

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23504

(13) С1

(46) 2021.08.30

(51) МПК

В 24В 31/112 (2006.01)

(54) СПОСОБ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20190386

(22) 2019.12.27

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный аграрный
технический университет"
(ВУ)

(72) Авторы: Акулович Леонид Михайлович;
Агейчик Валерий Александрович;
Миранович Алексей Валерьевич;
Сергеев Леонид Ефимович;
Ворошуха Олег Николаевич
(ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования
"Белорусский государственный аграрный
технический университет" (ВУ)

(56) АКУЛОВИЧ Л.М. и др. Особенности
магнитно-абразивной обработки с реге-
нерацией контура режущего инстру-
мента импульсным магнитным полем.
Вестник Полоцкого государственного
университета, 2018, № 11, с. 71-77.

ВУ 7903 U, 2012.

ВУ 19969 С1, 2016.

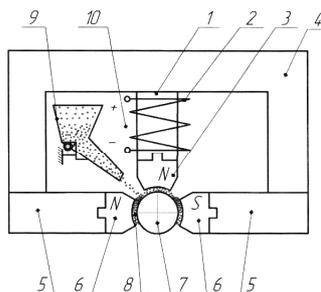
RU 2631534 С1, 2017.

SU 1816665 А1, 1993.

US 6146245 А, 2000.

(57)

1. Способ магнитно-абразивной обработки внешней поверхности детали, при котором обрабатываемую деталь устанавливают в зоне обработки, образованной между двумя обращенными друг к другу разноименными полюсами двух соосных линейных постоянных магнитов, и вращают ее вокруг оси, перпендикулярной общей оси указанных магнитов; подают в зазоры между указанными магнитами и деталью ферромагнитный абразивный порошок, прижимаемый полем магнитов к внешней поверхности детали, и одновременно создают в зоне обработки дополнительное магнитное поле посредством линейного электромагнита, обращенного полюсом к указанной зоне и перпендикулярного как оси вращения детали, так и общей оси двух указанных магнитов; а затем выдерживают вращающуюся деталь в зоне обработки в течение заданного времени, непрерывно и плавно изменяя величину дополнительного магнитного поля в пределах от 0,6 до 0,9 Тл, а также периодически скачкообразно увеличивая ее до 2 Тл и уменьшая до прежнего значения для переориентации в пространстве зерен указанного порошка.



Фиг. 1

ВУ 23504 С1 2021.08.30

2. Устройство для магнитно-абразивной обработки внешней поверхности детали способом по п. 1, содержащее два закрепленных на Ш-образном магнитопроводе соосных линейных постоянных магнита, обращенных друг к другу разноименными полюсами, между которыми образована зона обработки; средства для вращения детали и подачи в зону обработки ферромагнитного абразивного порошка; а также линейный электромагнит, установленный на том же магнитопроводе перпендикулярно общей оси двух указанных магнитов, обращенный полюсом к зоне обработки и снабженный электромагнитной катушкой для управления величиной создаваемого им дополнительного магнитного поля.

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к металлообработке, и может быть использовано на финишных операциях обработки наружных цилиндрических, конических и сферических поверхностей деталей.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (МАО) [1], когда ориентированное резание незакрепленными зернами ферроабразивного порошка (ФАИ) происходит при воздействии на них магнитных полей, созданных одноименными полюсами основной и дополнительной магнитных систем устройства МАО, что образует на выходах из рабочих зазоров своеобразные магнитные пробки, удерживающие и уплотняющие порошок в рабочих зазорах. Это увеличивает тангенциальную составляющую силы резания и повышает интенсивность резания.

Для данного способа известно устройство, включающее основную и дополнительные электромагнитные системы, которые состоят из отдельных магнитопроводов с полюсными наконечниками и электромагнитными катушками, питаемыми переменным электрическим током [1].

Недостатком известного способа является то, что при уплотнении ФАП в рабочей зоне затрудняется переориентация ферроабразивных зерен, что приводит к затуханию интенсивности процесса резания, повышению температуры обрабатываемой поверхности из-за трения контактирующих с ней зерен ФАП и, как следствие, к снижению величины микротвердости поверхностного слоя и ухудшению шероховатости поверхности.

В качестве прототипа выбран способ магнитно-абразивной обработки поверхностей изделий уплотненным подвижно связанным ферроабразивным порошком в рабочих зонах магнитными полями основной и дополнительной систем устройства МАО [2]. Интенсификация процесса срезания неровностей и упрочнение обеспечиваются увеличением давления ФАП на обрабатываемую поверхность изделия посредством изменения конфигурации и регулирования напряженности основного и дополнительных магнитных полей в каждой рабочей зоне устройства МАО.

Для реализации данного способа известно устройство, рабочие зоны которого образованы одним полюсным наконечником с отдельным магнитопроводом и электромагнитной катушкой основной электромагнитной системы и двумя одинаковыми полюсными наконечниками с отдельными магнитопроводами и электромагнитными катушками дополнительных электромагнитных систем. Полюсные наконечники дополнительных электромагнитных систем имеют одинаковую полярность с полюсным наконечником электромагнита основной электромагнитной системы, установлены симметрично относительно плоскости симметрии полюсного наконечника и тангенциально относительно обрабатываемой поверхности изделия. Суммарный магнитный поток дополнительных электромагнитных систем устанавливается равным магнитному потоку основной электромагнитной системы [2].

Недостатком прототипа является то, что высокие значения удельного давления ФАП на обрабатываемую поверхность изделия, полученные в результате совместного силового воздействия основного и дополнительного магнитных полей в каждой рабочей зоне устройства МАО, приводит к образованию магнитных пробок, препятствующих процессу пе-

реориентации ферроабразивных зерен. Это обстоятельство приводит к износу зерен ФАП, засаливанию абразивной щетки стружкой и продуктами износа и, соответственно, к затуханию интенсивности процесса срезания неровностей, снижению производительности процесса МАО и увеличению шероховатости по параметру Ra обрабатываемой поверхности изделия. При этом габаритные размеры устройства не позволяют его использовать для МАО поверхностей малогабаритных деталей.

Задача, решаемая изобретением, заключается в повышении производительности магнитно-абразивной обработки и качества поверхности изделий, в частности, за счет повышения его микротвердости и снижения шероховатости.

Поставленная задача достигается способом магнитно-абразивной обработки внешней поверхности детали, при котором обрабатываемую деталь устанавливают в зоне обработки, образованной между двумя обращенными друг к другу разноименными полюсами двух соосных линейных постоянных магнитов, и вращают ее вокруг оси, перпендикулярной общей оси указанных магнитов; подают в зазоры между указанными магнитами и деталью ферромагнитный абразивный порошок, прижимаемый полем магнитов к внешней поверхности детали, и одновременно создают в зоне обработки дополнительное магнитное поле посредством линейного электромагнита, обращенного полюсом к указанной зоне и перпендикулярного как оси вращения детали, так и общей оси двух указанных магнитов; а затем выдерживают вращающуюся деталь в зоне обработки в течение заданного времени, непрерывно и плавно изменяя величину дополнительного магнитного поля в пределах от 0,6 до 0,9 Тл, а также периодически скачкообразно увеличивая ее до 2 Тл и уменьшая до прежнего значения для переориентации в пространстве зерен указанного порошка.

Для осуществления предложенного способа предлагается устройство для магнитно-абразивной обработки внешней поверхности детали, содержащее два закрепленных на Ш-образном магнитопроводе соосных линейных постоянных магнита, обращенных друг к другу разноименными полюсами, между которыми образована зона обработки; средства для вращения детали и подачи в зону обработки ферромагнитного абразивного порошка; а также линейный электромагнит, установленный на том же магнитопроводе перпендикулярно общей оси двух указанных магнитов, обращенный полюсом к зоне обработки и снабженный электромагнитной катушкой для управления величиной создаваемого им дополнительного магнитного поля.

Применение в устройстве МАО симметрично расположенных постоянных магнитов квадратного сечения обеспечивает неизменную во времени величину магнитной индукции в рабочих зазорах до 0,9 Тл и приближает распределение основного магнитного поля к однородному. Это обеспечивает равномерное распределение зерен ФАП по обрабатываемой поверхности и их удержание в рабочих зазорах в момент завершения импульсов дополнительного магнитного поля, тем самым стабилизирует процесс срезания неровностей поверхностного слоя изделия, повышает качество обработки.

Предлагаемая конфигурация магнитопровода Ш-образной формы, у которого полюсные наконечники основной магнитной системы расположены с двух сторон радиально поверхности обрабатываемого изделия, а полюсный наконечник дополнительной электромагнитной системы установлен симметрично относительно полюсных наконечников основной магнитной системы и под углом 90° к общей оси постоянных магнитов, обеспечивает необходимую концентрацию суммарного магнитного потока в рабочих зазорах, генерируемых источником импульсного магнитного поля и постоянными магнитами.

Плавное регулирование величины силы тока в электромагнитной катушке дополнительной электромагнитной системы позволяет варьировать величину индукции магнитного поля B_d в рабочем зазоре и управлять направлением магнитных силовых линий в зоне формирования абразивной щетки, тем самым изменять в рабочем зазоре угол наклона ω

зерен ФАП относительно обрабатываемой поверхности в интервале 43-85°. Изменение величины угла наклона ω описывается следующей зависимостью:

$$\omega = -9,8214B_{д}^2 + 18,804B_{д} + 41,615,$$

где $B_{д}$ - величина индукции магнитного поля в рабочем зазоре дополнительной электромагнитной системы, Тл.

Изменением величины электрического тока в электромагнитной катушке устанавливаются одинаковую величину магнитной индукции в рабочих зазорах дополнительной электромагнитной системы и основной магнитной системы. Это обстоятельство обеспечивает уменьшение угла резания в зоне входа в рабочий зазор и его увеличение в зоне выхода из рабочего зазора и, соответственно, интенсифицирует процесс МАО, снижает шероховатость обрабатываемой поверхности по параметру Ra.

Сгенерированные электромагнитной катушкой импульсы дополнительного магнитного поля величиной до 2 Тл позволяют "встряхнуть" в рабочем зазоре зерна ФАП, переориентировать их относительно обрабатываемой поверхности и сменить затупившиеся режущие кромки, тем самым повысить производительность магнитно-абразивной обработки. Импульсное силовое воздействие дополнительного магнитного поля обеспечивает упрочнение изделия за счет формирования мелкодисперсных структур и повышения микротвердости его поверхностного слоя [3].

Схема заявляемого устройства изображена на фиг. 1.

Устройство для магнитно-абразивной обработки включает следующие элементы: сердечник 1 с электромагнитной катушкой 2 и полюсным наконечником 3; магнитопровод Ш-образной формы 4; постоянные магниты 5, на концах которых закреплены сменные полюсные наконечники 6. Обработка поверхности изделия 7 производится ферроабразивным порошком 8, подаваемым из бункера-дозатора 9. Электромагнитная катушка 2 подключена разными полюсами к источнику импульсного электрического тока 10.

Заявляемый способ магнитно-абразивной обработки поверхностей изделий осуществляется следующим образом. Одновременно обеспечивают вращательное движение изделия 7 (фиг. 1), подачу электрического тока на электромагнитную катушку 2, ферроабразивного порошка 8 из бункера-дозатора 9 и смазочно-охлаждающей жидкости (на схеме не показана) в рабочую зону устройства МАО. В результате этого происходит ориентирование зерен ФАП своей наибольшей осью вдоль магнитных силовых линий, их последующий прижим и микрорезание обрабатываемой поверхности изделия 7 силой магнитного поля постоянных магнитов 5. Далее при затуплении острых кромок зерен ферроабразивного порошка 8 осуществляется подача импульса электрического тока на электромагнитную катушку 2. Импульсом дополнительного магнитного поля величиной до 2 Тл происходит встряхивание ФАП в рабочем зазоре устройства и перенаправление магнитных силовых линий с изменением в рабочем зазоре угла наклона 1 зерен ферроабразивного порошка до 43-85° относительно обрабатываемой поверхности изделия (фиг. 2). При отключении импульса дополнительной электромагнитной системы происходят удержание, прижим зерен ФАП и последующий процесс микрорезания обрабатываемой поверхности изделия уже обновленными режущими кромками под воздействием магнитного поля с величиной магнитной индукции в рабочем зазоре в диапазоне 0,6-0,9 Тл. Процесс обработки повторяется с постоянным изменением угла резания и заменой режущих кромок зерен ферроабразивного порошка по мере их износа за счет встряхивания порции ФАП во время вращательного движения изделия.

Пример.

Предварительно обработанные до шероховатости поверхности Ra 1,25 мкм и подвергнутые нормализации образцы из стали 12ХН3А ГОСТ 4543-71, представляющие собой цилиндр диаметром 40 мм и шириной 12 мм, обрабатывали заявляемым устройством.

BY 23504 C1 2021.08.30

Для упрочняющей магнитно-абразивной обработки поверхностей образцов использовали ферроабразивный порошок FeTiC зернистостью 100-160 мкм и смазочно-охлаждающую жидкость "Виттол-100".

Обработку поверхностей образцов производили при следующем технологическом режиме: скорость главного движения 0,9 м/с; время обработки образцов 30 с; величина магнитной индукции в рабочем зазоре основной и дополнительной магнитных систем 0,9 Тл, магнитная индукция импульсов дополнительной магнитной системы 1,9 Тл, частота импульсов дополнительной магнитной системы 0,5 с. Рабочий зазор в дополнительной электромагнитной системе 1,5 мм, рабочий зазор в основной магнитной системе 1,0 мм.

Обработанные поверхности образцов оценивали по параметрам шероховатости Ra на профилометре Mitutoyo SurfTest SJ-201 и микротвердости микротвердомером ПМТ-3М. Масса образцов измерялась на весах Massa-K BK-600 с точностью до 0,01 г.

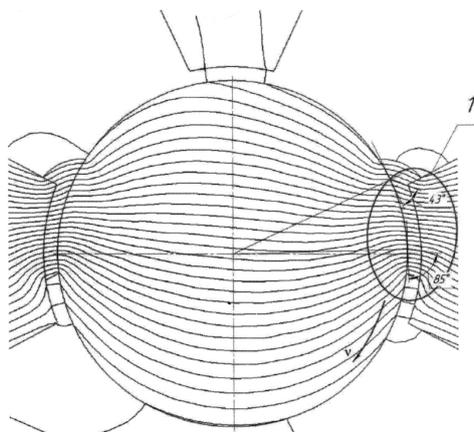
Сравнительные характеристики покрытий, полученных известными и предлагаемым способами приведены в таблице.

Способ обработки	Производительность процесса, мг/см ² ·мин	Микротвердость, ГПа	Шероховатость Ra, мкм
А.с. СССР 1060439	12,9-16,5	9,96-11,87	0,29-0,31
Прототип	16,2-18,3	10,12-12,23	0,27-0,30
Предлагаемый	23,5-24,9	10,74-13,10	0,25-0,27

Как видно из таблицы, предложенный способ и устройство для магнитно-абразивной обработки позволяет значительно повысить производительность процесса и качество за счет снижения шероховатости и повышения микротвердости поверхности изделий.

Источники информации:

1. А.с. СССР 1060439 А, МПК В 24В 31/10, 1983.
2. А. с. СССР 1703413 А2, МПК В 24В 31/112, 1992.
3. Морев А.А., Рябчиков С.Я. Способы объемного упрочнения породоразрушающего инструмента и оценка перспективности их дальнейших исследований // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014, № 3, с. 96-100 (с. 98).



Фиг. 2