

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2800274

СПОСОБ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

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

Авторы: *Максаров Вячеслав Викторович (RU), Кексин Александр Игоревич (RU), Филипенко Ирина Анатольевна (RU), Ефимова Мария Владимировна (RU), Синюков Михаил Сергеевич (RU)*

Заявка № 2023105979

Приоритет изобретения 15 марта 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 19 июля 2023 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 15 марта 2043 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B24B 31/00 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023105979, 15.03.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.03.2023

Дата регистрации:
19.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.03.2023

(45) Опубликовано: 19.07.2023 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО (Санкт-Петербургский ГУ),
Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Максаров Вячеслав Викторович (RU),
Кексин Александр Игоревич (RU),
Филипенко Ирина Анатольевна (RU),
Ефимова Мария Владимировна (RU),
Синюков Михаил Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2751392 С1, 13.07.2021. SU
1284799 А1, 23.01.1987. SU 1006186 А1,
23.03.1983. ВУ 23504 С1, 30.08.2021. JP
2006272533 А, 12.10.2006.

(54) СПОСОБ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

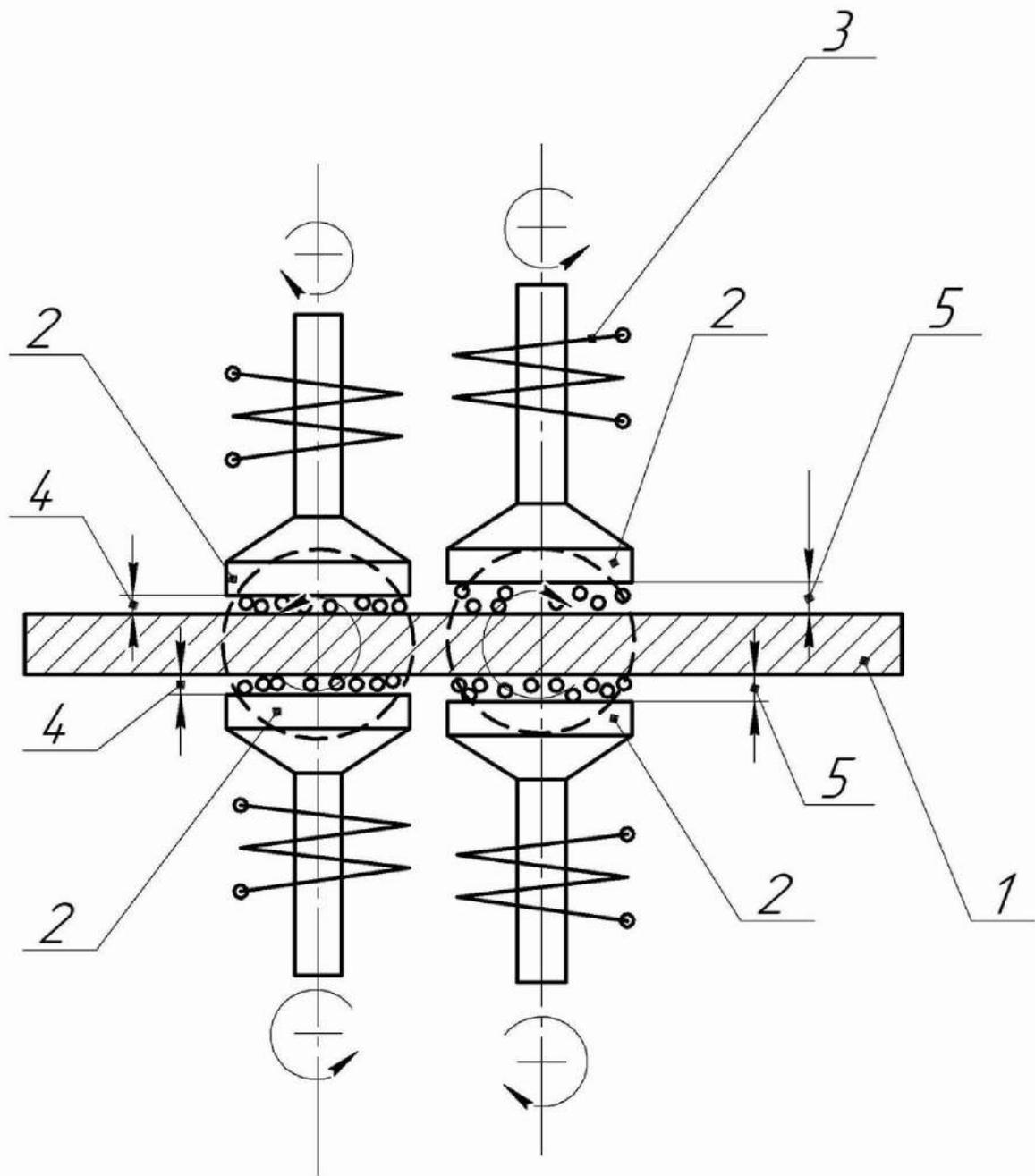
(57) Реферат:

Изобретение относится к магнитно-абразивной обработке и может быть использовано в авиационном производстве при обработке кромок листового проката из алюминиевых материалов, в частности перед процессом клепки и точной сборки корпусных элементов летательных аппаратов. Используют три синхронно вращающихся полюсных наконечника, которые располагают со стороны боковых поверхностей и один наконечник со стороны торцевой поверхности кромки изделия.

Осуществляют комплексную обработку всех поверхностей кромки листового проката. Последовательная обработка при учете в рамках одного технологического перехода этапов черновой обработки с установлением рабочего зазора в диапазоне от 2 до 3 мм и чистовой обработки с установлением рабочего зазора в диапазоне от 4 до 5 мм позволяет обеспечить заданные показатели качества поверхностного слоя и увеличить производительность обработки. 2 ил.

RU 2 800 274 С1

RU 2 800 274 С1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B24B 31/00 (2023.02)

(21)(22) Application: **2023105979, 15.03.2023**

(24) Effective date for property rights:
15.03.2023

Registration date:
19.07.2023

Priority:
(22) Date of filing: **15.03.2023**

(45) Date of publication: **19.07.2023** Bull. № 20

Mail address:
**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO (Sankt-Pterburgskij GU), Patentno-
litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):
**Maksarov Viacheslav Viktorovich (RU),
Keksin Aleksandr Igorevich (RU),
Filipenko Irina Anatolevna (RU),
Efimova Mariia Vladimirovna (RU),
Siniukov Mikhail Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

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

(57) Abstract:

FIELD: aviation.

SUBSTANCE: invention relates to magnetic-abrasive processing and can be used in aviation production when processing edges of rolled aluminium materials, in particular, before the process of riveting and precise assembly of aircraft hull elements. Three synchronously rotating pole pieces are used, which are located on the side of the side surfaces and one tip on the side of the end surface of the product edge. Carry out complex processing of all surfaces of the edge of

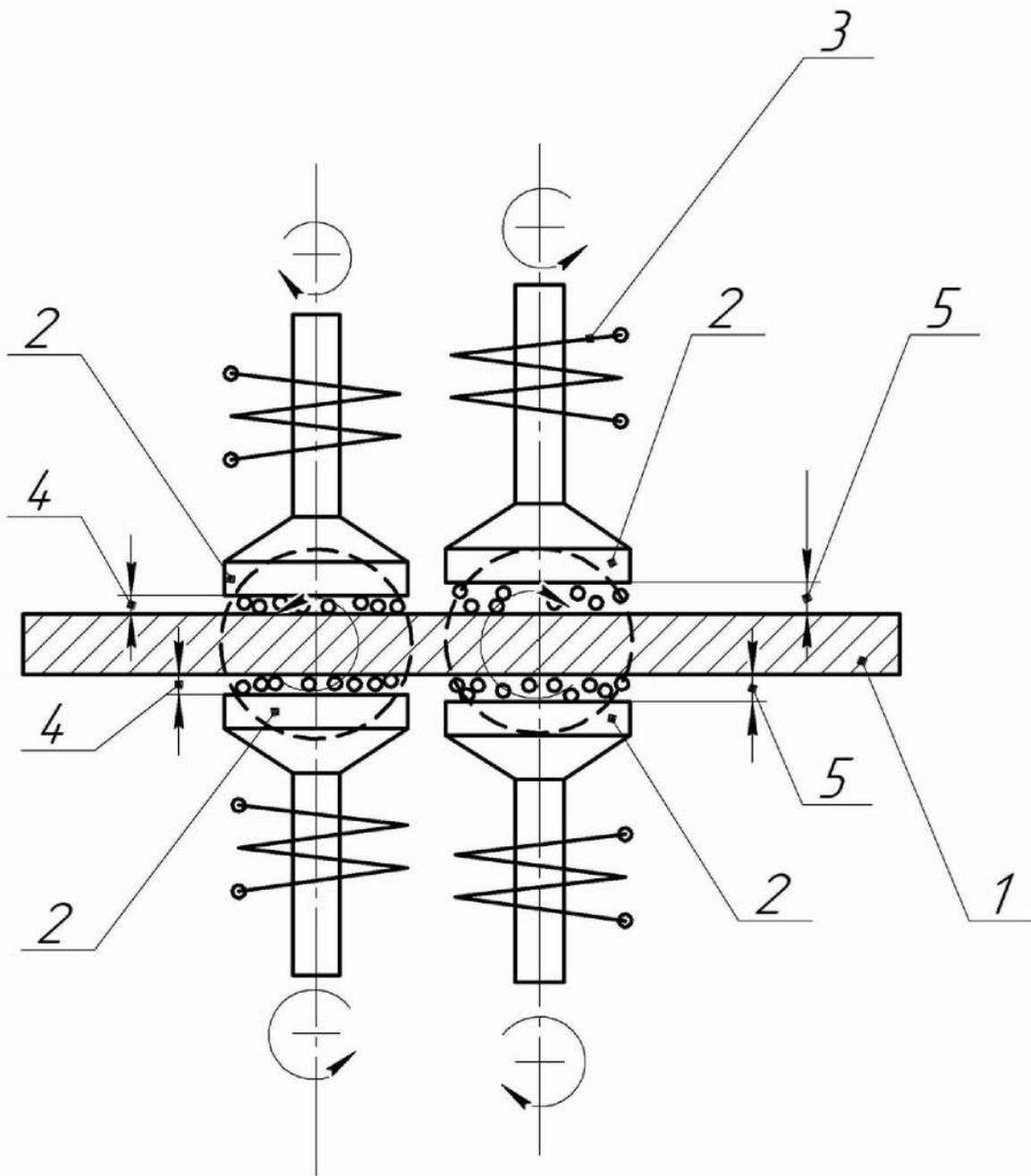
sheet metal. Sequential processing covers the stages of roughing with the setting of a working gap in the range from 2 to 3 mm and finishing with the establishment of a working gap in the range of 4 to 5 mm within the same process transition.

EFFECT: achievement of the specified quality parameters of the surface layer and increased productivity of processing.

1 cl, 2 dwg

RU 2 800 274 C 1

RU 2 800 274 C 1



Фиг. 1

Изобретение относится к магнитно-абразивной обработке машиностроительных изделий, в частности к обработке кромок листовых изделий.

Известен способ магнитно-абразивной обработки, реализуемый устройством (авторское свидетельство СССР № 872222, опубл. 15.10.1981 г.), в котором двумя открытым торцам полюсов, выполненным в виде двух стаканов, расположенных друг напротив друга и жестко закрепленных на сердечнике, задается вращательное движение, что позволяет обработать поверхности кромок изделия.

Недостатком данного способа является невозможность равномерной обработки кромки изделия одновременно с торцевой и боковых поверхностей, а также формировать поверхность согласно этапам черновой и чистовой обработки с удалением существующих дефектов. Это обуславливается тем, что величина магнитно-абразивного воздействия на торцевой и боковых поверхностях кромки различна.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (Хомич Н.С. «Магнитно-абразивная обработка изделий». - Мн.: БНТУ. 2006 г., стр. 108.), в котором кромке изделия задается возвратно-поступательное движение в магнитно-абразивной массе, сформированной двумя вращающимися полюсными наконечниками, что позволяет обеспечить одновременную обработку кромки изделия с торцевой и боковых поверхностей.

Недостатком данного способа является неоднородное магнитно-абразивное воздействие на торцевую и боковые поверхности кромки изделия, что приводит к неравномерному съему материала с торцевой и боковых поверхностей, а также формированию различных качественных характеристик на торцевой и боковых поверхностях кромки изделия.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (авторское свидетельство СССР № 1284799, опубл. 23.01.1987 г.), в котором двумя полюсным наконечникам магнитной системы задается синхронное вращение, магнитно-абразивная масса формируется между ними, а кромке изделия задается возвратно-поступательное движение в ней, что позволяет обеспечить одновременную обработку торцевой и боковых поверхностей. При соблюдении рекомендаций по поддержанию расстояния в пределах от 0,86 до 0,95 радиуса полюсных наконечников от крайней точки изделия до оси вращения полюсных наконечников можно обеспечить равномерность обработки кромки с торцевой и боковых поверхностей.

Недостатком данного способа является невозможность производить бездефектную обработку кромки изделия с торцевой поверхности в связи с тем, что при работе двух синхронно вращающихся полюсных наконечников со стороны боковых поверхностей происходит в основном процессы микрорезания и микровыглаживания, в то время как между этими наконечниками и торцевой поверхностью происходят микроударные воздействия. Вследствие этого магнитно-абразивная обработка рассматриваемым способом приводит к появлению остаточных включений на торцевой поверхности, которые негативно влияют на дальнейшую эксплуатацию кромки изделия.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (патент RU № 2710085, опубл. 24.12.2019), который позволяет обеспечить одновременную равномерную обработку торцевой и боковых поверхностей кромки изделия посредством создания магнитно-абразивной среды путем двух синхронно вращающихся полюсных наконечников, расположенных на одном уровне с двух сторон от боковых поверхностей кромки, и третьего полюсного наконечника, расположенного перпендикулярно к двум другим и находящегося в плоскости параллельной плоскости торцевой поверхности кромки изделия, при этом третьему наконечнику задается однонаправленное синхронное

вращение с двумя другими.

Недостатком данного способа является то, что в процессе магнитно-абразивной обработки кромки изделия с использованием трех однонаправленных синхронно вращающихся полюсных наконечников производится ассиметричное снятие материала в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей кромки изделия вследствие различного магнитно-абразивного воздействия в данных областях, что приводит к искажению геометрической формы кромки изделия, а также невозможностью выполнить черновую и чистовую обработку за один технологический процесс.

Известен способ магнитно-абразивной обработки (патент RU № 2751392, опубл. 13.07.2021), принятый за прототип, который позволяет равномерно обработать кромку листового проката в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей посредством создания магнитно-абразивной среды с применением одной трехполюсной системы, движение полюсных наконечников в которой обеспечивают встречное движение абразивной массы в областях пересечений торцевой и боковых поверхностей.

Недостатком данного способа является то, что магнитно-абразивная обработка с использованием одной трехполюсной системы не позволяет обеспечить черновую и чистовую обработку за один технологический переход, так как изменение рабочего зазора и величины магнитной индукции требует остановки процесса обработки и переустановки технологических параметров, что приводит к уменьшению производительности процесса.

Техническим результатом является обеспечение качества поверхностного слоя кромок плоских изделий и повышение производительности магнитно-абразивной обработки.

Технический результат достигается тем, что устанавливают вторую трехполюсную систему, у которой полюсные наконечники совершают вращательные движения обеспечивая магнитно-абразивное воздействие в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей кромки изделия при попутном движении торцевого и боковых полюсных наконечников, при этом рабочий зазор между полюсными наконечниками и торцевой и боковыми поверхностями кромки изделия в первой трехполюсной системе устанавливают в диапазоне черновой обработки от 2 до 3 мм, а во второй трехполюсной системе рабочий зазор устанавливают в диапазоне чистовой обработки от 4 до 5 мм.

Способ магнитно-абразивной обработки поясняется следующими фигурами:
фиг. 1 - схема магнитно-абразивной обработки кромок листового проката;
фиг. 2 - схема формирования качественных характеристик кромки изделия при

предлагаемом способе магнитно-абразивной обработки, где:

- 1 – кромка изделия;
- 2 – полюсной наконечник;
- 3 – электромагнитные катушки;
- 4 – зазор на черновую обработку;
- 5 – зазор на чистовую обработку.

Способ осуществляется следующим образом. Кромку листового проката 1 помещают в магнитно-абразивную массу, сформированную двумя трехполюсными магнитными системами 2. Каждая трехполюсная магнитная система состоит из двух боковых полюсных наконечников и одного перпендикулярно расположенного торцевого полюсного наконечника. Вторая трехполюсная система устанавливается от первой на расстоянии, обеспечивающем пересечение магнитно-абразивных масс двух магнитных систем и непрерывность съема обрабатываемого материала абразивной щеткой. Независимыми друг от друга возвратно-поступательными движениями полюсных

наконечников устанавливается одинаковый рабочий зазор между двумя боковыми полюсными наконечниками первой трехполюсной системы и боковыми поверхностями кромки изделия и между торцовым полюсным наконечником первой трехполюсной системы и торцовой поверхностью кромки изделия, также устанавливаются одинаковый рабочий зазор между двумя боковыми полюсными наконечниками второй трехполюсной системы и боковыми поверхностями кромки изделия и между торцовым полюсным наконечником второй трехполюсной системы и торцовой поверхностью кромки изделия. В первой трехполюсной системе рабочий зазор 4 устанавливается в диапазоне черновой обработки от 2 до 3 мм, во второй трехполюсной системе рабочий зазор 5 устанавливается в диапазоне чистовой обработки от 4 до 5 мм. После этого одновременно задают однонаправленное поступательное движение кромки изделия вдоль двух трехполюсных систем, разнонаправленные вращательные движения двум боковым полюсным наконечникам обеих систем относительно боковых поверхностей кромки изделия, разнонаправленные вращательные движения торцовым полюсным наконечникам относительно торцевой поверхности кромки изделия. Вращательное движение торцевого полюсного наконечника первой трехполюсной системы задается таким образом, чтобы в области пересечения торцевых и боковых поверхностей кромок изделия магнитно-абразивное воздействие осуществлялось посредством встречных вращательных движений торцевого полюсного наконечника и двух боковых полюсных наконечников, что позволяет производить равномерную магнитно-абразивную обработку в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей кромки изделия, а также обеспечить удаление существующих дефектов на поверхности изделия. Вращательное движение торцевого полюсного наконечника второй трехполюсной системы задается таким образом, чтобы в области пересечения торцевых и боковых поверхностей кромок изделия магнитно-абразивное воздействие осуществлялось посредством попутных вращательных движений торцевого полюсного наконечника и двух боковых полюсных наконечников, что позволяет удалить следы абразивного резания, оставшиеся от черновой обработки, и обеспечить высокое качество поверхностного слоя.

Способ поясняется следующими примерами.

Проведены две серии экспериментов. В рамках первой серии экспериментов определялись диапазоны рабочих зазоров для чернового и чистового этапов магнитно-абразивной обработки кромок плоских изделий толщиной 4 мм из алюминиевого сплава марки АМц при помощи одной трехполюсной магнитной системы, которые позволяют обеспечить шероховатость по параметру Ra от 0,2 до 0,3 мкм, отсутствие дефектов и следов абразивного резания на обработанной поверхности. Вторая серия экспериментов была направлена на обеспечение тех же показателей качества поверхностного слоя, однако, за один технологический переход посредством двух взаимосвязанных трехполюсных магнитных систем в соответствии с разрабатываемым способом. В качестве постоянных условий магнитно-абразивной обработки кромок плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц выступали величина магнитной индукции $B = 0,5$ Тл, абразивный материал марки 10Р6М5 с зернистостью от 50 до 250 мкм и СОЖ марки GLOBAL.

При определении диапазонов рабочих зазоров для чернового и чистового этапов магнитно-абразивной обработки с использованием одной трехполюсной системы, эксперименты проводились в два последовательных технологических перехода. Изменяемые условия магнитно-абразивной обработки и полученные результаты по качеству поверхностного слоя представлены в таблице 1.

Таблица 1 - изменяемые условия магнитно-абразивной обработки

п/п	Условия обработки				Качество поверхностного слоя		
	Переход 1		Переход 2		Ra, мкм	Дефекты	Следы абразивного резания
	δ_1 , мм	t_1 , мин	δ_2 , мм	t_2 , мин			
1	1,5	2	3,5	2	0,37	–	+
2	2,0	2	4,0	2	0,21	–	–
3	2,5	2	4,5	2	0,25	–	–
4	3,0	2	5,0	2	0,23	–	–
5	3,5	2	5,5	2	0,3	+	–

10 где:
«+» – наличие дефектов или следов абразивного резания на поверхности после магнитно-абразивной обработки;
«–» – отсутствие дефектов или следов абразивного резания на поверхности после магнитно-абразивной обработки.

15 Проведенные эксперименты позволили определить диапазоны рабочих зазоров для чернового и чистового этапов магнитно-абразивной обработки кромок плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц. Так, рабочий зазор при черновой магнитно-абразивной обработке должен варьироваться в диапазоне от 2 до 3 мм; рабочий зазор при чистовой магнитно-абразивной обработке – в диапазоне от 4 до 5 мм.

20 Однако магнитно-абразивная обработка кромок плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц с использованием одной трехполюсной магнитной системы представляет собой трудоемкий процесс, связанный с изменением параметров обработки для чернового и чистового этапов. В связи с этим, проведена вторая серия экспериментов в соответствии с предлагаемым способом, при котором используется дополнительная трехполюсная система, которая позволила за один технологический переход с общим временем обработки равным 4 мин обеспечить требуемые показатели качества

25 поверхностного слоя, а также сократить время и трудозатраты на обработку. На основании проведенных исследований установлено, что последовательная обработка при учете в рамках одного технологического перехода этапов черновой обработки с установлением рабочего зазора в диапазоне от 2 до 3 мм и чистовой обработки с установлением рабочего зазора в диапазоне от 4 до 5 мм позволяет

30 обеспечить требуемые показатели качества поверхностного слоя и увеличить производительность обработки.

(57) Формула изобретения

35 Способ магнитно-абразивной обработки, включающий одновременную обработку торцевой и боковых поверхностей кромки изделия при совершении изделием поступательного движения в магнитно-абразивной массе, сформированной одной трехполюсной системой, состоящей из двух вращающихся в противоположном направлении полюсных наконечников относительно двух боковых поверхностей кромки изделия и одного вращающегося полюсного наконечника относительно торцевой поверхности кромки изделия в плоскости, перпендикулярной плоскостям двух

40 вращающихся полюсных наконечников, у которого направление вращательного движения задано из условия обеспечения магнитно-абразивного воздействия в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей кромки изделия при встречном движении торцевого и боковых полюсных наконечников, отличающийся тем, что устанавливаются

45 вторую трехполюсную систему, у которой полюсные наконечники совершают вращательные движения с обеспечением магнитно-абразивного воздействия в областях пересечения торцевой и боковых поверхностей кромки изделия при попутном движении торцевого и боковых полюсных наконечников, при этом рабочий зазор между полюсными наконечниками и торцевой и боковыми поверхностями кромки изделия в

первой трехполюсной системе устанавливают в диапазоне черновой обработки от 2 до 3 мм, а во второй трехполюсной системе рабочий зазор устанавливают в диапазоне чистовой обработки от 4 до 5 мм.

5

10

15

20

25

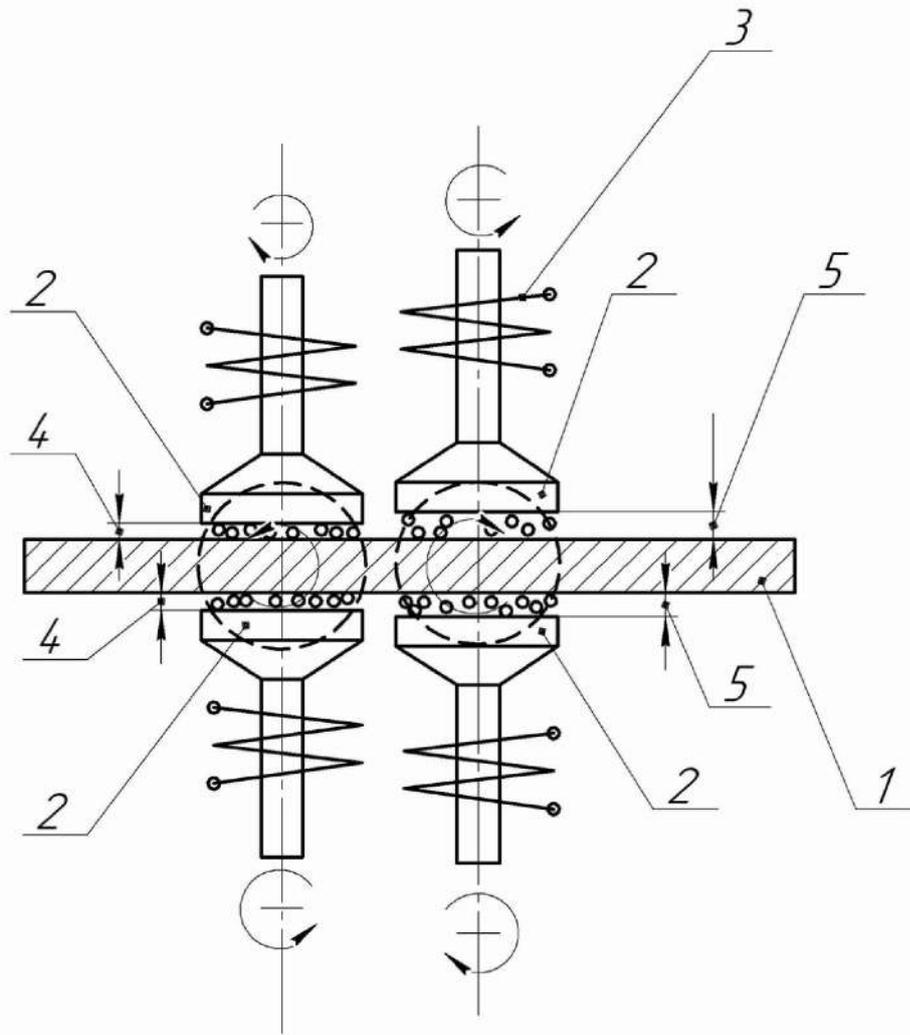
30

35

40

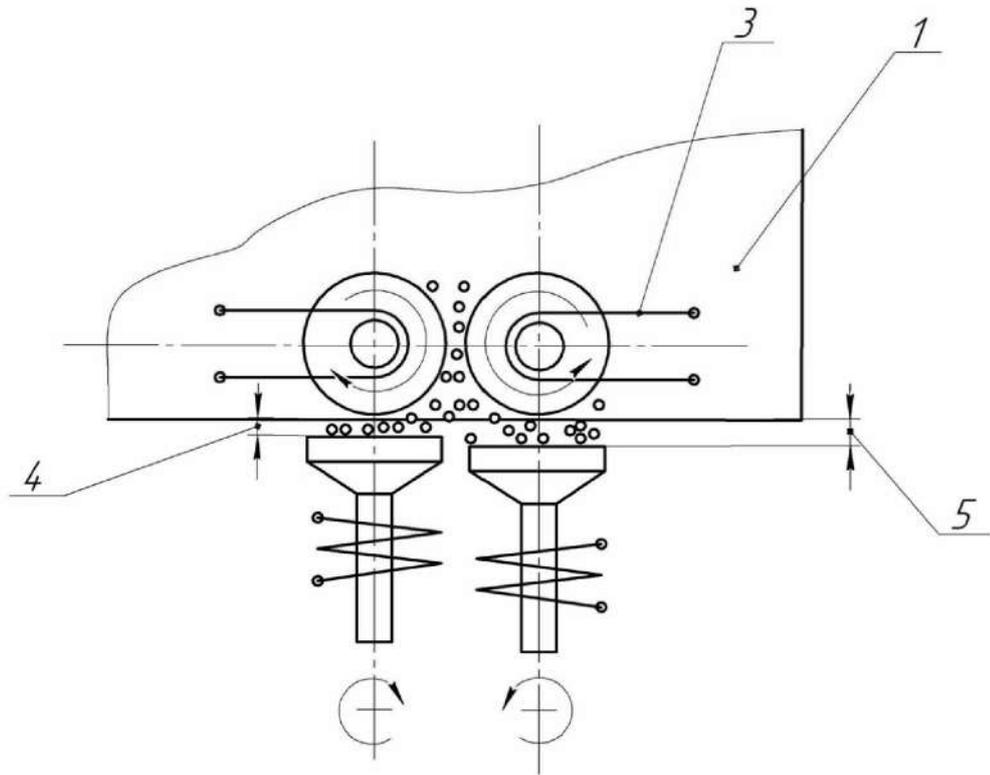
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2