



(51) МПК
F27B 14/06 (2006.01)
F27D 11/12 (2006.01)
F27D 27/00 (2010.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F27B 14/06 (2006.01); *F27D 11/12* (2006.01); *F27D 27/00* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016148352, 08.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 08.12.2016

Дата регистрации:
 07.09.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.12.2016

(43) Дата публикации заявки: 08.06.2018 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 07.09.2018 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ), отдел интеллектуальной и промышленной собственности (ОИПС)

(72) Автор(ы):

Левшин Геннадий Егорович (RU),
 Левшин Александр Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Современные плавильные агрегаты: вагранки, газокислородные печи, электродуговые и индукционные печи и устройства для внепечной обработки и разлива металла. Сборник. Инженерно-технологический центр машиностроения "Металлург", 2-я ред. М., Metallurg-kolcasing, 2011, с.182, 217, 220. RU 2390700 C2, 27.05.2010. SU 1109569 A1, 23.08.1984. SU 709940 (см. прод.)**

(54) Индукционная индукторная тигельная печь с кольцевым наборным магнитопроводом

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, в частности к индукционной индукторной тигельной печи с кольцевым наборным магнитопроводом, которая предназначена для использования в металлургии и литейном производстве для выплавки различных сплавов. Печь содержит соединенные вместе футерованный тигель, подину, охлаждаемый индуктор с электроизолированными витками и токоподводом, охватывающий его наружный вертикальный наборный магнитопровод и каркас с верхней и нижней плитами, скрепленными стяжками. При этом она снабжена

цилиндрической обечайкой, размещенной между тиглем и индуктором, а упомянутый магнитопровод выполнен в виде кольцевого кожуха, при этом обечайка и магнитопровод расположены между плитами с образованием замкнутой герметичной кольцевой полости для размещения индуктора и хладагента с возможностью его подвода и отвода. Изобретение позволяет значительно расширить сферу использования упомянутой печи путем снижения энергоемкости плавки, уменьшения эксплуатационных расходов и занимаемой площади, повышения защищенности индуктора и надежности работы печи. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.

(56) (продолжение):

A, 15.01.1980. JP 2004108666 A, 08.04.2004.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

F27B 14/06 (2006.01)*F27D 11/12* (2006.01)*F27D 27/00* (2010.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F27B 14/06 (2006.01); *F27D 11/12* (2006.01); *F27D 27/00* (2006.01)

(21)(22) Application: 2016148352, 08.12.2016

(24) Effective date for property rights:
08.12.2016Registration date:
07.09.2018

Priority:

(22) Date of filing: 08.12.2016

(43) Application published: 08.06.2018 Bull. № 16

(45) Date of publication: 07.09.2018 Bull. № 25

Mail address:

656038, Altajskij kraj, g. Barnaul, pr. Lenina, 46,
FGBOU VO "Altajskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet im. I.I. Polzunova"
(AltGTU), otdel intellektualnoj i promyshlennoj
sobstvennosti (OIPS)

(72) Inventor(s):

Levshin Gennadij Egorovich (RU),
Levshin Aleksandr Gennadevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet im. I.I. Polzunova"
(AltGTU) (RU)

(54) INDUCTION CRUCIBLE FURNACE WITH AN ASSEMBLED ANNULAR MAGNETIC CORE

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, in particular to an induction crucible furnace with an assembled annular magnetic core, which is intended for using in metallurgy and foundry production for the smelting of various alloys. Furnace comprises connected lined crucible, bottom, cooled inductor with electrically insulated windings and current lead, covering its outer vertical assembled magnetic core and frame with upper and lower plates fastened by ties. Wherein it is provided with a cylindrical shell placed between the crucible and the inductor, and said magnetic core is made in the form

of an annular casing, wherein the shell and the magnetic core are placed between the plates to form a closed, sealed annular cavity for accommodating the inductor and the coolant, with the possibility of supply and discharge.

EFFECT: invention provides significantly wider scope of use of said furnace by reducing the energy intensity of the smelting, reducing the operating costs and occupied area, increasing the inductor protection and furnace operation reliability.

4 cl, 1 dwg

Изобретение относится преимущественно к металлургии и литейному производству, в частности к конструкциям индукционных индукторных тигельных печей, имеющих наружный наборный магнитопровод из электротехнической стали и применяемых для выплавки различных сплавов, доведения расплава до необходимых свойств и выдержки его для порционной разливки.

Известна индукционная индукторная тигельная печь, содержащая скрепленные вместе металлический каркас, стальной, чугунный или футерованный огнеупорный тигель, однослойный водоохлаждаемый электроизолированный трубчатый индуктор с токоподводом, неферромагнитный кольцевой сплошной электропроводный экран. Футерованный тигель опирается на внутреннюю поверхность индуктора и создает вместе с расплавом давление на него, особенно при сливе расплава. Витки индуктора, охватывающие цилиндрический тигель с ванной, расположены максимально близко к тиглю преимущественно в горизонтальной плоскости соосно с вертикальной осью тигля и являются опорой для него. Витки выполнены полыми из специальной медной трубки, внутри которой под давлением до 0,2-0,7 МПа протекает со скоростью 1-1,5 м/с охлаждающая кондиционная вода: дистиллированная или с содержанием механических примесей до 80 г/м³, жесткостью до 7 г-эquiv/м³, температурой 35-40°C и водородным показателем рН=7. Поверх трубки нанесен электроизоляционный слой. (Фарбман С.А. Индукционные печи для плавки металлов и сплавов / С.А. Фарбман, И.Ф. Колобнев. - М.: Металлургия, 1968. - С. 331, 335).

Основным недостатком индукционной индукторной тигельной печи является ограниченная сфера использования, обусловленная следующими причинами:

- повышенным расходом энергии на создание рабочего магнитного потока, так как, не смотря на требование размещения стенок тигля максимально близко к виткам индуктора, существенная часть рабочего магнитного потока с наибольшим значением индукции не используется, поскольку проходит по толстым неэлектропроводным стенкам футерованного тигля, а не по шихте или расплаву. Помимо рабочего магнитного потока индуктор создает и магнитный поток рассеяния такой же величины, не участвующий в нагреве шихты и расплава. Все это уменьшает полезное использование магнитного потока почти до 40%, а естественный коэффициент мощности $\cos \phi$ - до 0,03-0,10 и повышает расход энергии;

- дополнительно повышенным расходом энергии, значительными габаритами и высокой стоимостью применяемого устройства для слива расплава из-за необходимости поворота всей тяжелой и громоздкой печи;

- повышенными эксплуатационными расходами на обеспечение безаварийной работы печи из-за вытекания расплава на индуктор при образовании щелей в тигле;

- повышенными эксплуатационными расходами по кондиционированию воды и созданию повышенного давления вследствие охлаждения полых витков индуктора кондиционной водой;

- повышенным расходом кондиционной воды для охлаждения индуктора и воротниковой зоны футерованного тигля из-за повышенных скорости и давления ее в трубке индуктора, чтобы обеспечить ее температуру не выше 35-40°C;

- повышенными расходами на изготовление индуктора из специальной медной трубки для обеспечения его необходимой прочности и его эксплуатации;

- повышенными габаритами и массой печи и увеличенной занимаемой производственной площадью, так как поток рассеяния вызывает нагрев близкорасположенных электропроводных частей каркаса, поэтому эти части и электропроводный экран удаляют от индуктора;

- пониженной защищенностью и надежностью работы тигля и индуктора печи из-за близкого размещения витков индуктора вокруг тигля и склонности футеровки тигля к прогоранию и образованию трещин под воздействием вибрации индуктора и массы расплава и возможного повреждения индуктора расплавом, проникшим сквозь трещины к индуктору;

- вредным влиянием магнитного потока рассеяния на здоровье работников, так как очень трудно обеспечить величину индукции переменного магнитного поля ниже предельно допустимого уровня (ПДУ), особенно у открытого тигля;

- повышенной вибрацией трубчатых медных жестких витков индуктора и, как следствие, шумом, вредно влияющими на всю конструкцию печи и работающих.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является индукционная индукторная тигельная печь с I-образными наружными наборными магнитопроводами, содержащая скрепленные вместе каркас с верхней и нижней плитами в виде колец, футерованный огнеупорный тигель, однослойный водоохлаждаемый электроизолированный трубчатый индуктор с токоподводом, верхнюю и нижнюю охлаждающие катушки, ферромагнитный дискретный экран из нескольких, до 24, вертикальных стержневых пластинчатых I-образных магнитопроводов. Футерованный тигель опирается на внутреннюю поверхность индуктора и создает вместе с расплавом давление на него, особенно при сливе расплава.

Водоохлаждаемые витки индуктора охватывают тигель и расположены максимально близко к тиглю преимущественно горизонтально и соосно с вертикальной осью тигля и являются опорой для него. Витки выполнены полыми из специальной медной трубки, внутри которой под давлением до 0,2-0,7 МПа протекает со скоростью 1-1,5 м/с охлаждающая кондиционная вода: дистиллированная или с содержанием механических

примесей до 80 г/м³, жесткостью до 7 г-эquiv/м³, температурой 35-40°C и водородным показателем рН=7. Поверх трубки нанесен электроизоляционный слой. Вертикальные стержневые наборные I-образные магнитопроводы из электротехнической стали расположены с внешней стороны индуктора с заданным шагом по окружности и промежутками между ними, их полюса горизонтальны, размещены на нижнем и верхнем торцах магнитопровода и обращены в противоположные стороны. Это частично уменьшает поток рассеяния, но увеличивает массу и габариты печи (Современные плавильные агрегаты: вагранки, газокислородные печи, электрические дуговые и индукционные печи и устройства для внепечной обработки и разлива металла: сборник / Инженер.-технол. центр машиностроения "Металлург". - 2-я ред. с доп. и уточнениями. - М.: Metallurg-консалтинг, - С. 182, 217, 220).

Основным недостатком индукционной индукторной тигельной печи с I-образными наборными магнитопроводами является ограниченная сфера использования, обусловленная следующими причинами:

- повышенным расходом энергии, так как, не смотря на требование размещения стенок тигля максимально близко к виткам индуктора, существенная часть рабочего магнитного потока с наибольшим значением индукции не используется, поскольку проходит по толстым неэлектропроводным стенкам тигля, а не по шихте или расплаву. Помимо рабочего магнитного потока индуктор создает и магнитный поток рассеяния такой же величины, не участвующий в нагреве шихты и расплава. Все это уменьшает полезное использование магнитного потока почти до 40%,

- дополнительно повышенным расходом энергии, значительными габаритами и высокой стоимостью устройства для слива расплава из-за необходимости поворота всей тяжелой и громоздкой печи;

- повышенными эксплуатационными расходами на обеспечение безаварийной работы печи из-за вытекания расплава на индуктор при образовании щелей в тигле;

- повышенными эксплуатационными расходами по кондиционированию воды и созданию повышенного давления вследствие охлаждения полых витков индуктора и охлаждающих катушек кондиционной водой;

- повышенным расходом кондиционной воды для охлаждения индуктора и воротниковой и донной зон футерованного тигля из-за повышенных скорости и давления ее в трубке индуктора, чтобы обеспечить ее температуру не выше 35...40°C;

- повышенными габаритами и массой печи и увеличенной занимаемой

производственной площадью, так как магнитный поток рассеяния вызывает нагрев близкорасположенных электропроводных частей каркаса, поэтому эти части удаляют от индуктора, а вокруг индуктора устанавливают вертикальные магнитопроводы, которые, однако, не улавливают весь поток;

- вредным влиянием магнитного потока рассеяния на здоровье работников, так как вертикальные магнитопроводы улавливают поток только частично и поэтому не обеспечивают величину индукции переменного магнитного поля ниже предельно допустимого уровня (ПДУ);

- пониженной защищенностью и надежностью печи из-за близкого размещения витков индуктора вокруг тигля и склонности футеровки тигля к прогоранию и образованию трещин под воздействием вибрации индуктора и массы расплава и возможного повреждения индуктора расплавом, проникшим сквозь трещины к индуктору;

- повышенной вибрацией трубчатых медных витков индуктора и, как следствие, шумом, вредно влияющими на всю конструкцию печи и работающих.

В основе изобретения лежит техническая проблема обеспечения расширения сферы использования индукционных плавки и тигельной печи путем снижения энергоемкости плавки, уменьшения эксплуатационных расходов и занимаемой площади, повышения защищенности индуктора и работающих и надежности работы печи.

Решение этой технической проблемы достигается тем, что индукционная индукторная тигельная печь, содержащая скрепленные вместе каркас с верхней и нижней плитами, футерованный тигель, охлаждаемый индуктор с электроизолированными витками и токоподводом, наружный наборный магнитопровод, согласно изобретению дополнительно снабжена цилиндрической обечайкой, размещенной между тиглем и индуктором, магнитопровод выполнен в виде кольцевого кожуха, причем обечайка и магнитопровод расположены между плитами с образованием замкнутой кольцевой полости для размещения индуктора и хладагента.

Кроме того, элементы наборного кольцевого магнитопровода выполнены с возможностью полного или частичного охвата индуктора.

Для повышения конструкционной прочности и снижения энергоемкости плавки путем снижения потерь тепла через стенку футеровки тигля обечайка может быть выполнена с ребрами на ее внутренней поверхности, образующими углубления для размещения теплоизолирующего материала с теплопроводностью меньше, чем у футеровки.

Обечайка может быть выполнена из материала с высоким электрическим сопротивлением.

Снижение энергоемкости плавки объясняется более полным улавливанием кольцевым магнитопроводом магнитного потока рассеяния, который намагничивает магнитопровод, тем самым увеличивая значение магнитной индукции в рабочей полости

индуктора.

Уменьшение эксплуатационных расходов объясняется снижением или устранением расхода кондиционной воды для охлаждения индуктора и воротниковой зоны футерованного тигля путем снижения скорости и давления ее в трубке индуктора с одновременным увеличением ее температуры до 99°C за счет подачи хладагента в кольцевую полость.

Уменьшение занимаемой площади и повышение защищенности работающих обусловлены применением кольцевого сплошного магнитопровода вместо дискретного из отдельных магнитопроводов, который более эффективно улавливает поток рассеяния, что позволяет приближать электропроводные элементы каркаса печи к индуктору.

Повышение защищенности индуктора и работающих и надежности работы печи обеспечено установкой цилиндрической обечайки, предотвращающей проникновение расплава сквозь трещины в тигле к индуктору и, как следствие, аварийную ситуацию. Это снижает также эксплуатационные расходы на обеспечение безаварийной работы печи.

Повышение защищенности работающих от воздействия шума объясняется также размещением индуктора в кольцевой полости между цилиндрической обечайкой и кольцевым сплошным магнитопроводом, которые уменьшают распространение шума, особенно при заполнении полости водой.

Повышение надежности работы печи объясняется также размещением индуктора в кольцевой полости между цилиндрической обечайкой и кольцевым сплошным магнитопроводом, которые уменьшают воздействие вибрации на тигель и образование трещин в нем, особенно при заполнении полости водой.

Изобретение поясняется чертежом, где схематично показана индукционная индукторная тигельная печь с кольцевым наборным магнитопроводом, в разрезе.

Кроме этого, на чертеже дополнительно обозначено горизонтальными линиями со стрелками направление движения хладагента внутри индукционной индукторной тигельной печи.

Предлагаемая индукционная индукторная тигельная печь содержит соединенные вместе футерованный тигель 1, опирающийся на подину 2, цилиндрическую обечайку 3, охватывающую тигель 1, охлаждаемый трубчатый индуктор 4 с токоподводами (не показаны), электроизолированные витки которого охватывают обечайку 3, наружный вертикальный кольцевой наборный магнитопровод 5, охватывающий индуктор 4, нижнюю 6 и верхнюю 7 плиты с центральным отверстием для размещения подины 2 и «воротника» тигля, соответственно, скрепленные стяжками 8. Цилиндрическая обечайка 3 размещена между тиглем 1 и индуктором 4. Магнитопроводом 5, плитами 6 и 7, обечайкой 3 образована замкнутая кольцевая полость 9 для размещения индуктора 4 и хладагента с подводящим и отводящим патрубками (не показаны). Для герметизации полости 9 предусмотрены эластичные уплотнения 10 по стыкам и слой 11 электроизоляционного материала на ее внутренней поверхности.

Цилиндрической обечайкой 3 и вертикальным кольцевым наборным магнитопроводом 5, зажатými с помощью стяжек 8 между нижней 6 и верхней 7 плитами, образован каркас печи. В зависимости от размеров печи плиты 6 и 7 могут быть выполнены в плане кольцевой, квадратной или прямоугольной формы и разной толщины из электропроводного или неэлектропроводного материала, например жароупорного бетона, аустенитной стали или чугуна, низкоуглеродистой стали. Количество стяжек 8 может быть три - четыре и более. Каркас печи может быть смонтирован в цилиндрическом корпусе или пространственной раме и снабжен

механизмом поворота (не показаны). Размещение подины 2, изготовленной, например, из огнеупорного бетона или шамотного фасонного блока, в центральной отверстии плиты 6 позволяет использовать ее для выталкивания изношенной футеровки тигля 1.

5 Цилиндрическая обечайка 3 своей внутренней поверхностью служит опорой для тигля 1, в том числе с шихтой или расплавом, и одновременно ее наружная поверхность является внутренней стенкой кольцевой полости 9. Ее целесообразно изготавливать по возможности тонкостенной из достаточно прочного материала. Для повышения
10 конструкционной прочности и обеспечения возможности равномерного размещения теплоизолирующего материала 12 по внутренней поверхности обечайки 3 она может быть выполнена с ребрами на этой поверхности. Ребра одновременно образуют углубления для размещения теплоизолирующего материала 12 с теплопроводностью
15 менее 0,06-0,08 Вт/(м К) в сухом состоянии, то есть меньше, чем у футеровки тигля, например, минеральной ваты, базальтового волокна. Без углублений трудно удержать равномерным по толщине слой теплоизолирующего материала 12 во время изготовления футеровки тигля 1. Материал обечайки 3 должен быть неферромагнитным и
20 неэлектропроводным или иметь высокое электрическое сопротивление, чтобы не шунтировать магнитный поток и не сильно нагреваться вихревыми индукционными токами, например, аустенитные сталь и чугун, углепластики, высокотемпературные пластмассы. Применение обечайки 3 позволяет увеличить прочность тигля 1 с
одновременным уменьшением толщины стенки и освобождает индуктор 4 от
механического воздействия на него тигля 1, особенно при наклоне печи для слива
расплава, и он может быть изготовлен менее прочным.

Магнитопровод 5, выполненный в виде кольцевого кожуха, имеет высоту близкую к высоте индуктора 4. Магнитопровод 5 может быть изготовлен наиболее просто из
25 рулона электротехнической стали необходимой высоты путем намотки определенного количества слоев для получения требуемой его толщины. При этом магнитопровод 5 может быть получен из одного элемента, который охватывает многократно индуктор 4 по окружности полностью и не имеет стыков. Магнитопровод 5 может быть набран
30 также и из большего количества элементов, например лент, листов, пластин, каждый из которых охватывает индуктор 4 по окружности полностью или только частично, но не на всю суммарную длину совокупности слоев. Однако при этом образуются стыки между элементами. Наиболее целесообразно вертикальное направление стыков и разное их расположение в слоях. Поверхности элементов покрываются тонким слоем электроизоляционного лака.

35 При прочих равных условиях толщина полого цилиндрического магнитопровода 5 становится меньше, чем толщина наборных I-образных магнитопроводов в устройстве, выбранном в качестве прототипа. Так, в печи ИЧТ-31, имеющей 24 I-образных магнитопровода толщиной 130 мм, их замена одним цилиндрическим магнитопроводом 5 уменьшит толщину магнитопровода до 72 мм без изменения массы. Выполнение
40 высоты магнитопровода 5 близкой к высоте индуктора 4 позволяет снизить и его массу по сравнению с прототипом. Магнитопровод 5 располагается по возможности ближе к индуктору 4 в зону действия поля рассеяния с наибольшей индукцией. В магнитопроводе 5 могут быть выполнены отверстия для подачи хладагента снизу в полость 9 и удаления из нее хладагента сверху. Такие отверстия могут быть выполнены
45 и в плитах 6 и 7.

Выполнение магнитопровода 5 кольцевой формы вместо нескольких стержневых I-образных магнитопроводов, набранных слоями из элементов, например пластин, ленты, листов трансформаторной стали, охватывающих полностью или частично индуктор,

позволяет:

- предотвратить или значительно уменьшить распространение поля рассеяния и шума за его пределы в радиальном направлении за счет исключения воздушных промежутков;

5 - намагнитить его для увеличения магнитной индукции и потока в рабочей полости индуктора и тигля;

- отделить индуктор от непосредственного взаимодействия с окружающим воздухом, содержащим пары воды, которые могут конденсироваться на электроизоляции витков холодного индуктора и вызвать электрический пробой этой изоляции. При этом возможно увеличение температуры индуктора до 98-99°C и снижение расхода охлаждающей жидкости, подаваемой в трубку индуктора.

10 Расположение обечайки 3 и магнитопровода 5 между плитами 6 и 7 позволяет образовать замкнутую кольцевую полость 9, в которой размещен индуктор 4 и хладагент для охлаждения индуктора 4, обечайки 3, магнитопровода 5 и плит 6 и 7. Это позволяет
15 исключить верхнюю и нижнюю охлаждающие катушки и упростить конструкцию печи.

Предложенная индукционная индукторная тигельная печь с кольцевым наборным магнитопроводом работает следующим образом.

Из-за больших выделений Джоулева тепла в материале индуктора 4 при прохождении тока с плотностью более 5 А/мм² его необходимо принудительно охлаждать каким-
20 либо хладагентом. В предложенной печи это возможно осуществить одним из нескольких путей:

- подавать хладагент в виде кондиционной воды в трубчатый индуктор 4 аналогично подаче хладагента в устройстве, выбранном в качестве прототипа. При этом возможно даже увеличение ее расхода для снижения температуры отходящей воды ниже 20...25°C,
25 не опасаясь конденсирования воды на трубке индуктора 4 из окружающего воздуха, так как он находится в обогреваемой замкнутой кольцевой полости 9, не имеющей сообщения с атмосферой. Однако это повышает расходы на кондиционную воду;

- подавать хладагент, например кондиционную воду, в трубчатый индуктор 4 аналогично вышеприведенному пути с меньшим расходом для повышения температуры отходящей воды до 98-99°C, а в замкнутую полость 9 подавать снизу другой вид хладагента, например сжатый воздух или некондиционную и более дешевую холодную водопроводную или техническую «умягченную» обратную воду с более низким давлением. При прохождении хладагента в полости 9 снизу вверх также охлаждается обечайка 3 и, как следствие, теплоизолирующий материал 12, футеровка тигля 1, а также магнитопровод 5 и плиты 6 и 7. Индуктор же 4 охлаждается как изнутри, так и
35 снаружи, что снижает расходы на кондиционную воду;

- подавать дешевый хладагент, например сжатый воздух или холодную водопроводную или техническую воду, только в полость 9 для охлаждения индуктора 4 только снаружи, что исключает расходы на кондиционную воду. При этом также
40 охлаждается обечайка 3 и, как следствие, теплоизолирующий слой 12, футеровка тигля 1, а также магнитопровод 5 и плиты 6 и 7.

После включения охлаждения индуктора 4 и загрузки в тигель 1 электропроводной шихты на токоподводы трубчатого индуктора 4 подается переменное электрическое напряжение, которое создает в его витках электрический ток. Под его действием в полости индуктора 4 и тигля 1 появляется рабочее электромагнитное поле, а за его пределами - поле рассеяния, которое локализуется вертикальным кольцевым магнитопроводом 5. Он намагничивается и усиливает рабочее поле в полости индуктора 4 и тигле 1. При этом происходит поворот на 90° вектора индукции, что значительно

уменьшает распространение поля рассеяния за пределы индуктора 4 в радиальном направлении, так как магнитный поток замыкается через магнитопровод 5. Это позволяет приблизить электропроводные стяжки 8 к магнитопроводу 5, не опасаясь их чрезмерного нагрева. Существенно уменьшается и нагрев верхней 7 и нижней 6 плит в случае изготовления их из электропроводного материала. Заметно уменьшаются размеры в плане и вредное воздействие поля рассеяния на рабочих.

Усиленное электромагнитное поле индуцирует в кусках шихты вихревые токи, которые нагревают их до расплавления. После расплавления шихты и проведения необходимых металлургических операций печь наклоняется для слива расплава из тигля и давление расплава и тигля передается не на индуктор 4, а на обечайку 3. Поэтому требования к высокой прочности индуктора могут быть снижены, что удешевляет его.

Тепло от расплава может передаваться через стенку тигля 1 и слой теплоизолятора 10 в углублениях обечайки 3 к самой обечайке, а затем от нее через воздух или жидкость к виткам индуктора 4, находящегося в замкнутой кольцевой полости 9. Наличие слоя более эффективного теплоизолирующего материала 12 уменьшает теплопередачу.

Предлагаемая подача хладагента в полость 9 обеспечивает более эффективный отвод от печи тепла расплава, индуктора 4 и магнитопровода 5, который нагревается при перемагничивании. Это уменьшает воздействие теплового излучения на работающих.

При прохождении переменного тока частотой f по жестким виткам индуктора 4 они начинают вибрировать с удвоенной частотой $2f$, издавая при этом сильный шум. Наличие кольцевого магнитопровода 5, окружающего индуктор 4, уменьшает распространение шума, издаваемого индуктором 4, за пределы печи. Расположение же индуктора 4 в полости 9 с водой также уменьшает распространение шума. При этом уменьшается передача вибрации индуктора 4 на тигель 1 и возникновение трещин в нем.

По сравнению с прототипом предложенное решение позволяет расширить сферу применения индукционных плавки и тигельной печи путем использования нижеперечисленных преимуществ:

- снижения энергоемкости плавки за счет более полного улавливания магнитопроводом, выполненным в виде кольцевого кожуха, магнитного потока рассеяния, увеличения магнитной индукции в рабочей полости индуктора и размещения высокоэффективного теплоизолирующего материала с теплопроводностью меньше, чем у футеровки в углублениях обечайки, и, следовательно, снижения потерь тепла через стенку футеровки тигля;

- уменьшения занимаемой площади и повышения защищенности работающих путем более эффективного улавливания потока рассеяния;

- уменьшения эксплуатационных расходов снижением или устранением расхода кондиционной воды за счет подачи дешевого хладагента в кольцевую полость;

- повышения защищенности индуктора печи и работающих и надежности работы печи установкой цилиндрической обечайки, препятствующей протечкам расплава;

- повышения защищенности работающих от воздействия шума размещением индуктора в кольцевой полости;

- дополнительного повышения надежности работы печи размещением индуктора в кольцевой полости для уменьшения вредного воздействия вибрации на тигель.

(57) Формула изобретения

1. Индукционная индукторная тигельная печь с кольцевым наборным магнитопроводом, содержащая соединенные вместе футерованный тигель, подину, охлаждаемый индуктор с электроизолированными витками и токоподводом,

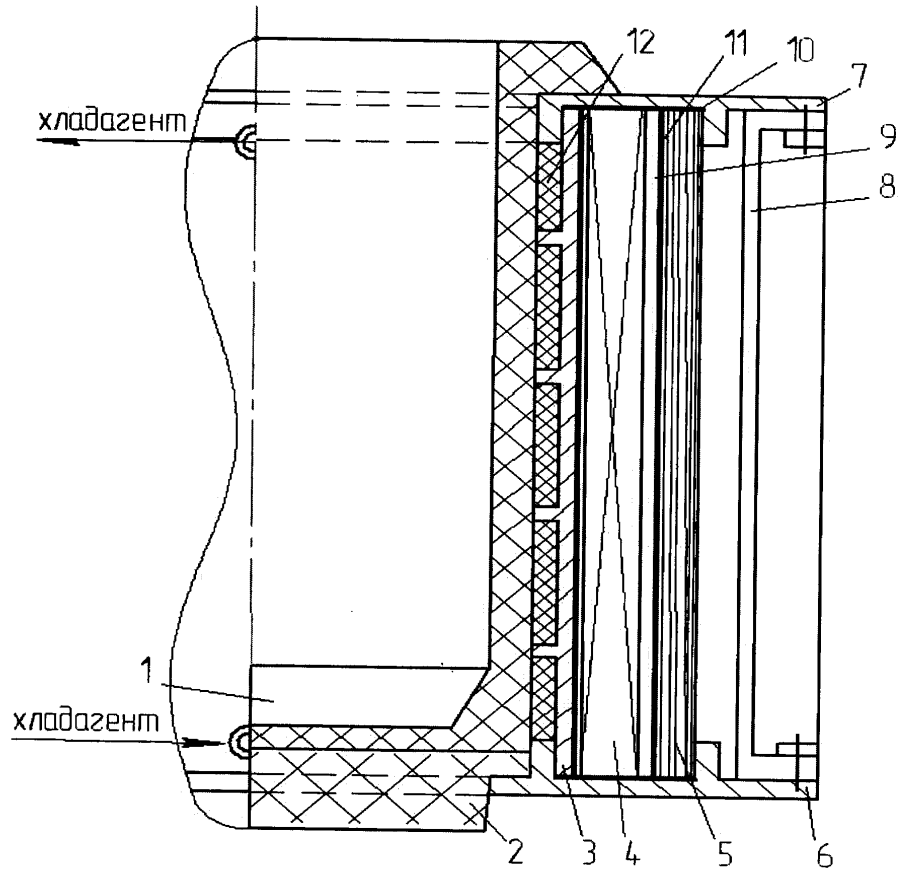
охватывающий его наружный вертикальный наборный магнитопровод и каркас с верхней и нижней плитами, скрепленными стяжками, отличающаяся тем, что она снабжена цилиндрической обечайкой, размещенной между тиглем и индуктором, а упомянутый магнитопровод выполнен в виде кольцевого кожуха, при этом обечайка и магнитопровод расположены между плитами с образованием замкнутой герметичной кольцевой полости для размещения индуктора и хладагента с возможностью его подвода и отвода.

2. Печь по п. 1, отличающаяся тем, что элементы наборного магнитопровода выполнены с возможностью полного или частичного охвата индуктора.

3. Печь по пп. 1 и 2, отличающаяся тем, что обечайка выполнена с ребрами на ее внутренней поверхности, образующими углубления для размещения теплоизолирующего материала, теплопроводность которого меньше теплопроводности футеровки.

4. Печь по пп. 1-3, отличающаяся тем, что обечайка выполнена из материала с высоким электрическим сопротивлением.

Индукционная индукторная тигельная печь
с кольцевым наборным магнитопроводом



Фиг. 1