую обработку цилиндров большой длины.

Для решения такой задачи разработан многосекционный инструмент, предусматривающий базирование цилиндра большой длины в технологическом приспособлении, установленном на суппорте токарного станка (рис. 2).

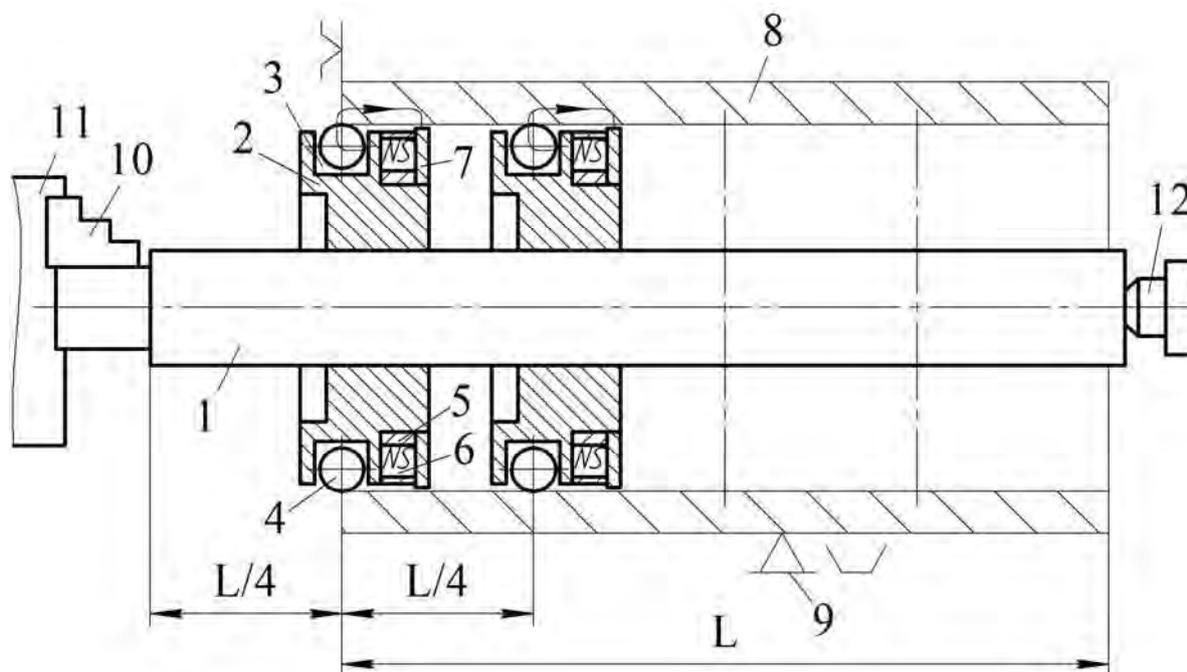


Рис. 2. Инструмент для СМДН внутренней поверхности цилиндров большой длины



Инструмент включает: скалку 1, осевой размер которой превышает длину упрочняемого цилиндра; две и более рабочих секции, каждая из которых имеет цилиндрический корпус 2, кольцевую камеру 3, деформирующие шары 4. Кроме того, инструмент снабжен магнитной системой, содержащей держатель 5, цилиндрические постоянные магниты 6 и магнитопровод 7. Скалка 1, корпус 2 и держатель 5 выполнены из немагнитопроводных материалов. Корпус 2 закреплен соосно скалке 1. Количество рабочих секций инструмента выбирают в зависимости от требуемой производительности упрочняющей обработки. Для примера на рис. 2 расстояние между деформирующими шарами 4 двух смежных секций принято равным $L/4$ (где L – длина обрабатываемого цилиндра).

Ферромагнитный цилиндр 8 устанавливают соосно оси центров станка в технологическом приспособлении 9, расположенном на суппорте станка. В полость отверстия цилиндра 8 вводят скалку 1 и закрепляют ее в кулачках 10 патрона 11, а затем поджимают вращающимся центром 12 станка. Перемещением суппорта станка совмещают плоскость вращения деформирующих шаров 4 крайней секции инструмента с торцом обрабатываемого цилиндра 8. Скалке 1 сообщают вращение и перемещают суппорт с осевой подачей. Деформирующие шары 4 под действием магнитного поля осуществляют динамическое поверхностное пластическое деформирование цилиндра 8. Одновременно на зону деформирования действует вращающееся магнитное поле инструмента. Комплексное магнитно-силовое упрочнение обеспечивает высокие качественные и эксплуатационные показатели поверхностного слоя отверстия цилиндра 8.

При достижении величины рабочего хода инструмента значения $L/4$ обработку останавливают. Кулачки 10 патрона 11 разжимают и отводят вра-

щающийся центр 12. Скалку 1 инструмента выводят из полости цилиндра 8. В технологическом приспособлении 9 цилиндр 8 переустанавливают, осуществив его поворот на 180° . Далее цикл обработки повторяют, выполняется окончательное упрочнение оставшейся поверхности цилиндра 8.

Особенностью описанных выше инструментов является необходимость их снятия со станка после обработки очередной детали, что несколько снижает производительность процесса упрочнения.

На рис. 3 изображен инструмент для реализации СМДН внутренней поверхности в условиях серийного производства с высокой производительностью, требующий только установки и снятия упрочняемой втулки.

Инструмент содержит следующие основные элементы: корпус 1 с конической наружной поверхностью 2; шток 3; пружину возврата 4; кольца 5, 6; деформирующие шары 7; кольцевую камеру 8; магнитные системы для сообщения деформирующим шарам рабочих колебательных движений и магнитного воздействия на поверхностный слой обрабатываемой детали, состоящие соответственно из обоймы 9 с радиальными отверстиями 10, цилиндрических постоянных магнитов 11 и держателя 12 с аксиальными отверстиями 13, цилиндрических постоянных магнитов 14, магнитопровода 15; кондуктор 16; вращающийся центр 17; подшипник 18; державку 19.

Корпус 1, шток 3, кольца 5, 6, держатель 12 выполнены из немагнитопроводных материалов. Кондуктор 16 закреплен на передней бабке 20 токарного станка соосно оси центров станка, а вращающийся центр 17 установлен соосно штоку 3 в державке 19, закрепленной в резцедержателе 21 станка. Корпус 1 конической поверхностью установлен в отверстии шпинделя 22 станка.

Отделочно-упрочняющую обра-

ботку осуществляют следующим образом. Ферромагнитную втулку 23 устанавливают и закрепляют в кондукторе 16. При этом шток 3 находится в крайнем правом положении, а плоскость симметрии кольцевой камеры 8 совмещена с плоскостью торца

втулки 23. Перемещением резцедержателя 2 вводят в контакт конус вращающегося центра 17 с сопрягаемым конусом на торце штока 3. Шпинделю 22 сообщают вращение, а резцедержателю – движение осевой подачи.

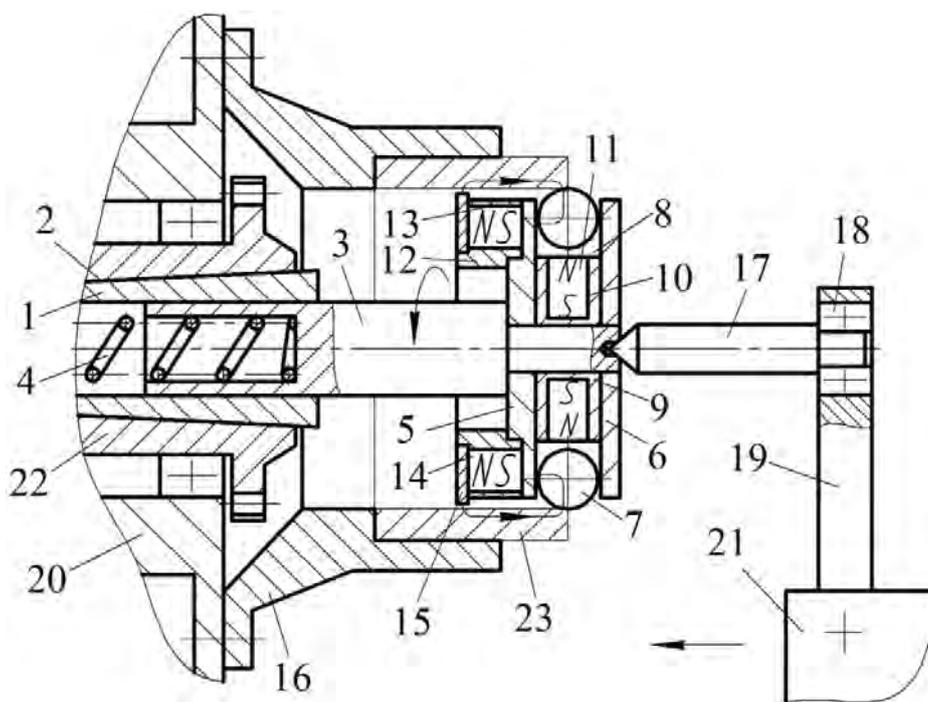


Рис. 3. Инструмент для СМДН внутренней поверхности ферромагнитной втулки

Вращающийся центр 17 сообщает движение подачи инструменту. Деформирующие шары 7 под действием магнитного поля от цилиндрических постоянных магнитов 11 вращаются относительно оси центров станка и получают радиальные колебания, осуществляя динамическое поверхностное пластическое деформирование внутренней поверхности ферромагнитной втулки 23. Одновременно на упрочняемую поверхность действует вращающееся магнитное поле инструмента, создаваемое цилиндрическими постоянными магнитами 14, силовые линии которого замыкаются на обрабатываемую втулку 23 через магнитопровод 15 и предусмотренный зазор. Совмещенная обработка

динамическим поверхностным пластическим деформированием и вращающимся постоянным магнитным полем обеспечивает повышение качественных характеристик поверхностного слоя детали.

По окончании обработки всей поверхности втулки 23 шпиндель 22 останавливают, а суппорт отводят в крайнее правое положение. Под действием пружины возврата 4 шток 3 с инструментом занимают исходное положение. Упрочненную втулку 23 снимают и устанавливают следующую из обрабатываемой партии.

На рис. 4 показана конструкция инструмента для СМДН цилиндрической поверхности нежестких валов в



условиях серийного производства.

В состав инструмента входят: корпус 1 с конической поверхностью 2, аксиальными отверстиями 3 и центральным отверстием 4; крышки 5, 6; закрытая 7 и открытая 8 кольцевые камеры; шары-отражатели 9 и деформирующие шары 10; магнитная система, включающая цилиндрические постоянные магниты 11 и магнитопроводную шайбу 12; плунжер 13; центр 14; пружина 15.

шары-отражатели 9 и деформирующие шары 10; магнитная система, включающая цилиндрические постоянные магниты 11 и магнитопроводную шайбу 12; плунжер 13; центр 14; пружина 15.

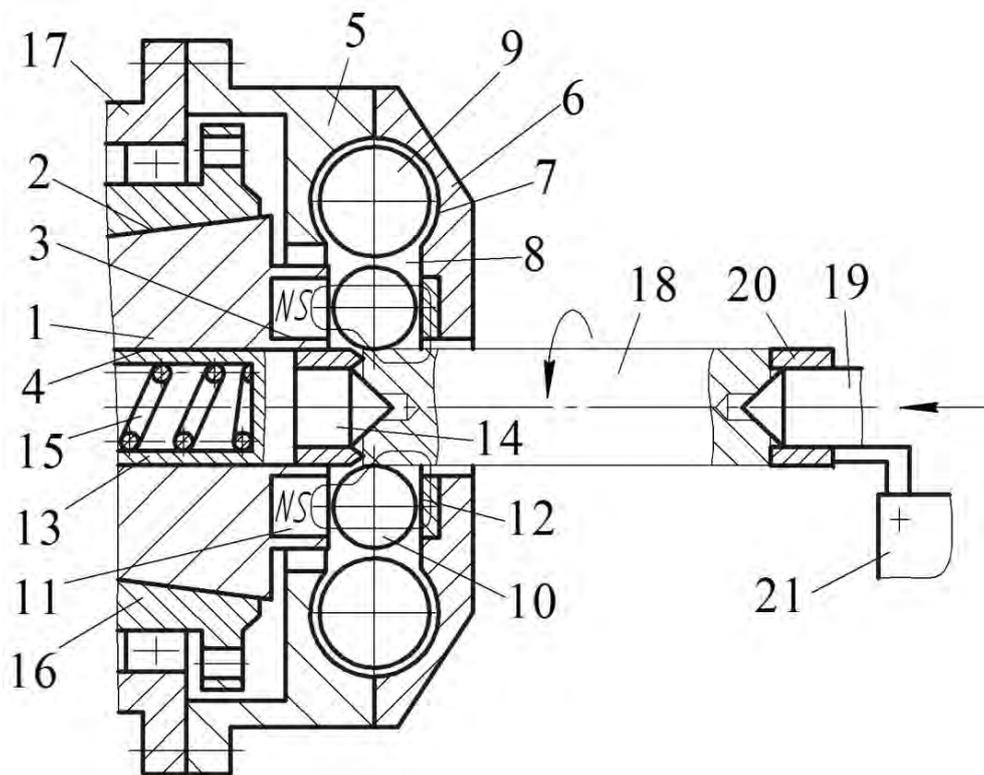


Рис. 4. Инструмент для СМДН цилиндрической поверхности валов

Цилиндрические постоянные магниты 11 установлены с равномерным угловым шагом в аксиальных отверстиях 3 корпуса 1. Кольцевые камеры 7, 8 расположены соосно оси центров станка. Корпус 1 посредством конической поверхности 2 закреплен в шпинделе 16 станка, а крышки 5, 6 – на передней бабке 17 станка. Корпус 1, крышки 5, 6, плунжер 13, центр 14 изготовлены из немагнитопроводных материалов.

Ферромагнитный вал 18 устанавливают в центрах 14, 19 и поджимают ферромагнитной втулкой 20. Деформирующие шары 10 установлены с зазором относительно шаров-отражателей 9 и цилиндрической поверхности ферромагнитного вала 18. Силовые линии маг-

нитного поля, создаваемого цилиндрическими постоянными магнитами 11, замыкаются на поверхность ферромагнитного вала 18 посредством деформирующих шаров 10 и магнитопроводной шайбы 12 (на рис. 4 силовые линии магнитного поля изображены тонкой линией). Шпинделю 16 сообщают вращение и перемещают резцедержатель 21 с толкателем 22 с осевой подачей.

Магнитным полем деформирующие шары 10 вращаются относительно линии центров станка. Под действием возникающей центробежной силы они смещаются в радиальном направлении, взаимодействуют с шарами-отражателями 9, изменяют траекторию своего движения и наносят динамические уда-

ры по цилиндрической поверхности упрочняемого вала 18. Одновременно на зону деформирования действует и вращающееся магнитное поле. Совмещенная упрочняющая обработка динамическим ППД и магнитным полем обеспечивает высокие качественные и эксплуатационные характеристики поверхности вала 18.

В процессе обработки плунжер 13 и вращающийся вал 18 смещаются вдоль оси центров станка. По окончании процесса упрочнения шпиндель 16 останавливают, а суппорт 21 отводят в крайнее правое положение. После съема упрочненного вала 18 и установки нового цикл обработки повторяют.

Так как указанный инструмент предполагает размещение вала в отверстии шпинделя станка, то целесообразной областью его использования является отделочно-упрочняющая обработка валов относительно небольших диаметральных размеров.

Описанная далее конструкция устройства приемлема для СМДН цилиндрической поверхности валов, имеющих большие диаметральные размеры.

Устройство содержит: ступенчатый вал с широким зубчатым венцом 1, шейкой 2 и цапфами 3, 4; диски 5, 6; кольцевую камеру 7; деформирующие шары 8; магнитную систему, включающую цилиндрические постоянные магниты 9 и магнитопроводную шайбу 10. В состав устройства также входят шпиндель 11, приводное зубчатое колесо 12, центра 13, 14, пружина 15, ферромагнитная втулка 16, подшипники 17, 18. Диски 5, 6 изготовлены из немагнитопроводного материала и закреплены соосно на шейке 2 ступенчатого вала. Цапфы 3, 4 ступенчатого вала установлены соответственно в подшипниках 17, 18 и соединены с суппортом станка посредством ступиц. Приводное зубчатое колесо 12 введено в зацепление с широким зубчатым венцом 1 (рис. 5, а).

Упрочняемый ферромагнитный вал 19 закрепляют в центрах 13, 14 и

прижимают к его правому торцу ферромагнитную втулку 16, установленную соосно и имеющую одинаковый с валом диаметральный размер. Шпинделю 11 сообщают вращение, а суппорту с установленным на нем с возможностью вращения ступенчатым валом – движение осевой подачи. Под действием магнитного поля, создаваемого цилиндрическими постоянными магнитами 9 (установленными с равномерным угловым шагом в диске 6), деформирующие шары 8 вращаются вокруг продольной оси шейки 2 ступенчатого вала и наносят динамические удары по цилиндрической поверхности ферромагнитного вала 19, осуществляя его поверхностное пластическое деформирование. Одновременно часть силовых линий магнитного поля инструмента (посредством деформирующих шаров 8, магнитопроводной шайбы 10 и ферромагнитной втулки 16) замыкается на поверхность вала 19, выполняя магнитное упрочнение его поверхностного слоя. Комплексное магнитно-силовое воздействие обеспечивает высокие качественные характеристики обработки.

По окончании упрочнения цилиндрической поверхности вала 19 по всей длине шпиндель 11 останавливают, а суппорт станка возвращают в исходное положение. Вал 19 снимают, а в центрах 13, 14 закрепляют очередной из обрабатываемой партии. Далее цикл обработки повторяют.

Особенностью устройства, представленного на рис. 5, б, является наличие клиноременной передачи, предназначенной для вращения инструмента при реализации процесса СМДН. Устройство имеет: шлицевую оправку 1 с шейками 2, 3; инструмент, состоящий из дисков 4, 5, кольцевой камеры 6, деформирующих шаров 7, цилиндрических постоянных магнитов 8, установленных в отверстиях 9 с равномерным угловым шагом, магнитопроводной шайбы 10; ведомый шкив 11.



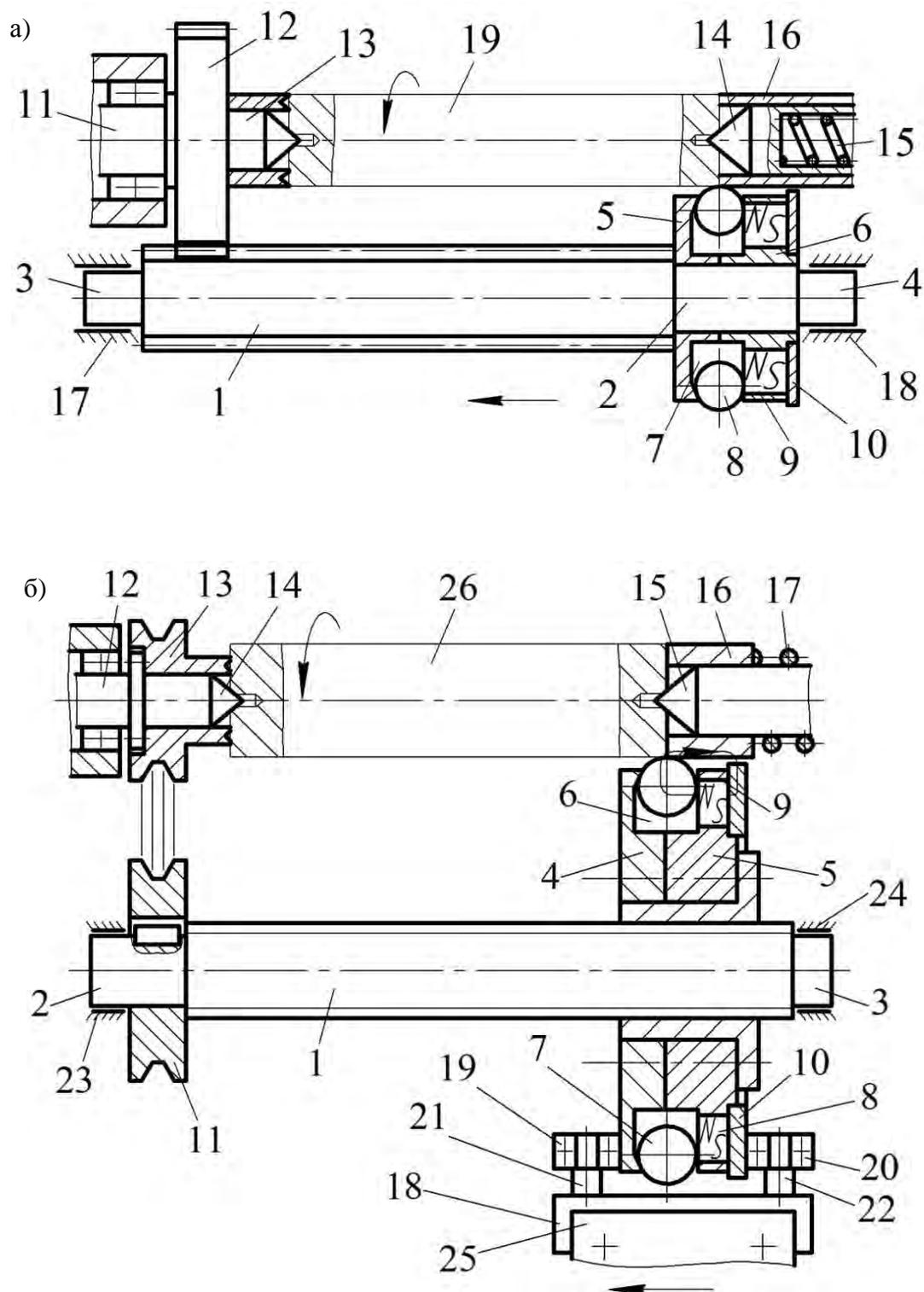


Рис. 5. Схема осуществления СМДН поверхности вала на токарном станке: а – посредством зубчатой передачи; б – посредством ременной передачи



Устройство также включает: шпиндель 12, ведущий шкив 13; центра 14, 15; ферромагнитную втулку 16; пружину 17; вилку 18 с подшипниками качения 19, 20, установленными на осях 21, 22.

Диски 4, 5 изготовлены из немагнитопроводных материалов и установлены с возможностью осевого перемещения по шлицевой оправке 1, соединенной с корпусными элементами станка посредством подшипников 23, 24.

Вилка 18 закреплена в резцедержателе 25 станка, а подшипники качения 19, 20 охватывают диски 4, 5 инструмента.

Упрочняемый ферромагнитный вал 26 устанавливается в центрах 14, 15 и поджимается ферромагнитной втулкой 16. Плоскость расположения геометрических центров деформирующих шаров 7 инструмента совмещают с плоскостью правого торца вала 26. Шпиндель 13 сообщает вращение, а резцедержателю 25 станка – движение осевой подачи.

Посредством клинового ремня 26 шлицевая оправка 1 с инструментом получают вращение. Одновременно инструмент смещается вдоль оси шли-

цевой оправки 1. Под действием возникающей центробежной силы деформирующие шары наносят динамические удары по цилиндрической поверхности вала 26. Одновременно осуществляется упрочнение поверхности вращающимся магнитным полем, силовые линии которого от цилиндрических постоянных магнитов 8 замыкаются на нее посредством деформирующих шаров 7 и магнитопроводной шайбы 10. В результате СМДН обеспечиваются высокие характеристики качества поверхностного слоя вала 26.

Заключение

В работе представлены конструкции высокопроизводительных инструментов и устройств для СМДН цилиндрических внутренних и наружных поверхностей тел вращения в условиях серийного производства. Инструменты содержат магнитную систему на основе цилиндрических постоянных магнитов и обеспечивают высокие качественные и эксплуатационные характеристики упрочняемого поверхностного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения : в 2 т. / М. С. Поляк. – Москва : Машиностроение, 1995. – Т. 1. – 832 с.
2. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения : в 2 т. / М. С. Поляк. – Москва : Машиностроение, 1995. – Т. 2. – 688 с.
3. Степанова, Т. Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин : учебное пособие / Т. Ю. Степанова. – Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2009. – 64 с.
4. Технология и инструменты для отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник в 2 т. / Под общ. ред. А. Г. Суслова. – Москва : Машиностроение, 2014. – Т. 1. – 480 с.
5. Технология и инструменты для отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник в 2 т. / Под общ. ред. А. Г. Суслова. – Москва : Машиностроение, 2014. – Т. 2. – 444 с.
6. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления : пат. РФ 2068770 / А. М. Довгалев. – Оpubл. 10.11.1996.
7. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления : пат. РФ 2089373 / А. М. Довгалев. – Оpubл. 10.09.1997.



8. **Довгалец, А. М.** Магнитно-динамическое и совмещенное накатывание поверхностей нежестких деталей / А. М. Довгалец. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 266 с.

Статья сдана в редакцию 18 сентября 2017 года

Александр Михайлович Довгалец, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. E-mail: rct@bru.by.

Иван Анатольевич Тарадейко, аспирант, Белорусско-Российский университет. E-mail: IvanTaradeiko@yandex.ru.

Aleksandr Mihailovich Dovgalev, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. E-mail: rct@bru.by.

Ivan Anatolievich Taradeiko, PhD student, Belarusian-Russian University. E-mail: IvanTaradeiko@yandex.ru.

