

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2857052

### СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ С АЛЮМИНИЕВЫМИ РЕБРАМИ

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

Авторы: *Синюков Михаил Сергеевич (RU), Максаров Вячеслав Викторович (RU)*

Заявка № 2025124780

Приоритет изобретения 09 сентября 2025 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 февраля 2026 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 09 сентября 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





(51) МПК  
*B23K 1/008* (2006.01)  
*B23K 1/018* (2006.01)  
*B23K 3/04* (2006.01)  
*B23K 101/14* (2006.01)  
*B23K 103/20* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*B23K 1/008 (2026.01); B23K 1/018 (2026.01); B23K 3/04 (2026.01)*

(21)(22) Заявка: 2025124780, 09.09.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 09.09.2025

Дата регистрации:  
 25.02.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.09.2025

(45) Опубликовано: 25.02.2026 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
 университет императрицы Екатерины II",  
 Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Синюков Михаил Сергеевич (RU),  
 Максаров Вячеслав Викторович (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: RU 2228241 C1, 10.05.2004. RU  
 2101146 C1, 10.01.1998. CN 108526637 A,  
 14.09.2018. FR 2795009 B3, 11.05.2001.

(54) СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ С АЛЮМИНИЕВЫМИ РЕБРАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении плоскоовальных труб из стали с алюминиевыми ребрами для теплообменных устройств, применяемых в нефтегазовой промышленности. Способ включает нанесение на поверхность стальных труб и алюминиевых ребер слоя припоя, после чего наносят слой флюса, а затем стальные трубы и алюминиевые ребра нагревают в печи до температуры пайки. Вначале стальную трубу закрепляют на рабочем столе станка, над плоской поверхностью которой устанавливают устройство для обработки, которое состоит из корпуса и подложки, на которой закреплены постоянные большие магниты и малые магниты, на рабочую поверхность которых наносят магнитно-абразивный порошок. Устройство для обработки устанавливают, обеспечивая рабочий зазор  $h$ . Между большими магнитами и плоской поверхностью трубы рабочий зазор равен  $h/3$ , а

между малыми магнитами и плоской поверхностью трубы – равен  $2h/3$ , после этого устройству придают вращательное движение относительно собственной оси симметрии, а рабочему столу – продольное поступательное движение относительно устройства. Затем проводят магнитно-абразивную обработку плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер, устройство для обработки устанавливают над плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер, обеспечивая рабочие зазоры такие же, как при обработке стальной трубы. Технический результат заключается в получении соединения изделий из различных марок металлов повышенной коррозионной стойкости за счет удаления дефектного слоя и оксидной пленки спаиваемых поверхностей вращающимся устройством с постоянными магнитами с черновым и чистовым рабочими зазорами. 5 ил., 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B23K 1/008* (2006.01)  
*B23K 1/018* (2006.01)  
*B23K 3/04* (2006.01)  
*B23K 101/14* (2006.01)  
*B23K 103/20* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*B23K 1/008 (2026.01); B23K 1/018 (2026.01); B23K 3/04 (2026.01)*(21)(22) Application: **2025124780, 09.09.2025**(24) Effective date for property rights:  
**09.09.2025**Registration date:  
**25.02.2026**

Priority:

(22) Date of filing: **09.09.2025**(45) Date of publication: **25.02.2026** Bull. № 6

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet  
imperatritsy Ekateriny II", Patentno-litsenziornyj  
otdel**

(72) Inventor(s):

**Siniukov Mikhail Sergeevich (RU),  
Maksarov Viacheslav Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR CONNECTING STEEL PIPES WITH ALUMINIUM FINS**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: invention can be used in the manufacture of flat-oval steel pipes with aluminium fins for heat exchange devices used in the oil and gas industry. The method includes applying a layer of solder to the surface of steel pipes and aluminium fins, after which a layer of flux is applied, and then the steel pipes and aluminium fins are heated in a furnace to the soldering temperature. First, the steel pipe is fixed on the machine work table, above the flat surface of which a processing device is installed, which consists of a housing and a substrate on which permanent large magnets and small magnets are fixed, on the working surface of which magneto-abrasive powder is applied. The processing device is installed, providing a working gap  $h$ . Between the large magnets and the flat surface of the pipe, the working gap is equal to  $h/3$ , and between

the small magnets and the flat surface of the pipe – equal to  $2h/3$ , after which the device is given a rotational movement relative to its own axis of symmetry, and the work table – a longitudinal translational movement relative to the device. Then, magneto-abrasive processing of the plane of the end contacts of the aluminium fins is carried out, the processing device is installed above the plane of the end contacts of the aluminium fins, providing working gaps the same as when processing the steel pipe.

EFFECT: connection of products from different grades of metals with increased corrosion resistance by removing the defective layer and oxide film of the surfaces to be soldered with a rotating device with permanent magnets with roughing and finishing working gaps.

1 cl, 5 dwg, 1 ex

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении плоскоовальных труб из стали с алюминиевыми ребрами для теплообменных устройств, применяемых, например, в нефтегазовой промышленности.

Известен способ пайки алюминия с жаропрочными сталями и сплавами (патент RU № 2101146, опубл. 10.01.1996 г.), включающий нанесение на паяемые поверхности деталей защитных покрытий, их сборку и пайку в защитной среде, в котором на паяемую поверхность детали из алюминия наносят слой медного покрытия с последующей термической обработкой в вакууме при температуре 430-470°C в течение 40-60 минут, а на поверхность другой детали наносят слой покрытия металла, выбранного из группы никель, медь, устанавливают припой и производят пайку при температуре 50-70°C выше температуры плавления припоя.

Недостатком способа является при термической обработке в вакууме образуются интерметаллические соединения на границе алюминия и медного покрытия, которые снижают эксплуатационные характеристики соединения в условиях динамических нагрузок и переменных температур.

Известен способ изготовления теплообменника (патент RU № 2043885, опубл. 20.09.1995 г.), при котором по крайней мере одну из деталей изготавливают из алюминия, наносят плакированный слой на алюминиевую паяемую поверхность, собирают детали, наносят флюс и нагревают до температуры пайки, отличающийся тем, что другую деталь теплообменника изготавливают из ферритного материала с покрытием из алюминия и нагревают до температуры, достаточной по крайней мере для частичного оплавления плакирующего слоя и покрытия и в течение времени до преобразования покрытия и плакирующего слоя в ферроалюминиевое интерметаллическое соединение.

Недостатком способа является нестабильная глубина диффузии алюминия в сталь при нагреве и неравномерность алюминиевого покрытия на ферритном материале приводят к локальным зонам перегрева и несплавления, что снижает эксплуатационные характеристики соединения.

Известен способ пайки алюминия и алюминиевых сплавов со сталью, медью и другими металлами (авторское свидетельство SU № 92834, опубл. 01.01.1951 г.), при котором на сталь, медь и другие металлы, подлежащие пайке с алюминием или его сплавами, наносят промежуточный слой из никеля или серебра, а в качестве соединительных средств для спайки алюминия и алюминиевого сплава с промежуточным слоем используют твердые припои на алюминиевой основе и флюсы.

Недостатком способа является образование интерметаллических соединений Al-Ni/Al-Ag и гальваническая коррозия, которая возникает при гальванической операции нанесения серебряного промежуточного слоя, что снижает эксплуатационные характеристики соединения.

Известен способ пайки паяносварных конструкций с телескопическими соединениями (авторское свидетельство SU № 1808554, опубл. 15.04.1993 г.), включающий нанесение покрытий припоев на соединяемые детали, сборку, двухстадийный нагрев в защитной атмосфере сначала до температуры ниже температуры пайки с выдержкой при этой температуре, затем нагрев выше температуры плавления припоя и охлаждение, при этом с целью повышения качества неразъемных соединений за счет обезводороживания гальванического припоя поверхностного слоя материала соединяемых деталей, выдержку на первой стадии производят при температуре 280±10°C.

Недостатком способа является двухстадийный нагрев, который является причиной термических деформаций, что снижает эксплуатационные характеристики соединения.

Известен способ соединения стальных труб с алюминиевыми ребрами (патент RU

№ 2228241, опубл. 10.05.2004 г.), принятый за прототип, при котором сначала на поверхность стальных труб или алюминиевых ребер наносят слой из алюминий-цинкового сплава с содержанием алюминия 0,5-20%, а затем перед или при механическом контакте алюминиевых ребер со стальными трубами между стальными трубами и алюминиевыми ребрами при комнатной температуре вводят флюс в форме тетрафторида цезия-алюминия, после чего стальные трубы, снабженные алюминиевыми ребрами, нагревают в печи до температуры пайки 370-470°C и затем охлаждают при комнатной температуре.

Недостатком способа является низкая коррозионная стойкость соединения и риск термических напряжений из-за разницы коэффициентов термического расширения стали и алюминия, что снижает долговечность конструкции в условиях переменных температур и агрессивных сред.

Техническим результатом является получение соединения изделий из различных марок металлов повышенной коррозионной стойкости.

Технический результат достигается тем, что вначале стальную трубу закрепляют на рабочем столе станка, над плоской поверхностью которой устанавливают устройство для обработки, которое состоит из корпуса и подложки, на которой закреплены постоянные большие магниты и малые магниты, на рабочую поверхность которых наносят магнитно-абразивный порошок, при этом рабочая поверхность больших магнитов должна быть параллельна плоской поверхности трубы, далее устройство для обработки устанавливают, обеспечивая рабочий зазор  $h$ , при этом между большими магнитами и плоской поверхностью трубы рабочий зазор равен  $h/3$ , а между малыми магнитами и плоской поверхностью трубы - равен  $2h/3$ , после этого устройству придают вращательное движение относительно собственной оси симметрии, а рабочему столу - продольное поступательное движение относительно устройства, затем проводят магнитно-абразивную обработку плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер, устройство для обработки устанавливают над плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер, обеспечивая рабочий зазор  $h$ , при этом между большими магнитами и плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер рабочий зазор равен  $h/3$ , а между малыми магнитами и плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер - равен  $2h/3$ , после этого устройству придают вращательное движение относительно собственной оси симметрии, а рабочему столу - продольное поступательное движение относительно устройства, в процессе магнитно-абразивной обработки с плоской поверхности трубы и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер удаляют оксидную пленку и снижают шероховатость поверхностей.

Способ соединения стальных труб с алюминиевыми ребрами поясняется следующими фигурами.

Фиг. 1 - общий вид обработки плоскооальной трубы и алюминиевых ребер;

Фиг. 2 - магнитно-абразивная обработка;

Фиг. 3 - структура неразъемного соединения;

Фиг. 4 - график результатов экспериментальных исследований;

Фиг. 5 - устройство для обработки, где:

1 - плоская поверхность трубы;

2 - стальная труба;

3 - рабочий стол;

4 - устройство для обработки;

5 - большой магнит;

6 - рабочая поверхность;

- 7 - магнитно-абразивный порошок;
- 8 - рабочий зазор;
- 9 - продольное поступательное движение;
- 10 - плоскость торцевых контактов алюминиевых ребер;
- 5 11 - алюминиевые ребра;
- 12 - антикоррозионный флюс;
- 13 - припой;
- 14 - корпус;
- 15 - подложка;
- 10 16 - малый магнит.

Способ осуществляют следующим образом. Вначале для магнитно-абразивной обработки плоской поверхности трубы 1 (Фиг. 1) стальную трубу 2 закрепляют на рабочем столе 3 станка, например, фрезерного. Над плоской поверхностью трубы 1 устанавливают устройство для обработки 4. Устройство для обработки 4 состоит из

15 корпуса 14 и подложки 15. На подложку 15 установлены постоянные большие магниты 5 и малые магниты 16. Устройство для обработки 4 устанавливают таким образом, чтобы рабочая поверхность 6 (Фиг. 2) больших магнитов 5 была параллельна плоской поверхности трубы 1. На рабочую поверхность 6 наносят магнитно-абразивный порошок 7. Устройство для обработки 4 устанавливают, обеспечивая на рабочий зазор

20 8, который равен  $h$ . Между большими магнитами 5 и плоской поверхностью трубы 1 обеспечивают малую часть рабочего зазора 8, равную  $h/3$ , а между малыми магнитами 16 и плоской поверхностью трубы 1 обеспечивают большую часть рабочего зазора 8, равную  $2h/3$ . Устройство для обработки 4 придают вращение относительно собственной оси симметрии. Рабочему столу 3 придают продольное поступательное движение 9

25 относительно устройства для обработки 4.

Затем проводят магнитно-абразивную обработку плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер 10. Устройство для обработки 4 устанавливают над плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер 10, обеспечивая рабочий зазор 8, который равен  $h$ . Между большими магнитами 5 и плоскостью торцевых контактов алюминиевых

30 ребер 10 обеспечивают малую часть рабочего зазора 8, равную  $h/3$ , а между малыми магнитами 16 и плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер 10 обеспечивают большую часть рабочего зазора 8, равную  $2h/3$ . Устройство для обработки 4 придают вращение относительно собственной оси симметрии. Рабочему столу 3 придают продольное поступательное движение 9 относительно устройства для обработки 4.

35 В процессе магнитно-абразивной обработки с плоской поверхности трубы 1 и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер 10 удаляют оксидную пленку, снижают шероховатость поверхностей. После окончания магнитно-абразивной обработки на плоскую поверхность трубы 1 наносят антикоррозионный флюс 12, затем наносят припой 13 (Фиг. 3). На плоскую поверхность трубы 1 устанавливают

40 алюминиевые ребра 11. Стальную трубу 2 с алюминиевыми ребрами 11 нагревают в печи до температуры пайки припоя 13, затем охлаждают при комнатной температуре. Получают паяный теплообменный элемент, состоящий из алюминиевых ребер и стальной трубы.

Способ поясняется следующим примером.

45 Проведены экспериментальные исследования, по результатам которых обработаны участки плоскооальной трубы и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер с помощью устройства для магнитно-абразивной обработки с постоянными магнитами марки NdFe45. Обработка проводилась при следующих режимных параметрах:

магнитная индукция В 0,8 Тл, время обработки  $t$  от 6 минут, частота вращения устройства  $n$  460 мин<sup>-1</sup>, продольная подача заготовки  $S$  100 мм/мин. Контролируемым параметром являлась шероховатость обработанной поверхности плоскооальной трубы и плоскости оребрения Ra. Обработаны плоские поверхности плоскооальной трубы и плоскости оребрения без применения метода магнитно-абразивной обработки - чистовое фрезерование концевой фрезой R390-020A20-1 1L с твердосплавными пластинами при следующих режимных параметрах: частота вращения фрезы  $n$  450 мин<sup>-1</sup>, продольная подача заготовки  $S$  100 мм/мин. По результатам экспериментальных исследований построен график зависимости средней шероховатости поверхности Ra плоскости плоскооальной трубы и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер - с применением метода магнитно-абразивной обработки, и без применения метода магнитно-абразивной обработки (Фиг. 4). Средняя шероховатость изделий, обработанных по способу с применением магнитно-абразивной обработки, равняется 0,785 мкм, а средняя шероховатость изделий, обработанных без применения магнитно-абразивной обработки, равняется 1,061 мкм. При этом диапазон разброса шероховатости для 12 опытов с применением магнитно-абразивной обработки составил 0,220 мкм, а без применения магнитно-абразивной обработки составил 0,350 мкм.

Способ позволяет сформировать меньшую и равномерную шероховатость поверхности плоскооальной трубы и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер за счет удаления дефектного слоя и оксидной пленки спаиваемых поверхностей вращающимся устройством с постоянными магнитами, с черновым и чистовым рабочими зазорами, что обеспечивает надежность, прочность и долговечность соединения, повышает коррозионную стойкость соединения.

#### (57) Формула изобретения

Способ соединения стальных труб с алюминиевыми ребрами, включающий нанесение на поверхность стальных труб и алюминиевых ребер слоя припоя, после чего перед механическим контактом алюминиевых ребер со стальной трубой наносят слой флюса, а затем стальные трубы и алюминиевые ребра нагревают в печи до температуры пайки, которые затем охлаждают при комнатной температуре, отличающийся тем, что вначале стальную трубу закрепляют на рабочем столе станка, над плоской поверхностью которой устанавливают устройство для обработки, которое состоит из корпуса и подложки, на которой закреплены постоянные большие магниты и малые магниты, на рабочую поверхность которых наносят магнитно-абразивный порошок, при этом рабочая поверхность больших магнитов параллельна плоской поверхности трубы, далее устройство для обработки устанавливают, обеспечивая рабочий зазор  $h$ , при этом между большими магнитами и плоской поверхностью трубы рабочий зазор равен  $h/3$ , а между малыми магнитами и плоской поверхностью трубы – равен  $2h/3$ , после этого устройству придают вращательное движение относительно собственной оси симметрии, а рабочему столу – продольное поступательное движение относительно устройства, затем проводят магнитно-абразивную обработку плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер, устройство для обработки устанавливают над плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер, обеспечивая рабочий зазор  $h$ , при этом между большими магнитами и плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер рабочий зазор равен  $h/3$ , а между малыми магнитами и плоскостью торцевых контактов алюминиевых ребер – равен  $2h/3$ , после этого устройству придают вращательное движение относительно собственной оси симметрии, а рабочему столу – продольное поступательное движение относительно устройства, в процессе магнитно-абразивной обработки с плоской

поверхности трубы и плоскости торцевых контактов алюминиевых ребер удаляют оксидную пленку и снижают шероховатость поверхностей.

5

10

15

20

25

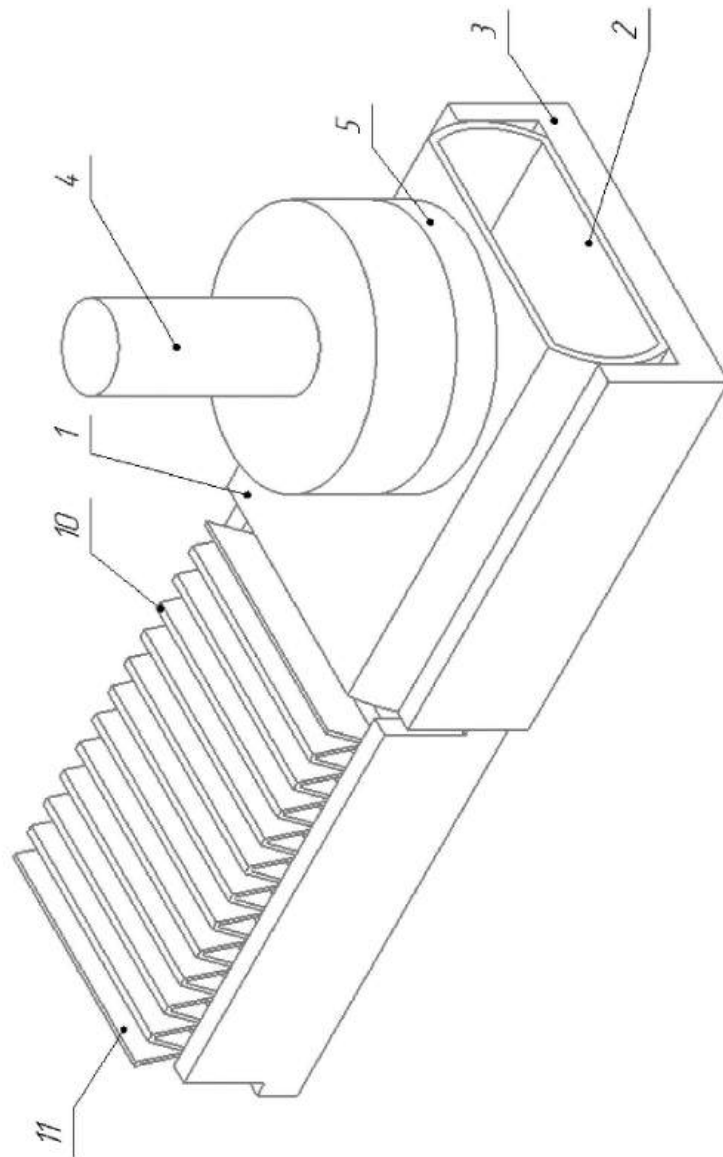
30

35

40

45

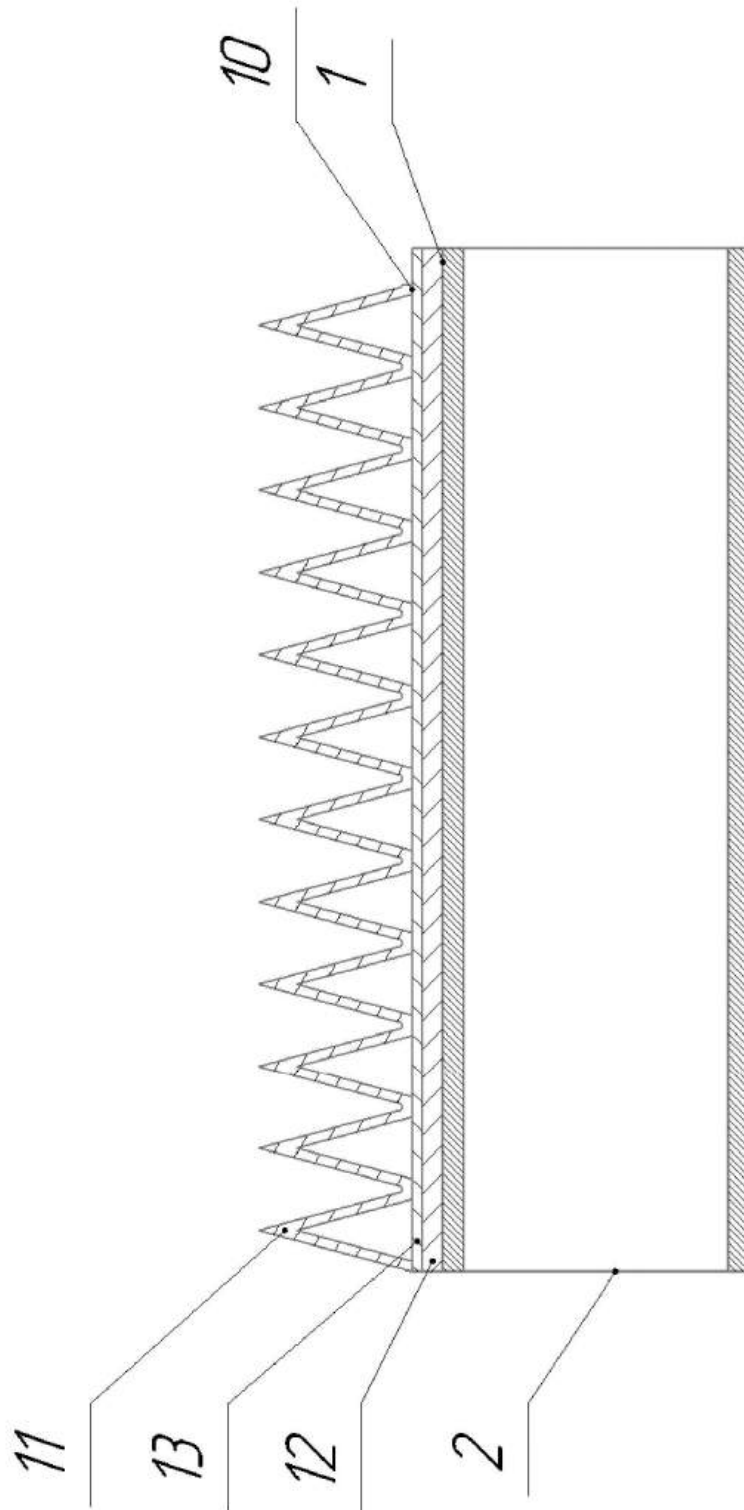
1



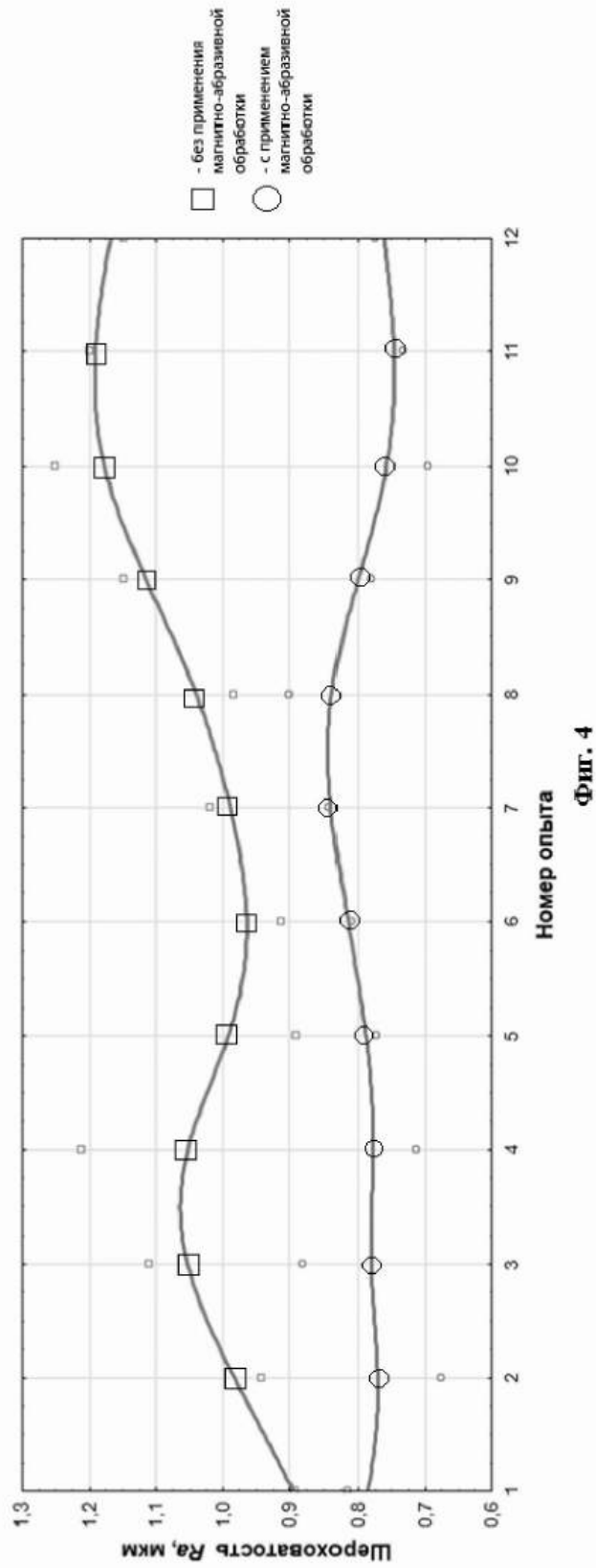
Фиг. 1

2

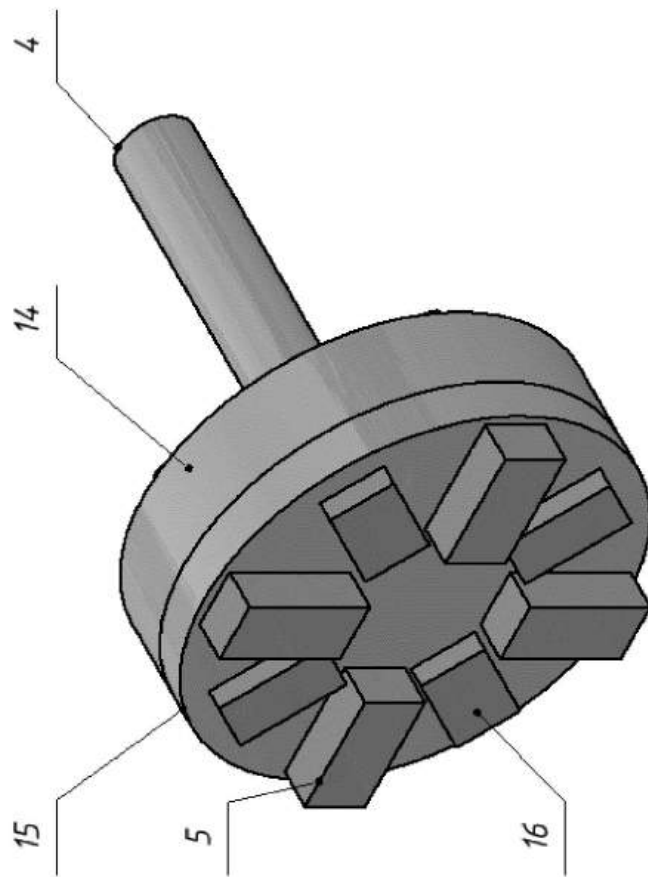




Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5