

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2867074

**СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ДИФфуЗИОННОГО
НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ НА ВНУТРЕННЮЮ
ПОВЕРХНОСТЬ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ**

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

Авторы: *Сивенков Алексей Валентинович (RU), Михайлов
Андрей Владимирович (RU), Пряхин Евгений Иванович (RU),
Гареев Денис Витальевич (RU)*

Заявка № 2025136762

Приоритет изобретения 04 февраля 2026 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 июля 2026 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 04 февраля 2046 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C23C 10/22 (2026.05); C23C 2/04 (2026.05); C23C 2/28 (2026.05); C23C 2/38 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2025136762, 04.02.2026

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.02.2026

Дата регистрации:
28.07.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.02.2026

(45) Опубликовано: 28.07.2026 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Сивенков Алексей Валентинович (RU),
Михайлов Андрей Владимирович (RU),
Пряхин Евгений Иванович (RU),
Гареев Денис Витальевич (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 2553155 C1, 10.06.2015. RU
2061086 C1, 27.05.1996. RU 2710617 C1,
30.12.2019. SU 1016397 A1, 07.05.1983. US 6719034
B2, 13.04.2004. JP 58027977 A, 18.02.1983.

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ДИФфуЗИОННОГО НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу нанесения диффузионного никелевого покрытия на внутреннюю поверхность стальной трубы. К торцу стальной трубы жестко закрепляют заглушку из листовой малоуглеродистой стали. Проводят очистку от следов ржавчины механическим или химическим методом и обезжиривание в органических растворителях внутренней поверхности трубы. Предварительно готовят раствор от 4 до 5% никеля в эвтектическом расплаве свинец-висмут. Затем в трубу заливают расплав упомянутого раствора при температуре от 200 до 250 °С. Заполненную стальную трубу устанавливают в глухое отверстие, которое выполнено в центре подставки из жаростойкого сплава, в индукторе

индукционной печи. Сверху стальную трубу закрывают конической заглушкой. Затем стальную трубу нагревают и подвергают изотермической выдержке в индукционной печи при температуре от 850 до 1050 °С в течение 4 ч. После изотермической выдержки индукционную печь с трубой охлаждают до температуры от 200 до 300 °С для поддержания упомянутого расплава в жидком состоянии. Затем шток поднимают до крайнего верхнего положения. Извлекают трубу из печи и выливают расплав в другую подготовленную трубу для повторного использования упомянутого расплава и удаляют нижнюю заглушку. Обеспечивается нанесение диффузионного покрытия на внутреннюю поверхность труб. 1 ил., 1 табл., 3 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C23C 10/22 (2006.01)*C23C 2/04* (2006.01)*C23C 2/28* (2006.01)*C23C 2/38* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C23C 10/22 (2026.05); *C23C 2/04* (2026.05); *C23C 2/28* (2026.05); *C23C 2/38* (2026.05)(21)(22) Application: **2025136762, 04.02.2026**(24) Effective date for property rights:
04.02.2026Registration date:
28.07.2026

Priority:

(22) Date of filing: **04.02.2026**(45) Date of publication: **28.07.2026** Bull. № 22

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Sivenkov Aleksei Valentinovich (RU),
Mikhailov Andrei Vladimirovich (RU),
Priakhin Evgenii Ivanovich (RU),
Gareev Denis Vitalevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**(54) **METHOD OF APPLYING A DIFFUSION NICKEL COATING TO THE INNER SURFACE OF A STEEL PIPE**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to a method for applying a diffusion nickel coating to the inner surface of a steel pipe. A plug made of low-carbon sheet steel is rigidly attached to the end of the steel pipe. The inner surface of the pipe is cleaned of traces of rust using mechanical or chemical methods and degreased in organic solvents. First, a solution of 4 to 5% nickel is prepared in a eutectic lead-bismuth melt. Then the melt of the mentioned solution is poured into the pipe at a temperature of 200 to 250°C. The filled steel pipe is installed in a blind hole, which is made in the centre of a stand made of heat-resistant alloy, in the inductor of an induction furnace. The steel pipe is closed at the top

with a conical plug. The steel pipe is then heated and isothermally held in an induction furnace at a temperature of 850 to 1050°C for 4 hours. After isothermal holding, the induction furnace with the tube is cooled to a temperature of 200 to 300°C to maintain said melt in a liquid state. Then the rod is raised to its extreme upper position. The pipe is removed from the furnace and the melt is poured into another prepared pipe for reuse of said melt and the bottom plug is removed.

EFFECT: application of a diffusion coating to the inner surface of pipes.

1 cl, 1 dwg, 1 tbl, 3 ex

Изобретение относится к технологиям нанесения защитных диффузионных покрытий на внутреннюю поверхность металлических труб для повышения коррозионной стойкости и долговечности трубных изделий, эксплуатируемых в агрессивных средах. Способ может быть использован в нефтегазовой, химической и энергетической промышленности для защиты труб от воздействия коррозии и абразивного износа.

Известен способ нанесения диффузионного покрытия (авторское свидетельство СССР № 1504286, опубл. 30.08.1989) включающий размещение металлических деталей в тигле с легкоплавким жидкометаллическим раствором 3 мас. % никеля в транспортном расплаве на основе свинца с добавлением 2-5 мас. % олова при температуре 1000-1200 °С. Способ предусматривает использование инертной атмосферы для нанесения диффузионного покрытия на наружные поверхности изделия или изделия целиком.

Недостатками данного способа является использование транспортного расплава с добавлением олова, которое может вызывать коррозионное поражение покрываемых сплавов на основе железа.

Известен способ высокотемпературного диффузионного осаждения (Сивенков А.В. Повышение коррозионной стойкости деталей машиностроения путем нанесения защитных покрытий способом высокотемпературного диффузионного осаждения из среды легкоплавких расплавов: дис. канд. тех. наук.: 05.02.01 / Алексей Валентинович Сивенков.- СПб., 2009.-148с.), включающий нанесение покрытий при температурах 900-1200°С по изотермическому или термоциклическому режиму обработки в течение 1-24 ч. Предварительно подготовленная ампула с легкоплавким расплавом свинца и обрабатываемый образец размещается в печи. Для предотвращения высокотемпературного окисления образца, расплава и ампулы из печи откачивается воздух до величины остаточного давления $1,33 \cdot 10^{-2}$ - $1,33 \cdot 10^{-1}$ Па. Далее печь заполняется аргоном высокой чистоты до нормального давления и производится нагрев до рабочей температуры процесса высокотемпературного диффузионного осаждения. При достижении температуры процесса образец загружается в ампулу с легкоплавким расплавом и выдерживается заданное время. После отработки режима нанесения никелевого покрытия обработанный образец извлекается из расплава, и печь охлаждается до температуры окружающей среды.

Недостатками данного способа является высокая энергоемкость процесса, обусловленная необходимостью создания и поддержания вакуума, что приводит к значительному потреблению электроэнергии и повышает эксплуатационные расходы.

Известен способ нанесения диффузионного покрытия с применением флюса для защиты от окисления в электропечах с воздушной атмосферой (Serdiuk N. A., Pryakhin E. I., Sivenkov A. V. Technological basis for the process of application of diffusion coatings in liquid metal melts with use of electric furnaces with air atmosphere //CIS Iron and Steel Review. – 2022. – №. 22. – С. 61-66), включающий очистку стального изделия от загрязнений и оксидов, помещение в расплав свинца с предварительным насыщением необходимым количеством никеля. Для предотвращения окисления поверхности расплава и самого изделия сверху расплава наносят защитный флюс на основе смеси $\text{CaO-Li}_2\text{CO}_3\text{-B}_2\text{O}_3$.

Процесс насыщения проводят при температуре 950 °С в течение 4 часов в электропечи с воздушной атмосферой.

Недостатком способа является образование токсичного шлака, обогащенного соединениями бора, который требует процедур утилизации и захоронения для предотвращения долгосрочного загрязнения окружающей среды.

Известен способ получения диффузионных покрытий на металлических изделиях, описанный в патенте (патент РФ № 2553155, опубл. 10.06.2015), включающий

диффузионное насыщение стальных изделий в легкоплавком жидкометаллическом растворе свинца с литием с последующей очисткой изделий от следов расплава и термическим воздействием путем перемещения их в слой солевого расплава. Данный способ осуществляется в устройстве с тремя зонами: нижней зоной с легкоплавким

металлическим раствором, средней зоной с солевым расплавом, содержащим хлориды Ва, Na и К, для очистки и термообработки, и верхней зоной предварительного подогрева.

Недостатком данного аналога является коррозионное воздействие солевого расплава на оборудование.

Известен способ нанесения диффузионных покрытий в среде легкоплавких металлов является способ (Шатинский В.Ф. Получение диффузионных покрытий в среде легкоплавких металлов: Монография / В.Ф. Шатинский, О.М. Збожная, Г.Г.

Максимович; под ред. О.Н. Романова, - Киев.: Изд-во Наукова Думка, 1976. - 197 с.), принятый за прототип, который заключается в использовании герметичной ампулы, в которую помещаются порошок диффундирующего никеля, образцы и легкоплавкий расплав свинца. Заполнение ампулы и герметизация сваркой проводятся в атмосфере спектрально чистого аргона. Ампула затем подвергается изотермической выдержке в электропечи при температуре 800-1200 °С.

Недостатком способа является недостаточная толщина получаемого покрытия до 15 мкм, что не обеспечивает высокую износостойкость защищаемого изделия.

Техническим результатом является нанесение диффузионного покрытия на внутреннюю поверхность труб.

Технический результат достигается тем, к торцу стальной трубы жестко закрепляют заглушку из листовой малоуглеродистой стали, после этого проводят очистку от следов ржавчины механическим или химическим методом и обезжиривание в органических растворителях внутренней поверхности трубы, предварительно готовят раствор от 4 до 5% никеля в эвтектическом расплаве свинец – висмут, затем в трубу заливают расплав упомянутого раствора при температуре от 200 до 250°С, заполненную стальную трубу устанавливают в глухое отверстие, которое выполнено в центре подставки из жаростойкого сплава, в индукторе индукционной печи, сверху стальную трубу закрывают конической заглушкой, затем стальную трубу нагревают и подвергают изотермической выдержке в индукционной печи при температуре от 850 до 1050°С в течение 4 ч, после изотермической выдержки индукционную печь с трубой охлаждают до температуры от 200 до 300°С для поддержания упомянутого расплава в жидком состоянии, затем шток поднимают до крайнего верхнего положения, извлекают трубу из печи и выливают расплав в другую подготовленную трубу для повторного использования упомянутого расплава и удаляют нижнюю заглушку

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 – зажимное приспособление в шахтной печи, где:

1 – индукционная печь;

2 – индуктор;

3 – подставка;

4 – труба;

5 – коническая заглушка;

6 – шток;

7 – крышка;

8 – уплотнитель;

9 – фланец.

Способ осуществляется следующим образом. К торцу трубы из стали жестко

закрепляют заглушку из листовой малоуглеродистой стали. После этого проводят очистку от следов ржавчины механическим или химическим способом и обезжиривание в органических растворителях, например, Нефрас С2 80/120, внутренней поверхности трубы. Предварительно приготавливают раствор от 4 до 5% никеля в эвтектическом расплаве свинец – висмут. Далее в трубу заливают расплавленный раствор никеля в эвтектике свинец-висмут при температуре от 200 до 250°C. Заполненную трубу 4 устанавливают в глухое отверстие, которое выполнено в центре подставки 3 из жаростойкого сплава, в индукторе 2 индукционной печи 1. Сверху трубу закрывают конической заглушкой 5, которая выполнена с конусностью 45 град из коррозионностойкой стали высокой жаростойкости, при этом её диаметр больше диаметра трубы на 10 %. Коническая заглушка 5 закреплена на перемещаемом штоке 6 для вертикальной устойчивости и герметизации в пространстве печи между нагревателями индуктора 2. Шток 6 водоохлаждаемый и проходит через крышку 7 печи, через уплотнитель 8 и фиксирующий фланец 9.

После закрывания стальной трубы конической заглушкой стальную трубу нагревают и подвергают изотермической выдержке в индукционной печи при температуре от 850 до 1050°C в течение 4 ч, при этом после изотермической выдержки индукционную печь со стальной трубой охлаждают до температуры от 200 до 300°C для поддержания транспортного расплава в жидком состоянии. Шток 6 поднимают до крайнего верхнего положения, извлекают трубу из печи и выливают раствор в другую подготовленную трубу для повторного использования пока не закончится растворенный никель и удаляют нижнюю заглушку трубы. Внутри трубы сформирован плотный и равномерный слой никелевого покрытия толщиной от 56 до 72 мкм

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. В качестве примера реализации технологии нанесения никелевого диффузионного покрытия на внутреннюю поверхность трубного изделия использовалась труба из стали 20 диаметром 20 мм и толщиной стенки 2 мм. Один торец трубы герметично заваривался листом малоуглеродистой стали. Внутренняя поверхность трубы подвергалась механической очистке, после чего внутрь заливался эвтектический расплав свинца и висмута в пропорции. В качестве диффундирующего элемента в расплав добавлялись до 4-5 % гранулы никеля марки Н-1. После заполнения труба помещалась в печь и вертикально фиксировалась. Термообработка герметизированного образца проводилась в камерной печи при температуре 950 °С в течение 4 часов. По завершении выдержки труба охлаждалась на воздухе.

В результате на внутренней поверхности трубы формировался сплошной никелевый слой толщиной до 60 мкм. Полученное покрытие отличалось высокой равномерностью и отсутствием дефектов.

Пример 2. Для получения никелевого покрытия на внутренней поверхности трубы из стали 45 диаметром 20 мм и толщиной стенки 2 мм использовали следующий подход: после заварки торца трубы, зачистки внутренней поверхности и обезжиривания трубу заполняли эвтектическим расплавом Pb-Bi с никелевыми гранулами. Образец помещали в печь, разогревали до 950 °С, выдерживали 4 часа и затем остужали на воздухе. В результате сформировалось покрытие толщиной 56 мкм.

Пример 3. В качестве примера использования предложенного способа никелевое диффузионное покрытие наносилось на внутреннюю поверхность трубы, изготовленной из стали 40Х. Для этого после приварки торца, механической очистки и обезжиривания внутренней поверхности труба заполнялась эвтектическим расплавом свинца и висмута, в который добавлялись гранулы никеля марки Н-1. После изделие подвергалось

термической обработке при температуре 1000 °С, а время выдержки составляло 4 часа. По завершении процесса труба охлаждалась на воздухе. В результате сформировался слой никеля толщиной 63 мкм.

Влияние технологических параметров на толщину получаемого покрытия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние технологических параметров на толщину покрытия

Материал	Наружный диаметр и толщина стенки трубы, мм	Температура, °C	Время выдержки, ч	Толщина покрытия, мкм
Сталь 20	20x2	850	4	46
		900		52
		950		60
		1000		72
		1050		81
Сталь 45		850		41
		900		48
		950		56
		1000		68
		1050		72

В результате на внутренней поверхности трубы формируется никелевый слой толщиной до 72 мкм. Полученное покрытие отличается высокой однородностью и отсутствием дефектов, а технология сохраняет преимущества по простоте нанесения металлического диффузионного покрытия на внутреннюю поверхность трубы и отсутствию необходимости в вакуумном оборудовании или инертных газах. Нижняя граница термической выдержки обусловлена температурой фазового перехода стали, изменяющего растворимость никеля в железе. Верхняя температура термической обработки ограничена изменением структуры и механических свойств стали, сильным окислением наружной поверхности трубы.

Преимущество изобретения состоит в том, что при реализации заявленного способа обеспечивается получение равномерного диффузионного покрытия толщиной от 56 до 72 мкм на внутренней поверхности труб из углеродистых сталей различного диаметра при температуре обработки от 850 до 1050 °С и выдержке 4 часа, что повышает стойкость изделий к термическому и механическому воздействию, снижает износ и существенно увеличивает срок службы конструкций в промышленных условиях.

(57) Формула изобретения

Способ нанесения диффузионного никелевого покрытия на внутреннюю поверхность стальной трубы, характеризующийся тем, что к торцу стальной трубы жестко закрепляют заглушку из листовой малоуглеродистой стали, после этого проводят очистку от следов ржавчины механическим или химическим методом и обезжиривание в органических растворителях внутренней поверхности трубы, предварительно готовят раствор от 4 до 5% никеля в эвтектическом расплаве свинец-висмут, затем в трубу заливают расплав упомянутого раствора при температуре от 200 до 250 °С, заполненную стальную трубу устанавливают в глухое отверстие, которое выполнено в центре подставки из жаростойкого сплава, в индукторе индукционной печи, сверху стальную трубу закрывают конической заглушкой, затем стальную трубу нагревают и подвергают изотермической выдержке в индукционной печи при температуре от 850 до 1050 °С в течение 4 ч, после изотермической выдержки индукционную печь с трубой охлаждают до температуры от 200 до 300 °С для поддержания упомянутого расплава в жидком состоянии, затем шток поднимают до крайнего верхнего положения, извлекают трубу

из печи и выливают расплав в другую подготовленную трубу для повторного использования упомянутого расплава и удаляют нижнюю заглушку.

5

10

15

20

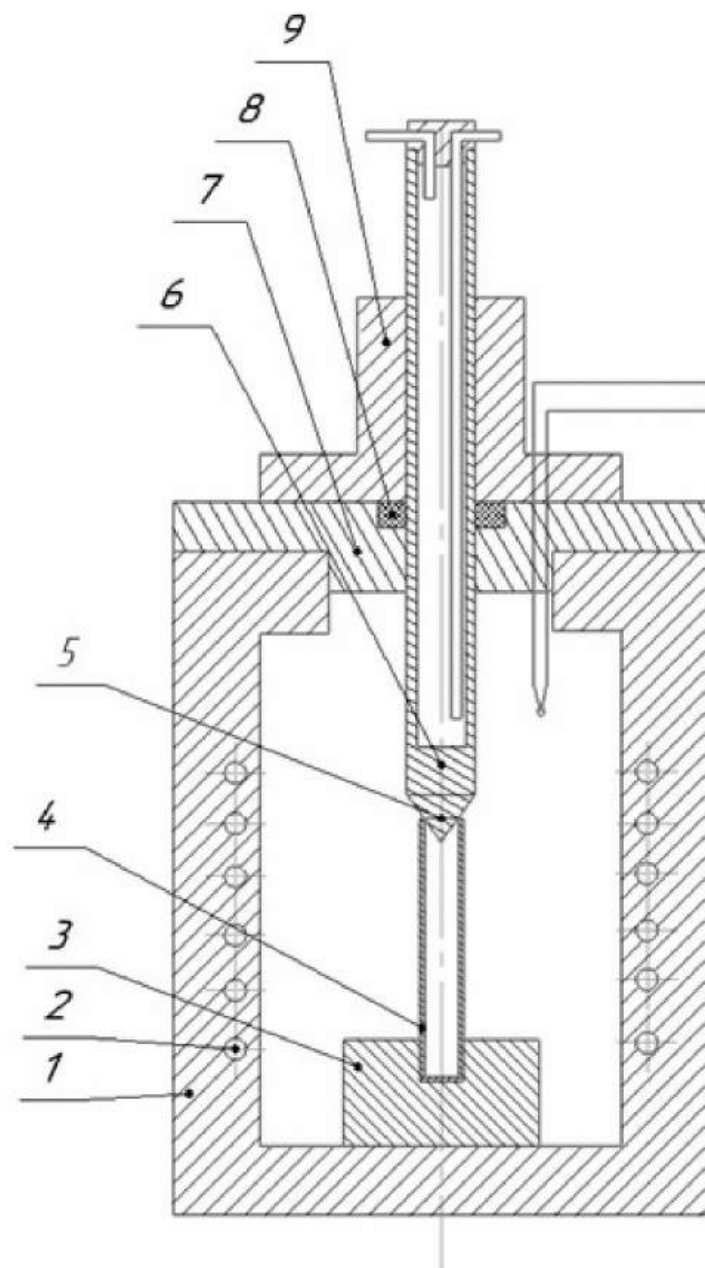
25

30

35

40

45



Фиг. 1