

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 1184

(13) U

(51)<sup>7</sup> C 21C 5/52

(54)

## ДУГОВАЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНАЯ ПЕЧЬ

(21) Номер заявки: u 20020351

(22) 2002.11.25

(46) 2003.12.30

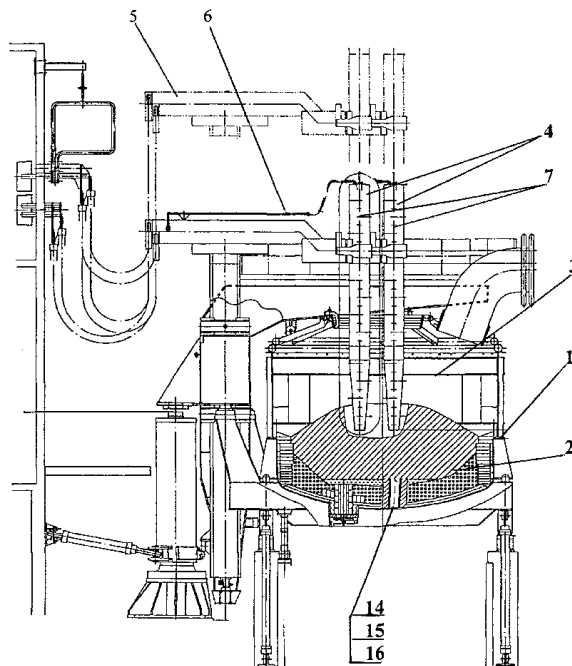
(71) Заявители: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Гуляев Михаил Павлович; Тимошпольский Владимир Исаакович; Эндерс Владимир Владимирович; Маточкин Виктор Аркадьевич; Пишкин Вадим Серафимович; Иванов Эдуард Владимирович; Стеблов Анвер Борисович; Трусова Ирина Александровна; Шевченко Александр Данилович; Мандель Николай Львович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич (ВУ)

(73) Патентообладатели: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Дуговая сталеплавильная печь, содержащая корпус, подину, свод, систему электродов, средство для продувки ванны с расплавом инертным газом, отличающаяся тем, что средство для продувки ванны инертным газом выполнено в виде системы каналов, размещенных в теле, по меньшей мере, одного из электродов.



Фиг. 1

# ВУ 1184 U

2. Дуговая сталеплавильная печь по п. 1, **отличающаяся** тем, что система каналов в электроде выполнена в виде осевого центрального сквозного канала и радиальных каналов.

3. Дуговая сталеплавильная печь по любому из пп. 1, 2, **отличающаяся** тем, что радиальные каналы расположены по винтовой линии относительно вертикальной оси электродов.

4. Дуговая сталеплавильная печь по любому из пп. 1-3, **отличающаяся** тем, что радиальные каналы снабжены заглушками.

5. Дуговая сталеплавильная печь по любому из пп. 1-4, **отличающаяся** тем, что электрод выполнен составным с горизонтальной линией разъема и снабжен соединительной муфтой.

(56)

1. Тимошпольский В.И. и др. Технология металлургических мини-заводов. - Мн: Наука и техника, 1992. - С. 17, рис. 2.1-а.

2. Тимошпольский В.И. и др. Технология металлургических мини-заводов. - Мн: Наука и техника, 1992. - С. 17, рис. 2.1-б.

---

Полезная модель относится к металлургии, преимущественно к сталеплавильным печам для производства кордовых сталей.

Известна конструкция дуговой сталеплавильной печи с "чайниковым" выпуском, содержащей корпус, подину, свод, систему электродов, средство для продувки ванны с расплавом кислорода в виде подовой фурмы [1].

Отсутствие эркера в печи ограничивает технологические возможности, и снижает эффективность разливки и качество стали из-за невозможности полной отсечки печного шлака.

Ближайшим техническим решением, принятым за прототип, является конструкция дуговой сталеплавильной печи, содержащей корпус, подину, свод, систему электродов, средство для продувки ванны с расплавом инертным газом, преимущественно аргоном, в виде подовой фурмы и эркер [2].

Достоинство печи заключается в эркерном выпуске, что обеспечивает полную отсечку печного шлака.

Недостаток проявляется в повышенном насыщении расплава азотом в зоне дуги, вследствие чего снижается качество кордовой стали. Нетехнологичная конструкция графитизированных электродов исключает их оперативную замену, снижает технологические параметры печи в целом и повышает себестоимость электродов.

В основу полезной модели поставлена задача расширения технологических возможностей печи, оперативное восстановление работоспособности электродов и повышение качества плавки стали путем выравнивания температуры и химического состава объема ванны расплава металла.

Поставленная задача достигается тем, что в известной конструкции дуговой сталеплавильной печи, содержащей корпус, подину, свод, систему электродов, средство для продувки ванны с расплавом инертным газом, согласно полезной модели, средство для продувки ванны инертным газом выполнено в виде системы каналов, размещенных в теле, по меньшей мере, одного из электродов.

В дуговой сталеплавильной печи система каналов в электроде выполнена в виде осевого центрального сквозного канала и радиальных каналов.

В дуговой сталеплавильной печи радиальные каналы расположены по винтовой линии относительно вертикальной оси электродов.

В дуговой сталеплавильной печи радиальные каналы снабжены заглушками.

В дуговой сталеплавильной печи электрод выполнен составным с горизонтальной линией разъема и снабжен соединительной муфтой.

Для лучшего восприятия полезной модели она поясняется чертежом, где

фиг. 1 - общий вид печи;

фиг. 2 - новая конструкция графитизированного перфорированного электрода.

# ВУ 1184 U

Конструкция дуговой сталеплавильной печи - ДСП содержит корпус 1, подину 2, свод 3, систему графитизированных электродов 4, средство 5 подъема электродов 4, средство 6 подачи инертного газа-аргона в электроды 4, средство для продувки ванны инертным газом, выполненное в виде системы каналов 7, размещенных в теле, по меньшей мере, одного из электродов 4.

В дуговой сталеплавильной печи система каналов 7 в электроде 4 может быть выполнена в виде осевого центрального сквозного канала 8 и радиальных каналов 9.

В дуговой сталеплавильной печи радиальные каналы 9 могут быть расположены по винтовой линии относительно вертикальной оси электродов 4, т.е каналы 9 для улучшения технологичности работы электродов 4, как показала практика, оптимальное расположение имеют по наружной поверхности электрода 4 по винтовой траектории. Такое расположение обеспечивает равнопрочные сечения в процессе работы электрода 4, то есть обеспечивают его конструктивную прочность по мере износа.

В дуговой сталеплавильной печи радиальные каналы 9 снабжены технологическим заглушками 10, которые по мере износа электрода открываются для радиальной подачи аргона в зону горения дуги путем ускоренного выгорания материала заглушки при температуре дугового разряда.

В дуговой сталеплавильной печи, оперативного восстановления рабочей длины электрода 4 выполнен составным из технологических модулей 11, 12 с горизонтальной линией М\_ - М разъема и снабжен соединительной муфтой 13 для объединения модулей 11, 12 в единый рабочий электрод 4.

Дуговая сталеплавильная печь при необходимости может быть снабжена средством газового барботажа расплава ванны металла, размещенным в подине в форме одной или трех подовых фурм 14, 15, 16, расположенных под углом  $120^{\circ} \pm 20^{\circ}$  друг относительно друга. Оптимальные значения углов расположения трех подовых фурм 14, 15, 16 друг относительно друга в интервале  $120^{\circ} \pm 20^{\circ}$  определено экспериментально и задано в зависимости от конструкции подины 2 печи и условий равномерности продувки ванны с расплавом для обеспечения состояния расплава, близкого к гомогенному.

В процессе работы ДСП осуществляют продувку инертным газом ванны с расплавом путем подачи аргона через средство 6 в осевой центральный сквозной канал 8 в зону горения дуги. Продувку металла инертными газами осуществляют под давлением потока газа в зону горения дуги ванны с расплавом металла и насыщение слоев металла инертным газом.

По мере износа рабочего торца электрода 4, который изнашивается по коническому закону формы электрода снизу-вверх, открывается заглушка 10 первого снизу радиального канала 9 и осуществляют кроме осевой продувки расплава аргоном дополнительную радиальную продувку через радиальный канал 9, тем самым интенсифицируя процесс барботирования расплава аргоном и гомогенизацию расплава, которая выражена в интенсивном перемешивании металла со шлаком, мелкие пузыри оказывают фильтрующее воздействие на металл. Слои металла, насыщенные инертным газом, вследствие снижения плотности, получают вертикальное перемещение, вызывая противоположное перемещение соседних слоев стали, в результате выравнивается температура и химический состав в объеме ванны. Перепад температуры металла снижают при этом на  $15^{\circ}\text{C}$ .

Заявленная конструкция может предусматривать так же "прямую" систему продувки через каналные донные огнеупорные фурмы 14, 15, 16.

Проблема локального перегрева расплава в зоне действия электрических дуг при плавлении стали в мощных сталеплавильных дуговых печах ДСП постоянно находится в центре внимания.

Радиально-осевая продувка инертными газами через каналы 10, 8 системы электродов 4 способствует получению чистой по неметаллическим включениям стали с низким содержанием газов, быстрой и эффективной гомогенизации и ускорению массообменных процессов. Наряду с улучшением качества стали радиально-осевая продувка в ванне ДСП снижает расход электроэнергии и электродов, раскислителей и легирующих, увеличивает производительность печной установки.

# ВУ 1184 U

## Пример.

Белорусский металлургический завод осваивает системы радиально-осевой продувки ванны инертными газами на двух 100-тонных ДСП № № 2, 3. Дуговые сталеплавильные печи БМЗ оснащены эркерным выпуском металла и оборудованы трансформаторами мощностью 75 МВА и могут быть оснащены стеновыми газокислородными горелками.

ДСП могут быть дополнительно оборудованы дверной газокислородной горелкой мощностью 5 МВт, манипуляторами для вдувания кислорода и углеродосодержащих материалов, консолями фирмы "Fuchs" и установкой для вдувания в печь доломитовой муки фирмы "Stein Injection Technology".

Большую часть в сортаменте выплавки занимают качественные углеродистые, легированные стали и сталь для металлокорда с жесткими требованиями по содержанию неметаллических включений и газов. Так, содержание серы и фосфора в кордовой стали должна быть не более 0,015 % каждого, содержание азота и кислорода не более 50 ppm каждого.

В условиях электросталеплавильных цехов РУП БМЗ опробованы и детально изучена донная продувка металла в печи "прямая" и промоделирована радиально-осевая продувка инертными газами.

Газораспределительная установка для продувочных устройств укомплектована свободно программируемым SIMATIC S5 и автоматическим байпасом на случай непредвиденного отключения электроэнергии или снижения давления инертного газа в системе, что гарантирует постоянный проход газа через каналы системы электродов или через фурмы при "прямой" продувке. В случае износа электрода 4 он автоматически поднимается средством 5 и посредством соединительной муфты 13 осуществляют наращивание электрода 4 модулями 11, 12 до заданной технологической длины.

Результаты апробации продувки сведены в таблицу.

### Температурный режим плавки

	Температура металла в печи перед выпуском, °С	Температура металла в ковше, °С	Перепад температур, °С
С продувкой Ar, N	1712	1658	54
Без продувки	1711	1642	69

Указанный эффект может быть использован для снижения температуры стали в печи перед выпуском примерно на 15 °С, что позволит сократить продолжительность работы печи под током на 1,5-2 мин и сэкономить до 15-20 кВт ч/т электроэнергии.

Положительное влияние радиально-осевой продувки в совокупности с донной продувкой ванны существенно влияет на ускорение массообменных процессов между металлом и шлаком вследствие существенного увеличения удельной поверхности контакта фаз. Причем благотворное влияние продувки сказывается уже в период плавления.

Исследования показали, что в случае продувки аргоном содержание фосфора по расплаву в 1,3-1,5 раза, а серы в 1,2 раза меньше, чем без продувки. В целом продувка аргоном расплава позволяет получить более низкие содержания фосфора в 1,4 раза, а серы в 1,13 раза в готовой стали, чем при обычной плавке.

Постоянное эффективное перемешивание металла и шлака способствует более раннему образованию гомогенного высокоосновного шлака.

Интенсивное кипение и дополнительное перемешивание металлической ванны оказывает значительное влияние на термодинамику и кинетику процесса обезуглероживания и эффективную концентрацию кислорода в металле. Дополнительный поток газов при продувке ванны аргоном или азотом, во-первых, увеличивает массоперенос кислорода; во-вторых, создает надшлаковый слой, обогащенный нейтральными газами и окисью углерода, и этим затормаживает переход кислорода из печных газов в шлак. В целом данное явление и интенсивное взаимодействие фаз приближает систему к равновесию; содержание кислорода снижается в среднем на 150 ppm. Снижение концентрации кислорода в металле и

# ВУ 1184 U

всплывание неметаллических включений при продувке аргоном в печи обеспечило уменьшение содержания оксидных включений в стали для металлокорда в 1,3 раза и угара раскислителей в 1,05 раза. Выход годного металла увеличен на 0,52 %.

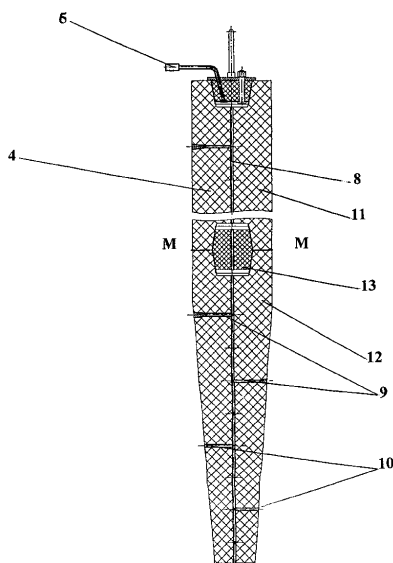
При выплавке качественных сталей, в частности для металлокорда, актуальным является получение низкого содержания азота в металле. Известно, что результирующая концентрация азота в расплаве складывается из прихода его с металлошихтой, поступления из атмосферы печи в "жидкие" периоды плавки и удаления вследствие кипения ванны в окислительный период. При сравнительно высоких концентрациях углерода (0,20-0,30 %) интенсивность обезуглероживания металла высока и баланс азота в металле имеет отрицательное значение. Однако по мере снижения концентрации углерода (до 0,15 % и ниже) и снижения интенсивности обезуглероживания баланс азота становится положительным за счет более интенсивного поступления его в металл. Содержание азота в металле без продувки через днище в этот период увеличивается в среднем на 20 ppm. Компенсация мощности кипения ванны за счет принудительной продувки аргоном обеспечивает снижение концентрации азота в стали в этот период в среднем на 15 ppm.

В результате проведенных исследований технологии радиально-осевой и типа донной продувки металла инертными газами в дуговой сталеплавильной печи могут быть достигнуты следующие показатели:

продолжительность работы печи под током может быть снижена на 3 мин; снижены могут быть удельные расходы: электроэнергии на 15-20 кВт ч/т; содержание фосфора в металле на 45-50 %, серы на 15-20 %, содержание азота перед выпуском из печи на 15-25 %, окисленность металла на 44 %, угар раскислителей и легирующих на 5 %, выход годного металла увеличен на 0,52 %; перепад температур между последним измерением в печи и первым измерением в ковше снижен на 15 °С.

Внедренные системы перфорированных графитированных электродов с радиально-осевой продувкой ванны инертными газами в 100-тонной дуговой сталеплавильной печи позволит существенно улучшить качество металла и технико-экономические показатели плавки.

РУП БМЗ имеет намерения промышленно оборудовать дуговую сталеплавильную печь № 1 новой оригинальной комбинированной системой продувки ванны.



Фиг. 2