

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **21911**

(13) **С1**

(46) **2018.06.30**

(51) МПК

C 21C 5/52 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПЛАВКИ
В ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ ЛИТЕЙНОГО КЛАССА**

(21) Номер заявки: а 20130893

(22) 2013.07.25

(43) 2015.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Корнеев Сергей Владимирович; Кабишов Сергей Михайлович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 253826, 1970.

RU 2220211 C2, 2003.

RU 2186294 C2, 2002.

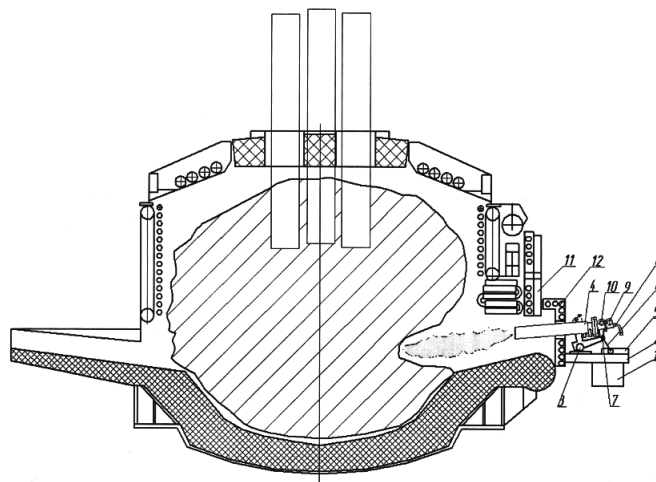
SU 1813100 A3, 1993.

JPH 02166216 A, 1990.

CN 203021598 U, 2013.

(57)

Способ интенсификации плавки в электродуговой печи литейного класса, в котором в рабочее пространство печи через рабочее окно вводят установленную на поворотном манипуляторе газовоздушную горелку для подогрева находящейся в печи металлошихты, располагают горелку в центре рабочего окна печи и в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, совершают ею горизонтальные качающиеся движения на угол, лежащий в пределах от 8 до 12°, в каждую сторону, при заданном максимальном расходе газа и выключенном токе в печи, периодически подавая в горелку кислород для прожигания необходимой зоны металлошихты возле рабочего окна, далее в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, совершают горелкой горизонтальные качающиеся движения на угол, необходимый для прогрева максимальной площади металлошихты, с расходом газа от 75 до 85 % от максимального с постепенным его уменьшением по ходу плавки до величины, составляющей от 35 до 45 % от максимального,



Фиг. 1

ВУ 21911 С1 2018.06.30

с одновременной плавкой металлошихты электрическими дугами, далее в течение промежутка времени, составляющего четверть общего времени плавки, подают в горелку минимальный газовый поток и максимальный поток кислорода до окончания плавки, а затем отключают горелку и извлекают ее из проема рабочего окна, которое закрывают заслонкой.

Изобретение относится к металлургии, в частности к вспомогательному оборудованию для электросталеплавильных печей.

Для интенсификации плавки в дуговых сталеплавильных печах широко применяется кислород. На большинстве заводов кислород в ванну электропечи вводят через рабочее окно с помощью трубок диаметром 1/2-1" или через водоохлаждаемую фурму [1].

Кроме окисления примесей ванны, кислород применяют для ускорения плавления шихты и предотвращения образования мостов. В процессе плавления электроды проплавляют в шихте колодцы, затем в нижней части шихта подплавляется и в печи образуется мост. Если при этом не принять своевременных мер, то происходит самопроизвольное обрушение шихты и куски скрапа касаются электродов.

Эффективным путем предотвращения образования мостов и устранения необходимости сталкивания шихты с откосов является подплавление шихты струей кислорода или газокислородной горелкой. Для этого через рабочее окно в печь вводится нефутерованная металлическая трубка длиной 5-7 м, диаметром 1/2-3/4", по которой кислород подается к месту образования моста, происходит его подплавление параллельно с плавлением шихты дугами.

Продувку кислородом через рабочее окно производят через стационарный или переносной щиток, который устанавливают перед рабочим окном на период продувки.

Известно устройство, реализующее способ кислородной продувки стали в дуговой печи, содержащее водоохлаждаемую фурму, кронштейн, опорно-поворотный узел, на валу которого установлено тормозное устройство, а сам вал размещен под углом 5-15° к вертикали с наклоном в сторону, противоположную от рабочего окна дуговой печи [2].

В качестве прототипа принят способ интенсификации плавки в электродуговых печах, включающий ввод в рабочее пространство газовой горелки для подогрева металлошихты, установленной на поворотном манипуляторе, выполненном в виде колонны и поворотной рычажной системы, содержащей рычаги [3].

Недостатком рассмотренных способов и оборудования является то, что указанные объекты применяют на высокомошных печах, относящихся к металлургическому производству, где кислород получают на крупных газокислородных станциях.

При отсутствии достаточного количества технического кислорода эффект от интенсификации процесса плавки можно получить используя в качестве окислителя для горения природного газа воздух.

Решаемой задачей изобретения является повышение эффективности и надежности работы горелочных устройств, предназначенных для интенсификации процесса расплавления металлошихты в электродуговых печах малой емкости путем оперативного разрушения мостов, образующихся при сваривании металлошихты за счет обогащения воздуха кислородом на время прожигания, а также согласование расхода природного газа и положения факела в рабочем пространстве печи с временем, прошедшим от начала плавки.

Техническая задача достигается тем, что в способе интенсификации плавки в электродуговой печи литейного класса, в котором в рабочее пространство печи через рабочее окно вводят установленную на поворотном манипуляторе газовой горелку для подогрева находящейся в печи металлошихты, располагают горелку в центре рабочего окна печи и в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, совершают ею

горизонтальные качающиеся движения на угол, лежащий в пределах от 8 до 12° в каждую сторону при заданном максимальном расходе газа и выключенном токе в печи, периодически подавая в горелку кислород для прожигания необходимой зоны металлошихты возле рабочего окна, далее в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, совершают горелкой горизонтальные качающиеся движения на угол, необходимый для прогрева максимальной площади металлошихты, с расходом газа от 75 до 85 % от максимального с постепенным его уменьшением по ходу плавки до величины, составляющей от 35 до 45 % от максимального, с одновременной с плавкой металлошихты электрическими дугами, далее в течение промежутка времени, составляющего четверть общего времени плавки, подают в горелку минимальный газовый поток и максимальный поток кислорода до окончания плавки, а затем отключают горелку и извлекают ее из проема рабочего окна, которое закрывают заслонкой.

Технический результат реализован в способе отсутствием отражения факела газозооной горелки от металлошихты.

Для лучшего восприятия изобретение поясняется фигурами, где фиг. 1 - расположение оборудования электродуговой печи литейного класса, вид сбоку, фиг. 2 - расположение оборудования в исходной позиции, вид сверху; фиг. 3 - расположение оборудования в рабочей позиции, вид сверху; фиг. 4 - расположение элементов электродуговой печи литейного класса на манипуляторе; фиг. 5 - экономический эффект применения в электродуговой печи природного газа.

Способ интенсификации плавки в электродуговой печи литейного класса и реализующая его печь для интенсификации плавки в электродуговых печах литейного класса содержит манипулятор 1, на котором устанавливается портал 2, к которому через шарнир 3 крепится горелка 4. Для обеспечения поворота горелки в горизонтальной и вертикальной плоскостях на портале 2 установлены две электромеханические рейки 5, соединенные тягами 6 с рычагами 7, закрепленными на горелке. На горелке 4 имеется подвод топлива - природного газа 8, подвод воздуха для горения 9, а также подвод кислорода 10 для прожигания металла и повышения температуры горения. Также горелка 4 имеет подвод и отвод охлаждающей воды. Рабочее окно печи имеет водоохлаждаемую заслонку 11. Для защиты от брызг металла, искр и газов имеется водоохлаждаемый либо футерованный волокнистыми высокоогнеупорными материалами щиток 12.

Электродуговая печь литейного класса, реализующая способ интенсификации плавки, работает следующим образом: после загрузки печи металлошихтой поворотный манипулятор 1 занимает рабочее положение, закрывая щитком 12 проем рабочего окна. Включается подача природного газа 8 и воздуха и запускается процесс горения. Горелка 4 выполняется поворотной с распределением времени по периодам работы в следующем соотношении: 1/4 времени работы горелка располагается в центре рабочего окна печи и в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, совершает качающиеся осциллирующие движения на небольшой угол, лежащий в пределах от 8 до 12°, в горизонтальной плоскости в каждую сторону; расход газа при этом максимальный, ток в печи выключен. При необходимости происходит использование кислорода для прожигания необходимой зоны возле рабочего окна или прожигания металлошихты, от которой отражается факел; далее в течение промежутка времени, составляющего от 10 до 15 мин, горелкой совершает осциллирующие движения в горизонтальной плоскости в каждую сторону на угол, необходимый для прогрева максимальной площади металлошихты с расходом газа от 75 до 85 % от максимального с постепенным уменьшением по ходу плавки от 35 до 45 % от максимального одновременно с плавкой электрическими дугами; далее заключительную четверть общего времени плавки подают в горелку минимальный газовый поток природного газа с максимальным обогащением дутья кислородом до окончания плавки, а затем отключают горелку и извлекают ее из проема рабочего окна, которое закрывают заслонкой.

BY 21911 C1 2018.06.30

Таким образом, использование заявляемого изобретения позволяет интенсифицировать процесс плавки.

Указанные преимущества достигаются за счет повышения коэффициента использования топлива, так как обеспечивается минимальная температура продуктов сгорания, покидающих печь при одновременно высокой скорости нагрева металлошихты.

Экономический эффект от применения топливных горелок в электродуговых печах можно определить используя выражение (1)

$$\mathcal{E} = \Delta Z_{\mathcal{E}} - Z_{\text{T}} - Z_{\text{O}} - Z_{\text{a.o}} + \Delta Z_{\text{в.м}} + \Delta \text{П}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} - годовой экономический эффект, у.е.;

$\Delta Z_{\mathcal{E}}$ - экономия затрат на электрическую энергию при использовании топливных горелок, у.е.;

Z_{T} - затраты на топливо, у.е.;

Z_{O} - затраты на производство и доставку окислителя топлива, у.е.;

$Z_{\text{a.o}}$ - затраты на амортизацию газового оборудования, у.е.;

$\Delta Z_{\text{в.м}}$ - экономия вспомогательных материалов, у.е.;

$\Delta \text{П}$ - дополнительная прибыль, полученная в результате увеличения производительности агрегата, у.е.

Далее будем оперировать удельными величинами, отнесенными к тонне жидкой стали.

$$\mathcal{E}_1 = \frac{G_{\text{газ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{газ}} \cdot C_{\text{эл}} - G_{\text{газ}} \cdot C_{\text{газ}} - G_{\text{ок}} \cdot C_{\text{ок}} - \frac{\%A \cdot C_{\text{o}} \cdot 1,1}{100 \cdot M} + \sum (m_{\text{mi}} \cdot C_{\text{mi}}) + \frac{\Delta \text{П}}{M}, \quad (2)$$

где $G_{\text{газ}}$ - удельный расход природного газа, м³/т;

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ - низшая рабочая теплота сгорания природного газа, МДж/м³;

3,6 - коэффициент перевода МДж в кВт·ч;

$\eta_{\text{газ}}$ - коэффициент полезного использования газа;

$\eta_{\text{эл}}$ - коэффициент полезного использования электрической энергии;

$C_{\text{эл}}$ - стоимость электрической энергии, у.е./(кВт·ч);

$C_{\text{газ}}$ - стоимость природного газа, у.е./м³;

$G_{\text{ок}}$ - удельный расход окислителя, м³/т;

$C_{\text{ок}}$ - стоимость окислителя, у.е./м³;

%A - процент амортизации газового оборудования;

C_{o} - стоимость установленного газового оборудования, у.е.;

1,1 - коэффициент, учитывающий затраты на обслуживание газового оборудования;

M - годовой выпуск жидкой стали, т;

m_{mi} - масса сэкономленного i-го материала, кг/т;

C_{mi} - стоимость i-го материала, у.е./кг;

$$\eta_{\text{газ}} = \left(1 - \frac{(V_{\text{п.с}} \cdot c_{\text{п.с}} \cdot t_{\text{п.с}} + q_{\text{хим}})}{Q_{\text{н}}^{\text{p}}} \right), \quad (3)$$

где $V_{\text{п.с}}$ - объем продуктов сгорания, м³/м³;

$c_{\text{п.с}}$ - теплоемкость продуктов сгорания, МДж/(м³·К);

$t_{\text{п.с}}$ - температура продуктов сгорания, °С;

$q_{\text{хим}}$ - химический недожог, МДж/м³.

Коэффициент полезного использования газа и коэффициент полезного использования электрической энергии содержат только потери индивидуальные для данных источников теплоты. Для сжигаемого газа - это потери с продуктами сгорания, а для электрической энергии - потери в короткой сети. Тепловые потери через подину, футеровку, водоохлаждаемые элементы печи с газами, образующимися в результате окисления элементов металлошихты и т.д., будем относить к тепловому КПД процесса плавки $\eta_{\text{м}}$, который присутствует в обоих случаях, а следовательно, в формуле (2) сокращается.

Рассмотрим три случая применения природного газа в электродуговых печах: сжигание газа с использованием кислорода, сжигание газа в высокоскоростных горелках с использованием воздуха, сжигание газа в рекуперативных горелках с использованием воздуха. Будем считать, что выбранный коэффициент избытка окислителя обеспечивает полное сгорание и химический недожог в формуле (3) в дальнейшем будем принимать равным нулю.

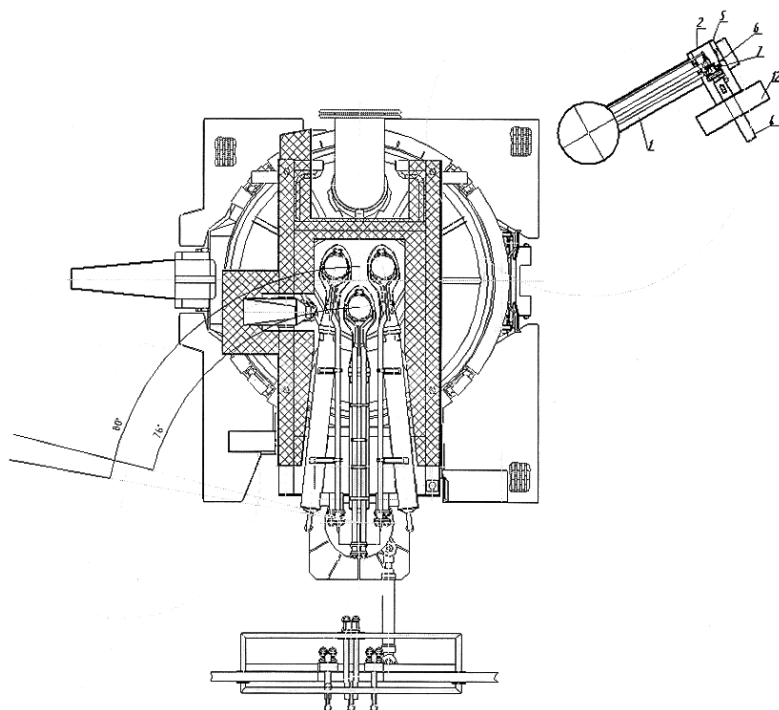
Для анализа технико-экономических показателей в расчетах использованы следующие данные: стоимость 1 кВт·ч электрической энергии - 0,133 у.е.; стоимость 1 м³ природного газа - 0,208 у.е.; стоимость 1 м³ технического кислорода - 0,134 у.е.; затраты на установку горелок и газовой обвязки печи принимались в зависимости от емкости печи (например, для печи с годовым выпуском 500 тысяч тонн стали - 500 тысяч у.е., а для печи с годовым выпуском 100 тысяч тонн - 200 тысяч у.е.); температура продуктов сгорания принята на 200 °С выше температуры поверхности металлошихты; коэффициент рекуперации в рекуперативных горелках равен 0,65 (т.е. при температуре продуктов сгорания равной 1000 °С, температура подогретого воздуха равна 650 °С); коэффициент полезного использования электрической энергии $\eta_{эл}$ - 0,93.

На фиг. 5 представлены результаты расчета экономического эффекта при использовании топливных горелок в зависимости от температуры металлошихты.

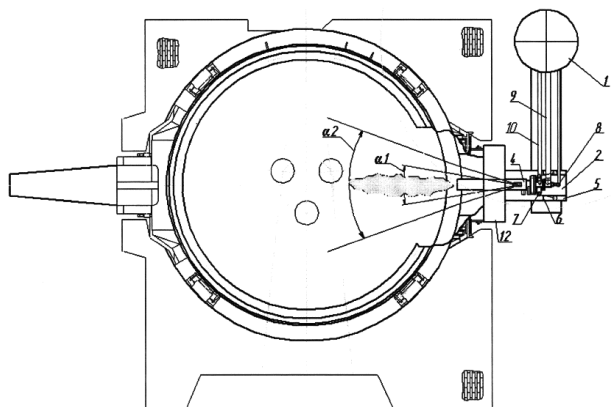
Таким образом, поворот горелки в процессе ее работы позволяет устранить локальный перегрев металлошихты и, следовательно, снизить температуру продуктов сгорания, покидающих печь, что, в свою очередь, позволяет обеспечить большую эффективность работы газовой горелки и получить большой экономический эффект.

Источники информации:

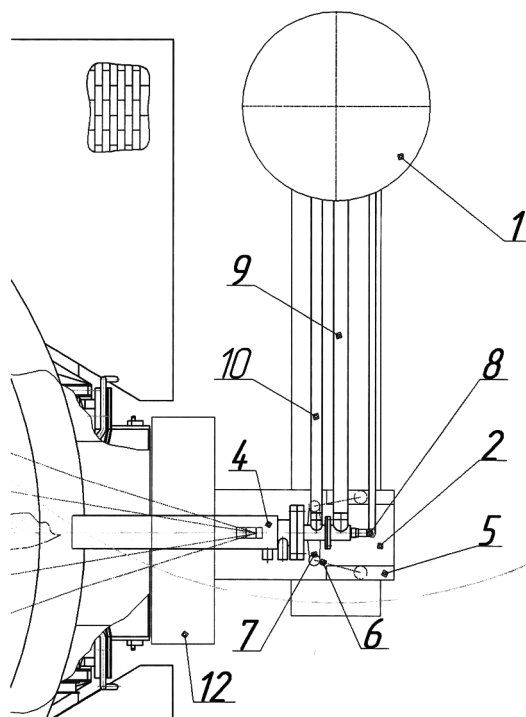
1. Азиков Б.А. Зиннуров И.Ю. Механизация работ в электросталеплавильных цехах. - М.: Металлургия, 1982. - С. 66.
2. А.с. СССР 1447870, МПК С 21С 5/52, 1988.
3. А.с. СССР 253826, МПК С 21С 5/52, 1969.



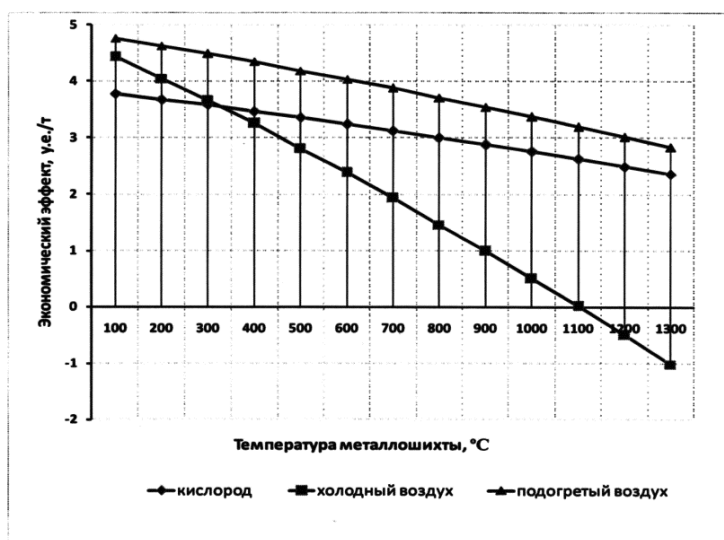
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5