

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2864283

СПОСОБ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Кексин Александр Игоревич (RU), Ефимов Александр Евгеньевич (RU), Филипенко Ирина Анатольевна (RU), Сорокопуд Никита Игоревич (RU)*

Заявка № 2025128623

Приоритет изобретения 20 октября 2025 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 18 июня 2026 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 20 октября 2045 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B24B 31/12 (2026.05); B24B 1/00 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2025128623, 20.10.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.10.2025Дата регистрации:
18.06.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.10.2025

(45) Опубликовано: 18.06.2026 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Кексин Александр Игоревич (RU),
Ефимов Александр Евгеньевич (RU),
Филипенко Ирина Анатольевна (RU),
Сорокопуд Никита Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

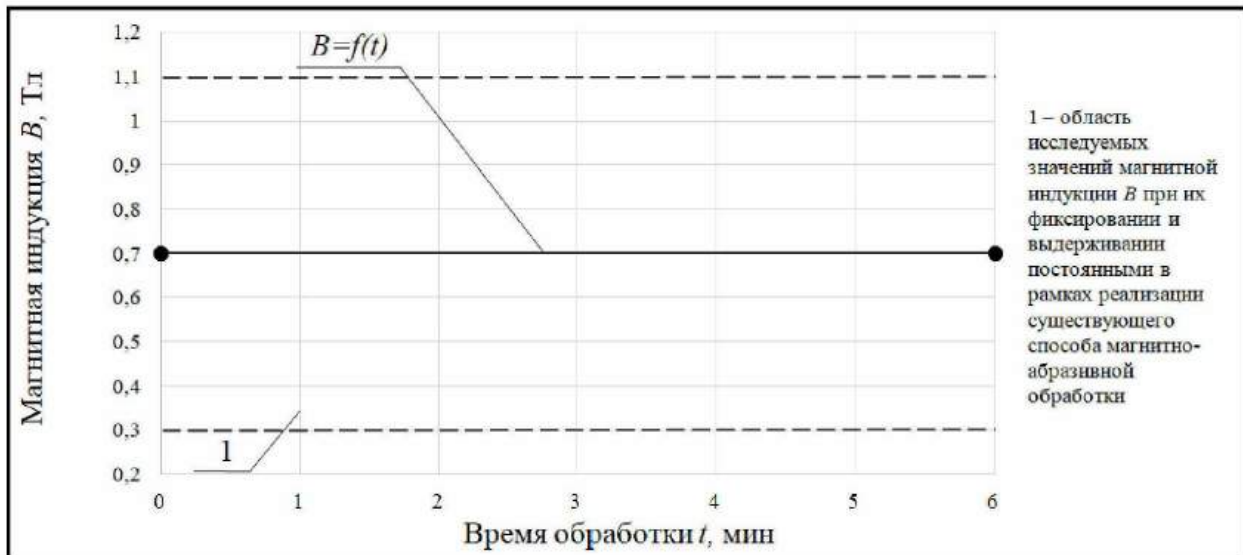
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: МАКСАРОВ В.В. и др. Влияние
процесса магнитно-абразивной обработки на
шероховатость плоских изделий из
алюминиевого сплава марки АМц. Цветные
металлы, 2022, N7, С. 82-87. RU 2626124 C1,
21.07.2017. RU 2800274 C1, 19.07.2023. RU
2843023 C1, 07.07.2025. SU 763074 A1, 15.09.1980.
JP 4185986 B2, 26.11.2008.

(54) СПОСОБ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к магнитно-абразивной обработке машиностроительных изделий. Способ включает вращательное и возвратно-поступательное движения заготовки в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком вдоль полюсных наконечников магнитно-абразивной установки. В рабочем пространстве между полюсными наконечниками создают постоянное магнитное поле с магнитной индукцией в диапазоне от 0,1 до 0,3 Тл, заполняют рабочее пространство магнитно-абразивным порошком, помещают в него заготовку. При указанном вращательном и возвратно-поступательном движениях заготовки в рабочем

пространстве с магнитно-абразивным порошком осуществляют непрерывное черновое и чистовое воздействия на поверхности заготовки в течение 6 мин. При черновом воздействии повышают величину магнитной индукции постоянного магнитного поля до области значений магнитной индукции в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл при времени воздействия на поверхности заготовки не более 3 мин, а при чистовом воздействии величину магнитной индукции постоянного магнитного поля понижают до области значений магнитной индукции. Повышается эффективность обработки, улучшается качество поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей. 2 ил., 2 табл.



Фиг. 1

R U 2 8 6 4 2 8 3 C 1

R U 2 8 6 4 2 8 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B24B 31/12 (2026.05); B24B 1/00 (2026.05)

(21)(22) Application: **2025128623, 20.10.2025**

(24) Effective date for property rights:
20.10.2025

Registration date:
18.06.2026

Priority:

(22) Date of filing: **20.10.2025**

(45) Date of publication: **18.06.2026** Bull. № 17

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO "SPGU", Patentno-litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Keksin Aleksandr Igorevich (RU),
Efimov Aleksandr Evgenevich (RU),
Filipenko Irina Anatolevna (RU),
Sorokopud Nikita Igorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD FOR MAGNETIC ABRASIVE TREATMENT**

(57) Abstract:

FIELD: magnetic abrasive processing of engineering products.

SUBSTANCE: method includes rotational and reciprocating motions of the workpiece in the working space with magnetic-abrasive powder along the pole pieces of the magnetic-abrasive unit. A constant magnetic field with a magnetic induction in the range from 0.1 to 0.3 T is created in the working space between the pole pieces, the working space is filled with magnetic abrasive powder, and the workpiece is placed in it. During the specified rotary and reciprocating motion of the workpiece in the workspace with magnetic abrasive powder, continuous roughing

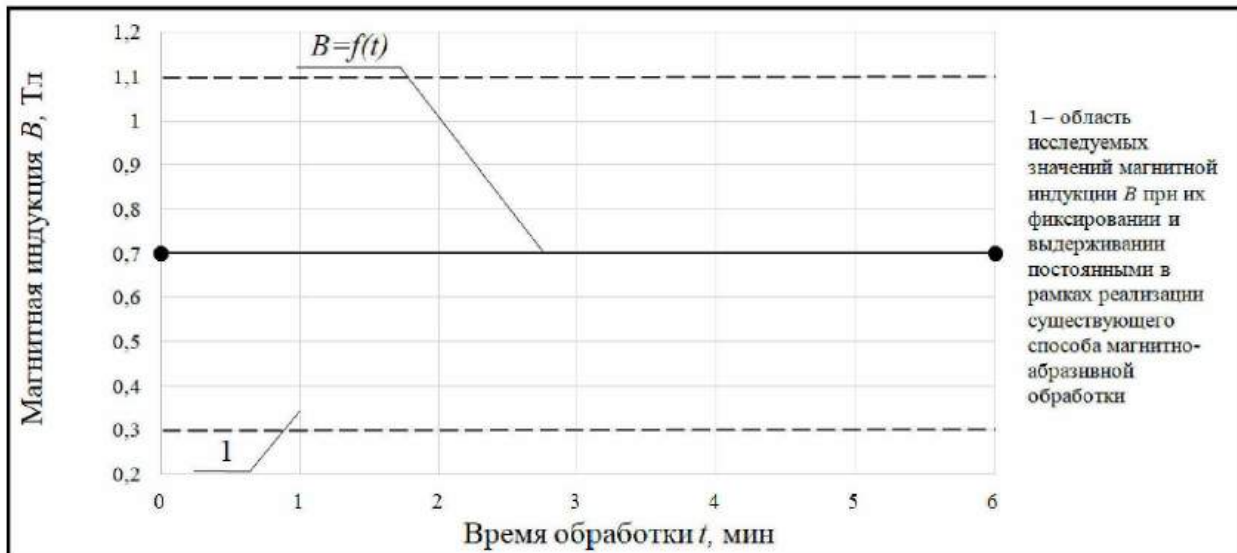
and finishing actions are performed on the workpiece surface for 6 minutes. During the roughing action, the magnetic induction of the constant magnetic field is increased to a range of magnetic induction values in the range of 0.8 to 0.6 T with an action time on the workpiece surface of no more than 3 minutes. During the finishing action, the magnetic induction of the constant magnetic field is reduced to a range of magnetic induction values.

EFFECT: efficiency of processing increases, the quality of the surface layer of the treated surfaces improves.

1 cl, 2 dwg, 2 tbl

RU
2 864 283
C 1

RU
2 864 283
C 1



Фиг. 1

R U 2 8 6 4 2 8 3 C 1

R U 2 8 6 4 2 8 3 C 1

Изобретение относится к магнитно-абразивной обработке машиностроительных изделий.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (Барон Ю.М. «Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов» - Л.: Машиностроение, 1986 г., стр. 122), при котором зачистка поверхностей от оксидных плёнок осуществляется протяжкой заготовки через рабочее пространство между вращающимися барабанами с магнитно-абразивной щёткой, где создаётся увеличение нормальных сил резания на обрабатываемой поверхности.

Недостатком данного способа является то, что режимные параметры магнитно-абразивной обработки устанавливаются на фиксированном уровне в течение всего периода обработки, что не позволяет осуществлять черновое и чистовое воздействия на обрабатываемую поверхность в рамках непрерывного процесса обработки.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (патент РФ № 2626124, опублик. 21.07.2017 г.), который предусматривает поэтапную обработку различных участков заготовки при ее движении в абразивной массе.

Недостатком данного способа является итерационность процесса обработки, что исключает возможность создания черновых и чистовых воздействий на обрабатываемую поверхность в рамках непрерывной обработки, реализованного на разных участках обрабатываемого изделия, в результате чего при изменении режимных параметров достигается неравномерность показателей качества на различных участках обрабатываемой поверхности.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (автореферат диссертации по машиностроению и машиноведению, 05.02.08, на тему: «Совершенствование технологии магнитно-абразивной обработки фасонных поверхностей», автор Иконников Алексей Михайлович, 2004 год, стр. 10-11), который заключается в том, что копирование профиля обрабатываемой поверхности происходит за счет соприкосновения рабочих плоскостей постоянных магнитов индуктора и фиксации их положения, после чего индуктор ориентируют на необходимую величину рабочего зазора, в который помещается магнитно-абразивный порошок, формирующий магнитно-абразивную щетку, и приводят в осциллирующее движение, а заготовке задают вращательное движение, что позволяет проводить магнитно-абразивную обработку.

Недостатком данного способа является то, что фиксированный рабочий зазор, а также постоянные магниты, используемые в индукторе, исключают возможность создания чернового и чистового воздействий на заготовку без переустановки устройства или замены постоянных магнитов, что ведёт к увеличению вспомогательного времени на обработку, а также исключает возможность изменения силового воздействия на обрабатываемую поверхность в рамках непрерывного процесса обработки.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (Акулович Л. М., Миронович А. В., Ворошуха О.Н. «Управление обработкой поверхностей деталей машин в процессах магнитно-электрического упрочнения и магнитно-абразивной обработки» // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. - 2016. - № 4. - С. 37-48), в котором изменение величины магнитной индукции в рабочем зазоре происходит при помощи изменения расстояния между магнитотвёрдым материалом и обрабатываемыми образцами при варьировании положения постоянного магнита по направляющему сердечника с полюсным наконечником.

Недостатками данного способа являются ограниченность диапазона изменения силового магнитного воздействия габаритами установки и доступным ходом полюсов, и, соответственно, ограниченность возможности объединения черновых и чистовых

воздействий на обрабатываемую поверхность, узкий диапазон изменения рабочего зазора, при котором обработка протекает с высокой эффективностью, сложность реализации гибкого изменения степени воздействия при обработке.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (Максаров В.В., Кексин А.И., Филипенко И.А. Влияние процесса магнитно-абразивной обработки на шероховатость плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц. Цветные металлы, 2022, №7, С. 82-87. DOI 10.17580/tsm.2022.07.09), принятый за прототип, в котором непрерывный процесс обработки заготовки реализуется посредством фиксирования и выдерживания значений режимных параметров постоянными в течение заданного времени обработки при вращательном движении заготовки и ее возвратно-поступательном движении вдоль полюсных наконечников в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком.

Недостатком данного способа является то, что фиксирование значения магнитной индукции и выдерживание его постоянным в рамках непрерывного процесса магнитно-абразивной обработки не позволяет обеспечить минимальное значение шероховатости обрабатываемой поверхности в течение заданного времени обработки, что снижает производительность обработки.

Техническим результатом является повышение эффективности магнитно-абразивной обработки и улучшение качества поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей заготовок.

Технический результат достигается тем, что в рабочем пространстве между полюсными наконечниками создают постоянное магнитное поле с магнитной индукцией в диапазоне от 0,1 до 0,3 Тл, заполняют рабочее пространство магнитно-абразивным порошком, помещают в него заготовку, при этом при указанном вращательном и возвратно-поступательном движениях заготовки в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком осуществляют непрерывное черновое и чистовое воздействия на поверхности заготовки в течении 6 мин, причем при черновом воздействии повышают величину магнитной индукции постоянного магнитного поля до области значений магнитной индукции в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл при времени воздействия на поверхности заготовки не более 3 мин, а при чистовом воздействии величину магнитной индукции постоянного магнитного поля понижают до области значений магнитной индукции в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл и выдерживают воздействие в этой области не более 3 мин.

Способ магнитно-абразивной обработки поверхности заготовки поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - график изменения магнитной индукции при существующем способе магнитно-абразивной обработки с временем $t = 6$ мин;

фиг. 2 - график изменения магнитной индукции при черновом и чистовом воздействиях на поверхности заготовки в течение непрерывного процесса магнитно-абразивной обработки с общим временем $t_{общ} = 6$ мин.

Способ осуществляется следующим образом.

В рабочем пространстве между полюсными наконечниками магнитно-абразивной установки создается постоянное магнитное поле с магнитной индукцией B в диапазоне от 0,1 до 0,3 Тл. Рабочее пространство с постоянным магнитным полем заполняют магнитно-абразивным порошком. После этого в рабочее пространство с магнитно-абразивным порошком помещают заготовку, а величину магнитной индукции B постоянного магнитного поля повышают до области значений магнитной индукции $B_{черн}$ при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл.

Заготовке задают вращательное движение и возвратно-поступательное движение

вдоль полюсных наконечников в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком, причем величины скорости вращательного движения, скорости возвратно-поступательного движения и рабочих зазоров между поверхностями заготовки и полюсными наконечниками фиксируют на одних значениях и выдерживают постоянными в течение непрерывного процесса магнитно-абразивной обработки с общим временем $t_{общ} = 6$ мин.

В рамках непрерывного процесса магнитно-абразивной обработки с общим временем $t_{общ} = 6$ мин, время черного воздействия $t_{черн}$ на поверхности заготовки в области значений магнитной индукции $B_{черн}$ при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл составляет не более 3 мин. После это величину магнитной индукции B постоянного магнитного поля понижают до области значений магнитной индукции $B_{чист}$ при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл и выдерживают в этой области в течение времени $t_{чист}$ не более 3 мин. Черновое и чистовое воздействия на поверхности заготовки, реализованные в течение непрерывного процесса магнитно-абразивной обработки с общим временем $t_{общ} = 6$ мин, позволяют снизить шероховатость поверхностей из алюминиевого сплава по параметру Ra с 2,3 мкм до диапазона от 0,12 до 0,15 мкм.

Способ поясняется следующими примерами.

Требуется сформировать шероховатость по параметру Ra на поверхностях заготовок с габаритными размерами 30x30x2 мм в диапазоне от 0,1 до 0,2 мкм, изготовленных из алюминиевого сплава марки АМц (А1 3003) с исходной шероховатостью поверхности $Ra = 2,3$ мкм.

В процессе обработки поверхностей заготовок постоянными условиями являлись: значение времени обработки $t_{общ} = 6$ мин, значение скорости вращения заготовки $n = 195 \text{ мин}^{-1}$, значение подачи $S = 205$ мм/мин, значение рабочего зазора между заготовкой и полюсными наконечниками магнитно-абразивной установки $\delta = 3$ мм, значение межполюсного расстояния $l = 48$ мм, абразивный материал марки Пр-10Р6М5 с зернистостью от 80 до 140 мкм и СОЖ марки Global.

Исследования выполнялись в 2 этапа.

На первом этапе проводились эксперименты: по установлению значений магнитной индукции B , Тл в диапазоне от 0,3 до 1,0 Тл, при которых осуществляется эффективная магнитно-абразивная обработка с точки зрения снижения шероховатости на поверхностях заготовок по параметру Ra , полного удаления дефектов предшествующего слоя и отсутствия дефектов после магнитно-абразивной обработки в виде царапин и глубоких рисок; по определению диапазонов значений магнитной индукции B , Тл, характеризующих мягкие режимы обработки, которые свойственны чистовому воздействию, и жесткие режимы - черновому воздействию. В каждом эксперименте на первом этапе значение магнитной индукции B , Тл фиксировалось и выдерживалось постоянным в рамках существующего способа магнитно-абразивной обработки с временем $t = 6$ мин (фиг 1).

На втором этапе выполнялись эксперименты по непрерывному процессу магнитно-абразивной обработки с общим временем $t_{общ} = 6$ мин, причем время магнитно-абразивной обработки t на первом этапе экспериментов равнялось общему времени магнитно-абразивной обработки $t_{общ}$ на втором этапе. При непрерывном процессе магнитно-абразивной обработки, время черного воздействия $t_{черн}$ на

поверхности заготовки в области значений магнитной индукции $B_{черн}$ при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл составляло от 2 до 4 мин, время чистового воздействия $t_{чист}$ на поверхности заготовки в области значений магнитной индукции $B_{чист}$ при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл - от 2 до 4 мин.

В результате первого этапа экспериментальных исследований получены следующие результаты.

Оптимальный диапазон значений магнитной индукции B , Тл находится в пределах от 0,4 до 0,8 Тл (таблица 1). Значения шероховатости по параметру Ra на поверхностях заготовок при величинах магнитной индукции $B=0,3$ Тл, $B=0,9$ Тл, $B=1,0$ Тл оказались существенно больше остальных, 0,6 мкм, 0,539 мкм и 0,777 мкм соответственно. Кроме того, обработка с магнитной индукцией $B=0,3$ Тл не обеспечивала полного удаления предшествующего дефектного слоя с поверхности, в то время как при обработке с магнитной индукцией $B=0,9$ Тл и $B=1,0$ Тл такой проблемы не наблюдалось, однако на обработанных поверхностях заготовки формировались глубокие риски, которые негативно сказывались на качестве поверхности.

Таблица 1 - Результаты первого этапа экспериментальных исследований

№	B , Тл	t , мин	S , мм/мин	n , мин ⁻¹	$\delta_{рз}$, мм	Δ , мкм	$l_{рп}$, мм	Ra , мкм
1	0,3	6	205	195	3	от 80 до 140	48	0,600
2	0,4							0,412
3	0,5							0,296
4	0,6							0,250
5	0,7							0,275
6	0,8							0,372
7	0,9							0,539
8	1,0							0,777

Оптимальный диапазон значений магнитной индукции B , Тл, находящийся в пределах от 0,4 до 0,8 Тл, следует разделить на магнитно-абразивную обработку с жесткими режимами в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл, свойственными черновому воздействию, и с мягкими режимами в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл, свойственными чистовому воздействию (таблица 1). Данное разделение объясняется тем, что при увеличении значения магнитной индукции с 0,6 до 0,8 Тл и при его уменьшении с 0,6 до 0,4 Тл происходит ухудшение шероховатости с 0,25 до 0,372 мкм и с 0,25 до 0,412 мкм соответственно. В первом случае это вызвано повышением жёсткости обработки, что в совокупности с ростом эффективности удаления материала характерно для чернового воздействия, а во втором случае - снижению жёсткости до более мягких режимов, что ввиду меньшей эффективности удаления материала характерно для чистового воздействия.

В результате второго этапа экспериментальных исследований получены следующие результаты.

Непрерывная магнитно-абразивная обработка поверхностей заготовок с общим временем обработки $t_{общ} = 6$ мин, при которой осуществляется фиксирование величины магнитной индукции $B_{черн}$ в области значений при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл в течение $t_{черн} = 3$ мин и последующее фиксирование величины магнитной индукции $B_{чист}$ в области значений при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл в течение $t_{чист} = 3$ мин (фиг. 2), позволяет сформировать по серии выполненных опытов шероховатость по параметру Ra на поверхностях заготовок от 0,12 до 0,15 мкм (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты второго этапа экспериментальных исследований

№	Черновое воздействие		Чистовое воздействие		$t_{общ}$, мин	Ra , мкм
	$B_{черн}$, Тл	$t_{черн}$, мин	$B_{чист}$, Тл	$t_{чист}$, мин		
1	0,8	3	0,6	3	6	0,13
2	0,8	4	0,6	2		0,19
3	0,8	2	0,6	4		0,17
4	0,7	3	0,5	3		0,12
5	0,7	4	0,5	2		0,18
6	0,7	2	0,5	4		0,16
7	0,6	3	0,4	3		0,15
8	0,6	4	0,4	2		0,21
9	0,6	2	0,4	4		0,19

Непрерывная магнитно-абразивная обработка поверхностей заготовок с общим временем обработки $t_{общ} = 6$ мин (таблица 2), при которой осуществляется фиксирование величины магнитной индукции $B_{черн}$ в области значений при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл в течение $t_{черн} = 4$ мин и последующее фиксирование величины магнитной индукции $B_{чист}$ в области значений при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл в течение $t_{чист} = 2$ мин, позволяет сформировать по серии выполненных опытов шероховатость по параметру Ra на поверхностях заготовок от 0,18 до 0,21 мкм (таблица 2).

Непрерывная магнитно-абразивная обработка поверхностей заготовок с общим временем обработки $t_{общ} = 6$ мин (таблица 2), при которой осуществляется фиксирование величины магнитной индукции $B_{черн}$ в области значений при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл в течение $t_{черн} = 2$ мин и последующее фиксирование величины магнитной индукции $B_{чист}$ в области значений при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл в течение $t_{чист} = 4$ мин, позволяет сформировать по серии выполненных опытов шероховатость по параметру Ra на поверхностях заготовок от 0,16 до 0,19 мкм (таблица 2).

Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки и улучшение качества поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей заготовок достигается посредством непрерывной магнитно-абразивной обработки поверхностей заготовок с общим временем обработки $t_{общ} = 6$ мин, при которой осуществляется фиксирование величины магнитной индукции $B_{черн}$ в области значений при черновом воздействии в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл в течение $t_{черн} = 3$ мин и последующее фиксирование величины магнитной индукции $B_{чист}$ в области значений при чистовом воздействии в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл в течение $t_{чист} = 3$ мин. Реализация данного способа позволяет снизить шероховатость поверхностей из алюминиевого сплава марки АМц по параметру Ra с 2,3 мкм до диапазона от 0,12 до 0,15 мкм.

(57) Формула изобретения

Способ магнитно-абразивной обработки поверхности заготовки, включающий вращательное и возвратно-поступательное движения заготовки в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком вдоль полюсных наконечников магнитно-абразивной установки, отличающийся тем, что в рабочем пространстве между полюсными наконечниками создают постоянное магнитное поле с магнитной индукцией в диапазоне

от 0,1 до 0,3 Тл, заполняют рабочее пространство магнитно-абразивным порошком, помещают в него заготовку, при этом при указанном вращательном и возвратно-поступательном движениях заготовки в рабочем пространстве с магнитно-абразивным порошком осуществляют непрерывное черновое и чистовое воздействия на поверхности заготовки в течение 6 мин, причем при черновом воздействии повышают величину магнитной индукции постоянного магнитного поля до области значений магнитной индукции в диапазоне от 0,8 до 0,6 Тл при времени воздействия на поверхности заготовки не более 3 мин, а при чистовом воздействии величину магнитной индукции постоянного магнитного поля понижают до области значений магнитной индукции в диапазоне от 0,6 до 0,4 Тл и выдерживают воздействие в этой области не более 3 мин.

15

20

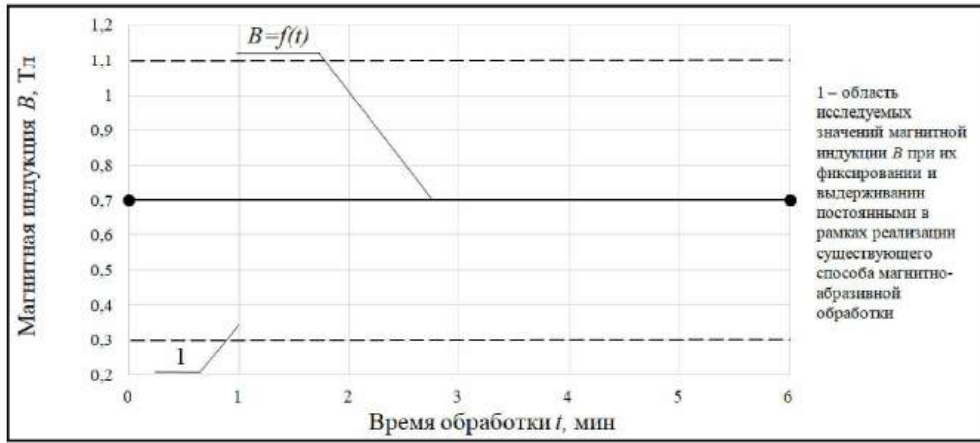
25

30

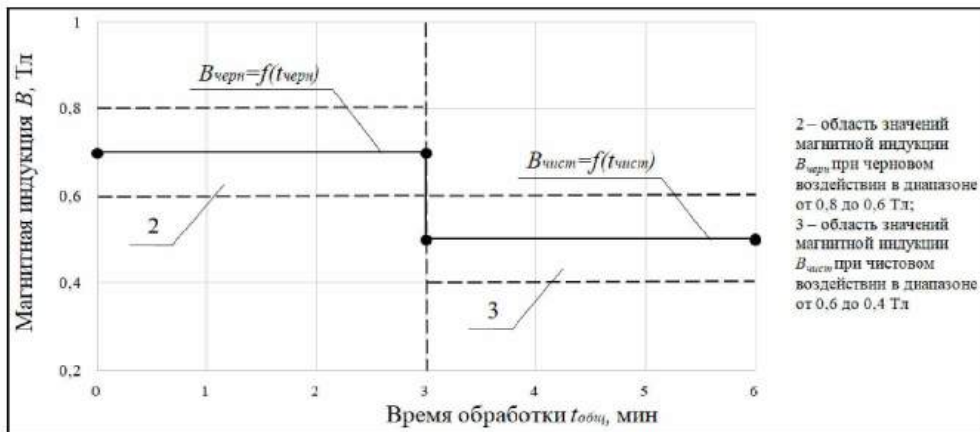
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2