



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008145949/02, 20.11.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.11.2008

(45) Опубликовано: 20.03.2010 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2302471 C1, 10.07.2007. RU 2197535  
C2, 27.01.2003. RU 2258084 C1, 10.08.2005.  
CA 1320526 C, 20.07.1993. US 3880648 A,  
29.04.1975.

Адрес для переписки:

455002, Челябинская обл., г. Магнитогорск,  
ул. Кирова, 93, ОАО "ММК", отдел  
рационализации, изобретательства и  
патентной работы

(72) Автор(ы):

Захаров Игорь Михайлович (RU),  
Николаев Олег Анатольевич (RU),  
Алексеев Леонид Вячеславович (RU),  
Снегирев Владимир Юрьевич (RU),  
Валиахметов Альфед Хабибуллаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество  
"Магнитогорский металлургический  
комбинат" (RU)

## (54) СПОСОБ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в частности к способу получения стали в дуговой электросталеплавильной печи. Способ включает подачу в дуговую печь металлолома и жидкого чугуна, расплавление, окислительный период, выпуск плавки с оставлением шлака и части металла в печи. После выпуска плавки производят завалку на оставшийся в печи шлак и часть металла извести в количестве 1-2% и металлолома в количестве 70-80% от массы металлошихты, заливку жидкого чугуна в количестве 20-30% от массы металлошихты. Окисление металла проводят газообразным кислородом с расходом 3000-4000 нм<sup>3</sup>/ч до содержания углерода в пределах 0,03-0,07% и температурой в пределах 1620-1660°C. Во время выплавки

стали производят продувку металла аргоном через донные пробки с расходом 20-60 л/мин, вдувание углеродсодержащего материала с расходом 20-100 кг/мин и присадку извести порциями по 250-300 кг в количестве 1-2% от массы металлошихты. При выпуске плавки присаживают ферросплавы из расчета получения содержания кремния и марганца равным нижнему марочному пределу содержания этих элементов в выплавляемой марке стали и твердую шлакообразующую смесь, содержащую известь, плавиковый шпат и алюминий в соотношении 3:1:0,5 в количестве 5-10 кг/т с продувкой металла в ковше аргоном. Использование изобретения обеспечивает сокращение длительности плавки, снижение расхода ферросплавов, уменьшение расхода электроэнергии и электродов.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2008145949/02, 20.11.2008**(24) Effective date for property rights:  
**20.11.2008**(45) Date of publication: **20.03.2010 Bull. 8**

Mail address:

**455002, Cheljabinskaja obl., g. Magnitogorsk, ul.  
Kirova, 93, OAO "MMK", otdel ratsionalizatsii,  
izobretatel'stva i patentnoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Zakharov Igor' Mihajlovich (RU),  
Nikolaev Oleg Anatol'evich (RU),  
Alekseev Leonid Vjacheslavovich (RU),  
Snegirev Vladimir Jur'evich (RU),  
Valiakhmetov Al'fed Khabibullaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoje obshchestvo  
"Magnitogorskij metallurgicheskij kombinat" (RU)**

**(54) STEEL-MAKING METHOD IN ARC ELECTRIC STEEL-SMELTING FURNACE**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method includes feeding into arc furnace of scrap metal and liquid cast iron, melting, oxidation period, tapping with keeping of slag and part of metal in furnace. After tapping it is implemented furnace charge on kept in furnace slag and part of metal to diffuse in amount 1-2 % and scrap metal in amount 70-80 % of mass of metallic stock, pouring of liquid cast iron in amount 20-30% from mass of metallic stock. Oxidisation of metal is carried out with gaseous oxygen at a rate of 3000-4000 nm<sup>3</sup>/h of carbon content in limits 0.03-0.07% and a temperature in the range 1620-1660°C. During melting of steel it is implemented blowing of metal

by argon through bottom plugs with consumption 20-60 l/min, blowing of carbon-earring material with consumption 20-100 kg/min and additive of lime by portions of 250-300 kg in amount 1-2% of mass of metal stock. During tapping there are added ferrous alloys from the calculation of receiving of content of silicon and manganese, equal to bottom grade limit of content of these elements in smelted grade of steel and solid slag-forming mixture, containing lime, calcium fluoride and aluminium in ratio 3:1:0.5 in amount 5-10 kg/t with blowing of metal in ladle with argon.

EFFECT: reducing of melting duration, reduction of ferrous alloys consumption, reducing of power and electrodes consumption.

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к способам получения стали в дуговых электросталеплавильных печах.

Известен способ получения стали в дуговой электропечи, включающий завалку в печь металлолома, подачу чугуна, расплавление металлошихты, окисление углерода газообразным кислородом, дефосфорацию стали путем присадок порций железной руды или агломерата в смеси с известью, скачивание шлака через порог рабочего окна, раскисление стали и шлака в печи, выпуск стали в ковш под печным шлаком, присадку в ковш десульфурирующей смеси, состоящей из извести, плавикового шпата и порошка алюминия, отличающийся тем, что в состав завалки вводят агломерат или железную руду в количестве 30-60 кг/т стали, после проплавления металлошихты при расходе электроэнергии 220-320 кВтч/т металлолома в печь заливают чугун при температуре не ниже 1200°C со скоростью заливки 6-12 т/мин, проводят окисление газообразным кислородом с расходом 1500-3000 м<sup>3</sup>/ч, соотношение присаживаемой железной руды или агломерата в смеси с известью поддерживают соответственно (1-2):(2,5-3,5) при расходе 70-110 кг/т стали, после чего спускают шлак через порог рабочего окна, а соотношение извести, плавикового шпата и порошка алюминия в вводимой в ковш десульфурирующей смеси поддерживается соответственно (1,1-1,5):(0,3-0,5):(0,05-0,1) при расходе смеси 14-18 кг/т стали (патент РФ №2197535, кл. C21C 5/52, 7/06).

Существенными недостатками данного способа выплавки стали являются:

- повышенная длительность плавки, связанная с необходимостью восстановительного периода;
- повышенная длительность плавки из-за невозможности подачи в печь чугуна и сыпучих материалов (извести, кокса, плавикового шпата) без отключения электроэнергии;
- повышенный расход электроэнергии и электродов в связи с проведением восстановительного периода плавки;
- повышенный расход ферросплавов, связанный с попаданием высокоокисленного печного шлака в ковш.

Известен выбранный в качестве прототипа способ выплавки стали в дуговой электропечи, включающий подачу в дуговую печь в качестве металлошихты металлолома и жидкого чугуна, расплавление, окислительный период, выплавку стали сериями, выпуск плавки с оставлением шлака и части металла в печи, присадку в ковш во время выпуска твердой шлакообразующей смеси, раскислителей и легирующих, отличающийся тем, что перед выпуском в печь присаживают известь в количестве 1-5% от массы завалки, заливку чугуна при температуре 1250-1360°C в количестве 40-70% от массы завалки проводят на оставшийся в печи шлак и часть металла, после заливки проводят завалку извести в количестве 1-3% и металлолома в количестве 30-60% от массы завалки, окисление проводят газообразным кислородом с расходом 8000-12000 м<sup>3</sup>/ч до содержания углерода не менее 0,1% и температурой не более 1700°C, в ковш при выпуске присаживают кремний и марганцесодержащие ферросплавы из расчета введения кремния 0,10-0,25% и марганца 0,40-0,50% и известь из расчета 3-20 кг/т жидкой стали, дальнейшую доводку стали по температуре и химическому составу проводят на агрегате ковш-печь (патент РФ №2302471, кл. C21C 5/52, 7/06).

Существенными недостатками данного способа выплавки стали являются:

- повышенная длительность плавки, связанная с длительностью окисления примесей, находящихся в чугуне (углерода, кремния, марганца);
- повышенная длительность плавки из-за невозможности подачи в печь чугуна и

сыпучих материалов (известии, кокса, плавикового шпата) без отключения электроэнергии;

- повышенный расход электроэнергии, связанный с формированием большого количества шлака, получаемого при связывании оксидов окислившегося кремния чугуна с оксидами шлака, а также необходимостью расплавления требуемого количества известии;

- повышенный расход электродов, связанный с затягиванием плавки, вызванным окислением примесей;

- повышенный расход ферросплавов, связанный с попаданием высокоокисленного печного шлака в ковш.

Техническая задача, решаемая изобретением, - сокращение длительности плавки, снижение расхода ферросплавов, уменьшение расхода электроэнергии и электродов.

Для этого предлагается способ выплавки стали в дуговой электросталеплавильной печи, включающий подачу в дуговую печь в качестве металлошихты металлолома и жидкого чугуна, расплавление, окислительный период, выпуск плавки с оставлением шлака и части металла в печи, присадку в ковш во время выпуска твердой шлакообразующей смеси, раскислителей и легирующих, в отличие от ближайшего аналога после выпуска плавки производят завалку на оставшийся в печи шлак и часть металла известии в количестве 1-2% и металлолома в количестве 70-80% от массы металлошихты, заливку жидкого чугуна в количестве 20-30% от массы металлошихты производят с помощью заливочного желоба во время плавления металлолома, окисление металла проводят газообразным кислородом с расходом 3000-4000  $\text{нм}^3/\text{ч}$  до содержания углерода в пределах 0,03-0,07% и температурой в пределах 1620-1660°C, во время выплавки стали производят продувку металла аргоном через донные пробки с расходом 20-60 л/мин, производят вдувание углеродсодержащего материала с расходом 20-100 кг/мин и присадку известии порциями по 250-300 кг в количестве 1-2% от массы металлошихты, выпуск металла осуществляют с помощью эркерного устройства, при выпуске присаживают ферросплавы из расчета получения содержания кремния и марганца равным нижнему марочному пределу содержания этих элементов в выплавляемой марке стали и твердую шлакообразующую смесь, содержащую известь, плавиковый шпат и алюминий в соотношении 3:1:1 в количестве 5-10 кг/т с продувкой металла в ковше аргоном, дальнейшую доводку металла по температуре и химическому составу проводят на агрегатах внепечной обработки стали.

Заявляемые пределы подобраны экспериментальным путем. Количество жидкого чугуна (20-30% от массы завалки) выбрано исходя из сокращения длительности плавки. Использование жидкого чугуна в количестве более 30% от массы завалки приводит к увеличению длительности плавки в связи с необходимостью окисления "избыточного" углерода стали и дополнительного времени на скачивание шлака. При использовании жидкого чугуна менее 20% от массы завалки дефицит тепловой энергии от окисления углерода необходимо компенсировать дополнительным электронагревом, что приводит к увеличению цикла плавки, а также не позволяет получать требуемые содержания остаточных элементов (хром, никель, медь).

Заливка чугуна через заливочный желоб по ходу плавления позволяет сократить продолжительность плавки на 2-3 минуты за счет сокращения тепловых потерь и времени на открытие и закрытие свода печи для заливки чугуна.

Технология присадки известии предусматривает отдачу 1-2% известии от массы завалки в бадью с металлоломом и 1-2% известии от массы завалки порциями по 250-300 кг по ходу окислительного периода. Данная технология присадки известии

обеспечивает раннее формирование шлака и защиту водоохлаждаемых панелей от перегрева, позволяет снизить содержание серы и фосфора в металле перед выпуском металла из печи. При завалке всей извести в бадью в процессе выплавки стали она не успевает раствориться и приводит к увеличению цикла плавки, а при отдаче всей  
5 извести по ходу плавки (порциями) не успевает сформироваться шлак из-за крайне непродолжительного окислительного периода плавки. При увеличении количества извести более 4% от массы завалки происходит увеличение цикла плавки и непроизводительных затрат.

10 Дополнительное перемешивание ванны аргоном через донные пробки приводит к сокращению цикла плавки на 2-3 минуты, при этом удельный расход электроэнергии снижается ориентировочно на 20 кВтч/т.

Расход углеродсодержащего материала для вдувания 20-100 кг/мин выбран с целью образования и поддержания вспененного шлака для обеспечения работы печей на  
15 максимальных ступенях работы трансформатора и сокращения цикла плавки.

Расход кислорода выбран исходя из получения требуемого содержания углерода в металле на выпуске из печи 0,03-0,07%. При расходе кислорода менее 3000 нм<sup>3</sup>/ч увеличивается продолжительность плавки из-за недостаточного количества кислорода  
20 для окисления углерода чугуна, а при расходе кислорода более 4000 нм<sup>3</sup>/ч скорость окисления углерода становится меньше, чем скорости диффузии кислорода, что приводит к переокислению металла.

Присадка ферросплавов в ковш из расчета получения содержания кремния и марганца равным нижнему марочному пределу содержания этих элементов в  
25 выплавляемой марке стали позволяет снизить концентрацию кислорода в стали и повысить усвоение легирующих и раскислителей.

Обработка металла на выпуске твердой шлакообразующей смесью, состоящей из извести, плавикового шпата и алюминия в соотношении 3:1:1 в количестве 5-10 кг/т, с  
30 продувкой металла аргоном способствует раннему образованию рафинирующего шлака в ковше, позволяет снизить содержание серы в металле по приходу на агрегаты внепечной обработки стали и повысить стойкость сталеразливочных ковшей. При расходе ТШС менее 5 кг/т невозможно получить требуемую рафинирующую  
35 способность шлака, а при увеличении расхода более 10 кг/т возрастают тепловые потери, связанные с формированием шлака, что требует дополнительного нагрева металла на агрегатах ВОС.

Заявляемый способ получения стали был реализован при выплавке стали марок СтЗсп, Ст2сп, 35ГС, 25Г2С в 180-тонных дуговых электропечах с трансформатором  
40 мощностью 150 МВА.

Завалка металлолома в количестве 150-160 тонн и извести в количестве 3,5-4,0 тонн производилась на оставшийся в печи шлак и часть металла. Заливка жидкого чугуна в  
количестве 50-60 тонн производилась с помощью заливочного желоба во время  
45 плавления. Окисление углерода проводили путем продувки стали в печи газообразным кислородом с расходом 3000-4000 нм<sup>3</sup>/ч. Температура металла перед выпуском из печи составляла 1630-1660°С. Во время выплавки стали производили продувку металла аргоном с расходом 20-60 л/мин. По ходу плавки производили  
присадку извести порциями по 250-300 кг в количестве 3,0-4,0 тонн и вдувание  
50 углеродсодержащего материала с расходом 50-80 кг/мин.

При выпуске стали в ковш присаживали ферросилиций, ферромарганец и твердую шлакообразующую смесь в составе 1,2 т извести, 0,4 т плавикового шпата и 0,2 т чушкового алюминия.

Разливку стали производили на 5-ручьевых сортовых МНЛЗ.

При выплавке стали по заявленному способу сокращается длительность плавки с 50-55 минут до 45-50 мин, расход электроэнергии с 300-320 кВтч/т до 280-300 кВтч/т, расход электродов с 1,6-1,8 кг/т до 1,4-1,6 кг/т.

#### Формула изобретения

Способ выплавки стали в дуговой электросталеплавильной печи, включающий подачу в дуговую печь в качестве металлошихты металлолома и жидкого чугуна, расплавление, окислительный период, выпуск плавки с оставлением шлака и части металла в печи, присадку в ковш во время выпуска плавки твердой шлакообразующей смеси, раскислителей и легирующих, отличающийся тем, что после выпуска плавки производят завалку на оставшийся в печи шлак и часть металла извести в количестве 1-2% и металлолома в количестве 70-80% от массы металлошихты, подачу жидкого чугуна в количестве 20-30% от массы металлошихты производят с помощью заливочного желоба во время плавления металлолома, окисление металла в окислительный период проводят газообразным кислородом с расходом 3000-4000  $\text{нм}^3/\text{ч}$  до содержания углерода в пределах 0,03-0,07% и температуры в пределах 1620-1660°C, во время выплавки стали в печи производят продувку металла аргоном через донные пробки с расходом 20-60 л/мин, вдувание углеродсодержащего материала с расходом 20-100 кг/мин и присадку извести порциями по 250-300 кг в количестве 1-2% от массы металлошихты, выпуск металла осуществляют с помощью эркерного устройства, при выпуске присаживают ферросплавы из расчета получения содержания кремния и марганца, равными нижнему марочному пределу содержания этих элементов в выплавляемой марке стали, и твердую шлакообразующую смесь, содержащую известь, плавиковый шпат и алюминий в соотношении 3:1:0,5 в количестве 5-10 кг/т стали с продувкой металла в ковше аргоном, а дальнейшую доводку металла по температуре и химическому составу проводят на агрегатах внепечной обработки стали.