



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011123744/02, 14.06.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.06.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.06.2011

(43) Дата публикации заявки: 20.12.2012 Бюл. № 35

(45) Опубликовано: 27.05.2013 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2360009 C2, 27.06.2009. RU 2374582 C2, 27.11.2009. RU 2025499 C1, 30.12.1994. DE 3621323 A1, 08.01.1987. RU 94026565 A1, 27.06.1996. RU 2158062 C1, 20.10.2000.

Адрес для переписки:

119049, Москва, ГСП-1, В-49, Ленинский пр-кт, 4, МИСиС, Центр трансфера технологий

(72) Автор(ы):

**Меркер Эдуард Эдгарович (RU),  
Карпенко Галина Абдудаевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Национальный исследовательский  
технологический университет "МИСиС" (RU)****(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ СТАЛИ В ДУГОВОЙ ПЕЧИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, а конкретнее к области электрометаллургии стали. Способ включает подачу металлизированных окатышей через осевые отверстия в графитовых электродах в шлаковый расплав подэлектродной зоны ванны печи. Совместно с металлизированными окатышами в шлаковый расплав через осевые отверстия графитовых электродов подают порошкообразный углеродсодержащий материал и инертный газ или смесь газов. Расход порошкообразного углеродсодержащего материала определяют из соотношения

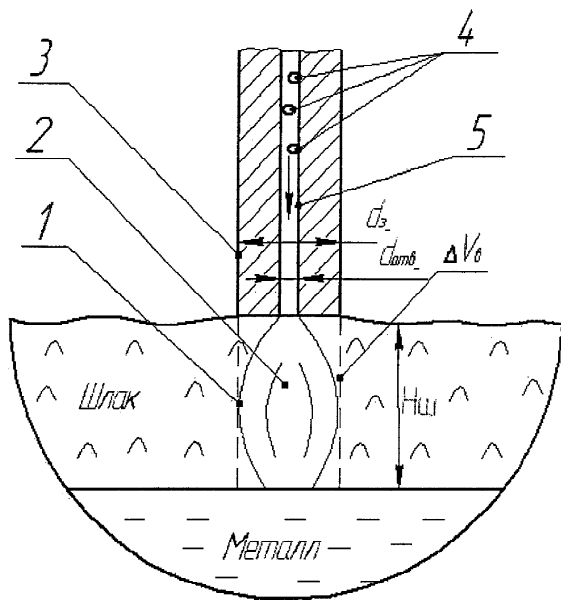
$$G_C^M = G_C^{3Л} - G_C^{OK},$$

где  $G_C^M$ ,  $G_C^{3Л}$ ,  $G_C^{OK}$  - соответственно

расход углеродсодержащего материала, потери углерода в результате окисления электродов в шлаковом расплаве и приход углерода в подэлектродную зону ванны при расплавлении в ней металлизированных окатышей, кг/плавка. Расход инертного газа устанавливают из расчета образующегося объема в подэлектродной зоне ванны

$$\Delta V_B = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4 \cdot \tau} \cdot H_{ш}$$

где  $\Delta V_B$  - изменение объема этой зоны в ванне, м<sup>3</sup>/мин;  $d_3$  - внешний диаметр электрода, м;  $H_{ш}$  - заглубление электрода в шлаковом расплаве ванны, м;  $\tau$  - время, мин. Использование изобретения обеспечивает увеличение стойкости электродов и снижение расхода электроэнергии на процесс плавки. 2 з.п. ф-лы, 2 ил., 1 табл.



Фиг. 1

RU 2483119 C2

RU 2483119 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
**C21C 5/52** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011123744/02, 14.06.2011**  
 (24) Effective date for property rights:  
**14.06.2011**  
 Priority:  
 (22) Date of filing: **14.06.2011**  
 (43) Application published: **20.12.2012 Bull. 35**  
 (45) Date of publication: **27.05.2013 Bull. 15**  
 Mail address:  
**119049, Moskva, GSP-1, V-49, Leninskij pr-kt, 4, MISiS, Tsentr transfera tekhnologij**

(72) Inventor(s):  
**Merker Ehdvard Ehdgarovich (RU), Karpenko Galina Abdudaevna (RU)**  
 (73) Proprietor(s):  
**Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj issledovatel'skij tekhnologicheskij universitet "MISiS" (RU)**

(54) **METHOD OF STEEL CASTING IN ARC STEEL FURNACE**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: proposed method comprises feeding metalised pellets via axial holes in graphite electrodes into slag melt of furnace bath under-electrode zone. Carbon-bearing powder and inert gas or gas mix are fed via said axial holes into metalised slag together with aforesaid pellets. Consumption of carbon-bearing powder is defined by the formula  $G_c^m = G_c^{el} - G_c^{pel}$ , where

$G_c^m, G_c^{el}, G_c^{pel}$  is consumption of carbon-bearing powder, losses of carbon from electrodes oxidation in slag melt and carbon feed into under-electrode zone of furnace bath on melting metalised pellets therein, kg/melting. Consumption of inert gas is set on the basis of volume formed in under-electrode zone

where  $\Delta V_b$  is change in

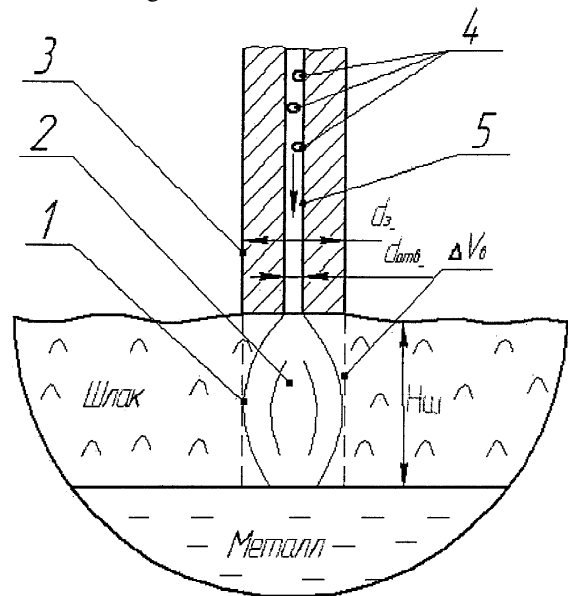
$$\Delta V_b = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4 \cdot \tau} \cdot H_s,$$

volume of said zone, m<sup>3</sup>/min;  $d_e$  is electrode OD, m;  $H_s$  is electrode penetration into bath slag melt, m;

$\tau$  is time, min.

EFFECT: higher durability of electrode, power savings.

3 cl, 2 dwg, 1 tbl



Фиг.1

RU 2 4 8 3 1 1 9 C 2

RU 2 4 8 3 1 1 9 C 2

Областью применения изобретения является металлургия, а именно электрометаллургия стали, в которой основой является непрерывная подача металлизированных окатышей в ванну дуговой сталеплавильной печи [1].

Известен также способ электроплавки стали на основе применения непрерывной загрузки металлизированных окатышей в ванну дуговой печи через осевые отверстия в графитовых электродах [2].

В процессе электроплавки стали графитовые электроды, погруженные в шлаковый расплав, окисляются, что снижает их стойкость. Окисляется также и боковая поверхность электрода вследствие выгорания электрода в окислительной атмосфере печи. Это обстоятельство является существенным недостатком всех известных способов [1, 2].

Задачей изобретения является повышение эффективности электроплавки стали на основе применения методов [1, 2] подачи металлизированных окатышей с возможностью увеличения стойкости графитовых электродов [3, 4] электродов, благодаря наличию в них осевых отверстий, используются не только для подачи металлизированных окатышей, но и других материалов в ванну дуговой печи. Это создается благодаря тому, что в качестве защитной среды используют газ или смесь газов, не взаимодействующие с материалом электрода [3, 4]. Известен также способ защиты графитированного электрода от окисления путем подачи воды, или воздушной смеси, или водовоздушной смеси на часть боковой поверхности электрода, находящейся под сводом печи [5].

Однако несмотря на достигнутую экономию графитовых материалов до 25% данный способ [5] и другие способы [3, 4] не нашли широкого практического применения из-за высоких издержек по эксплуатации электродов с использованием дополнительных специальных устройств [3], например фурмы, вертикально перемещающейся вдоль боковой поверхности [4] электрода или устройства [6], выполненного в виде кольцевого коллектора с соплами, расположенного вокруг электрода и соединенного с электрододержателем. К тому же все эти известные способы не защищают торцевую часть электрода от окисления, находящуюся в шлаковом расплаве в подэлектродной зоне ванны. Кроме того, следует отметить, что вышеназванные способы не только громоздки [3, 4, 5] и даже взрывоопасны [5], но и для их реализации требуется большой расход газов, воды и защитных покрытий [7], а следовательно, в условиях электроплавки стали на их нагрев затрачивается большое количество тепла, что снижает технико-экономические показатели производства.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ [8] электроплавки стали с погруженными в шлаковый расплав электродами, которые имеют осевые отверстия для подачи через эти отверстия окатышей и других материалов. Данный способ позволяет использовать нерасходуемый электрод [9], содержащий электрододержатель, к которому подводится электроэнергия, а также погружаемый в расплав наконечник [9, с.69, рис.35] из карбидаобразующего материала с осевым отверстием [1, 2], что позволяет [10] осуществлять подачу восстановительного газа через осевое отверстие, а расход восстановительного углеродсодержащего газа выбирать в зависимости [6, 10] от объема подэлектродной зоны в шлаковом расплаве ванны печи.

Недостатком прототипа, т.е. указанного способа [8], является то, что при электроплавке стали не предусматривается подача углеродсодержащего материала или газа в ванну печи через осевое отверстие в электроде в приэлектродную зону, т.е. в зону шлакового расплава, где находятся высокотемпературные электрические дуги. К

другим недостаткам прототипа [8] и других известных способов [1, 2, 3, 4] можно отнести то, что при электроплавке стали не предусматриваются оптимальные условия подачи в шлаковый расплав под электродами окатышей, углеродсодержащих материалов и восстановительных или инертных газов [6, 9, 10]. Поэтому для решения этой сложной технической задачи по плавлению окатышей и углеродсодержащего материала со снижением степени окисления углерода необходимо в подэлектродной зоне создавать восстановительную атмосферу, что потребует большого расхода природного газа и определение его расхода, например, по формуле авторов [9]:

$$3,93 \cdot 10^4 \cdot d_c^{\frac{5}{2}} \left( \frac{d_э}{d_c} + 2,22 \right)^{\frac{3}{2}} \leq Q_{Г} \leq 5,26 \cdot 10^4 \cdot d_c^{\frac{5}{2}} \left( \frac{d_э}{d_c} + 1,83 \right)^{\frac{3}{2}}$$

где  $Q_{Г}$  - расход газа,  $м^3/ч$ ;  $d_c$  - диаметр сопла, м;  $d_э$  - диаметр электрода, м.

Технический результат изобретения - устранение указанных недостатков, повышение эффективности электроплавки окатышей в шлаковом расплаве, увеличение стойкости электродов с учетом использования осевых отверстий в них для совместной подачи в ванну печи окатышей углеродсодержащих материалов, инертных и восстановительных газов, а также снижение расхода электроэнергии на процесс плавки.

Технический результат достигается тем, что в способе электроплавки стали подачу металлизированных окатышей через осевые отверстия электродов в шлаковый расплав ванны печи осуществляют совместно с углеродсодержащим материалом, инертным газом или смесью газов. В этих условиях, например, для 150 т дуговой печи (при  $d_э=0,6$  м;  $H_{шл}>0,5$  м) изменение объема

$$\Delta V_{в} = 0,785 \cdot \frac{d_э^2}{\tau} \cdot H_{шл}$$

можно при  $\tau=1$  мин найти:

$$\Delta V_{в} = 0,785 \cdot \frac{0,6^2}{1} \cdot 0,5 = 0,141 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

Это значение  $\Delta V_{в}$  говорит о том, что каждую минуту под электродами обновляется  $0,141 \text{ м}^3$  расплава с окатышами и другими материалами.

При этом, учитывая, что в пространстве имеется кислород ( $O_2$ ) и потому при подаче природного газа ( $CH_4$ ) через осевое отверстие электрода образуется значительное количество  $CO_2$  и  $H_2O$  по реакции:  $CH_4 + O_2 = CO_2 + H_2O$ , исходя из молекулярных весов, участвующих в реакции веществ, можно найти, что сгорание 1 кг природного газа ведет к образованию 2,75 кг углекислого газа и 2,25 кг воды, т.е. такое большое количество (5 кг) оксидов, с одной стороны, потребляет большое количество тепла на их нагрев, а с другой стороны, эти газы окисляют [3, 4, 7] поверхность графитового электрода. В случае использования оптимального расхода углеродсодержащего материала этот нежелательный фактор исключается, т.к. по реакции  $2C + O_2 = 2CO + Q_{кдж}$  образуется восстановительный газ (CO) в меньшем количестве и, к тому же, этот газ снижает скорость окисления на торцевой и боковой поверхностях графитового электрода, т.е. создаются условия для повышения их стойкости. Использование в этом случае инертных газов (азот, аргон и др.) в качестве носителя порошкообразного материала является важным, т.к. инертный газ к тому же играет не только защитную роль от окисления углерода на торцевой и боковой поверхностях электродов, но и стабилизирует [1, 2] горение электрических дуг и интенсифицирует процессы перемешивания при плавлении окатышей в шлаковом

расплаве.

Кроме того, с технологической точки зрения, при электроплавке окатышей в шлаковом расплаве (Фиг.1) подача углеродистого порошка способствует не только защите электрода от окисления, но и позволяет регулировать подачу углерода в расплав с целью интенсификации режимов [1, 2, 5] обезуглероживания металла и плавления металлизированных окатышей в ванне печи, что приводит к увеличению ее производительности и снижению расхода электроэнергии на процесс электроплавки. Это подтверждается, в частности, лабораторным экспериментом на ЭПУ.

На фиг.1 представлена схема образования подэлектродной зоны в ванне дуговой печи, где обозначены 1 - подэлектродная зона; 2 - электрическая дуга; 3 - графитовый электрод; 4 - окатыши и другие материалы; 5 - осевое отверстие в электроде;  $H_{ш}$  - толщина шлака;  $\Delta V_B$  - объем подэлектродной зоны.

Эффективность электроплавки стали по предлагаемому изобретению оценили по данным лабораторного эксперимента (фиг.1) на опытной печной установке, которая включала тигель емкостью 300 г со шлаком и металлом, электрод графитовый диаметром 350 мм с осевым отверстием ~10-12 мм, электрододержатель, систему подачи окатышей и углеродсодержащего материала (коксик) на шлаковый расплав. Питание электропечной установки (ЭПУ) осуществлялось от двух параллельно соединенных выпрямителей с мощностью  $P=23,7$  кВт. Для сравнения использовали два типа графитовых электродов (сплошной без осевого отверстия и полый, т.е. электрод с отверстием).

Результаты эксперимента приведены в таблице.

Тип электрода	Мощность дуги $P_y$ , кВт	Удельная скорость загрузки окатышей, г/с	Расход коксика, г/с	Время плавания, с	Износ электрода, г
Сплошной	12,0	0,3	-	56	14
Полый	12,0	0,3	0,03	48	8
Сплошной	14,0	0,4	-	68	18
Полый	14,0	0,4	0,04	58	10
Сплошной	16,0	0,5	-	82	21
Полый	16,0	0,5	0,05	70	12

Из анализа приведенных данных следует, что подача окатышей в подэлектродную зону (полые электроды) с применением коксика в область дуги приводит к снижению износа электрода и времени плавания металлизированных окатышей.

Таким образом, настоящим изобретением решается комплексная техническая задача по ускорению процесса плавления окатышей при их подаче через отверстие в электроде при совместной подаче углеродсодержащего материала и смеси газов. Кроме того, техническим результатом является также то, что предлагаемый способ позволяет повысить стойкость при работе электрода со снижением времени плавления окатышей, т.е. с повышением производительности работы ЭПУ.

Это достигается благодаря тому, что предлагается способ электроплавки стали в дуговой печи, включающий подачу металлизированных окатышей через осевые отверстия в графитовых электродах, отличающийся тем, что совместно с металлизированными окатышами в шлаковый расплав подэлектродной зоны ванны печи через осевые отверстия графитовых электродов подают углеродсодержащий материал, инертный газ или смесь газов, при этом расход углеродсодержащего материала определяют из соотношения:  $G_C^M = G_C^{ЭЛ} - G_C^{ОК}$  где -  $G_C^M$ ,  $G_C^{ЭЛ}$ ,  $G_C^{ОК}$

соответственно расход углеродсодержащего материала, потери углерода в результате окисления электродов в шлаковом расплаве и приход углерода в

подэлектродную (приэлектродную) зону ванны при расплавлении в ней металлизированных окатышей, кг/плавку и кроме того способ отличающийся тем, что расход инертного газа устанавливается из расчета образующегося объема в подэлектродной зоне ванны: 
$$\Delta V_B = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4 \cdot \tau} \cdot H_{ш},$$
 где  $\Delta V_B$  - изменение объема этой зоны

в ванне, м<sup>3</sup>/мин;  $d_э$  - диаметр электрода, м;  $H_{ш}$  - толщина шлака под электродом в ванне печи, м;  $\tau$  - время, мин, а также предлагаемый способ отличается тем, что в качестве смеси газов используют аргон или азот с добавлением к ним углеродсодержащего или восстановительного газа, например углеродного газа или монооксида углерода.

Работа по предлагаемому способу электроплавки стали в дуговой печи может быть технически осуществлена в соответствии со схемой (Фиг.2) размещения электрода с осевым отверстием в ванне печи. В жидкий металл (1) и шлаковый расплав (2) графитовый электрод (3) с осевым отверстием (4) погружен в ванну дуговой печи с помощью электрододержателя (5). В осевое отверстие электрода (4) вставлен электроизолированный конус (6), в который подают углеродсодержащий материал (7), металлизированные окатыши (8) и инертный или восстановительный газы (9). При подаче через электрододержатель (5) электрической энергии в торце электрода (3) образуется электрическая дуга (10), которая нагревает шлаковый расплав в подэлектродном (11) пространстве печи. В результате воздействия электрической дуги (10) на расплав (11) осуществляется нагрев и плавление окатышей и других материалов (7, 8), что способствует проведению электроплавки стали в дуговой печи с достижением более высоких технико-экономических показателей производства.

#### Литература

1. Меркер Э.Э. и др. Патент РФ на изобретение №2385952 от 10.04.2010; Бюл. 19.
2. Меркер Э.Э. и др. Патент РФ на изобретение №2374582 от 07.09.2005; Бюл №33 от 27.11.2009.
3. Кузин С.А. Патент РФ на изобретение №94026565 от 27.06.1996.
4. Стадничук А.В., Стадничук В.И. Патент РФ на изобретение №2218676 от 10.12.2003.
5. Лопухов Г.А., Кацов Е.З. Производство стали в дуговых печах // Итоги науки и техники. Сер. Производство чугуна и стали. Том 19. - М.: ВИНТИ, 1989 г., с.48-49.
6. Патент США №4852120, МКИ 4 H05B 7/12, 1989 г.
7. Аналькова Г.Д. и др. Обзорная информация // Цветная металлургия. Сер. Производство легких цветных металлов. М.: ЦНИИцветмет экономики информации, 1989 г.
8. Меркер Э.Э. и др. Патент РФ на изобретение №2360009 от 27.06.2009. Бюл. 18.
9. Патент РФ №2158062. Способ защиты нерасходуемого электрода в шлаковом расплаве печи.
10. Поволоцкий Д.А. и др. Устройство и работа сверхмощных дуговых сталеплавильных печей. - М.: Металлургия, 1990, 176 с.

#### Формула изобретения

1. Способ электроплавки стали в дуговой печи, включающий подачу металлизированных окатышей через осевые отверстия в графитовых электродах в шлаковый расплав подэлектродной зоны ванны печи, отличающийся тем, что совместно с металлизированными окатышами в шлаковый расплав подэлектродной

зоны ванны печи через осевые отверстия графитовых электродов подают порошкообразный углеродсодержащий материал и инертный газ или смесь газов, при этом расход порошкообразного углеродсодержащего материала определяют из соотношения  $G_C^M = G_C^{эл} - G_C^{ок}$ , где  $G_C^M$ ,  $G_C^{эл}$ ,  $G_C^{ок}$  - соответственно расход углеродсодержащего материала, потери углерода в результате окисления электродов в шлаковом расплаве и приход углерода в подэлектродную зону ванны при расплавлении в ней металлизированных окатышей, кг/плавку.

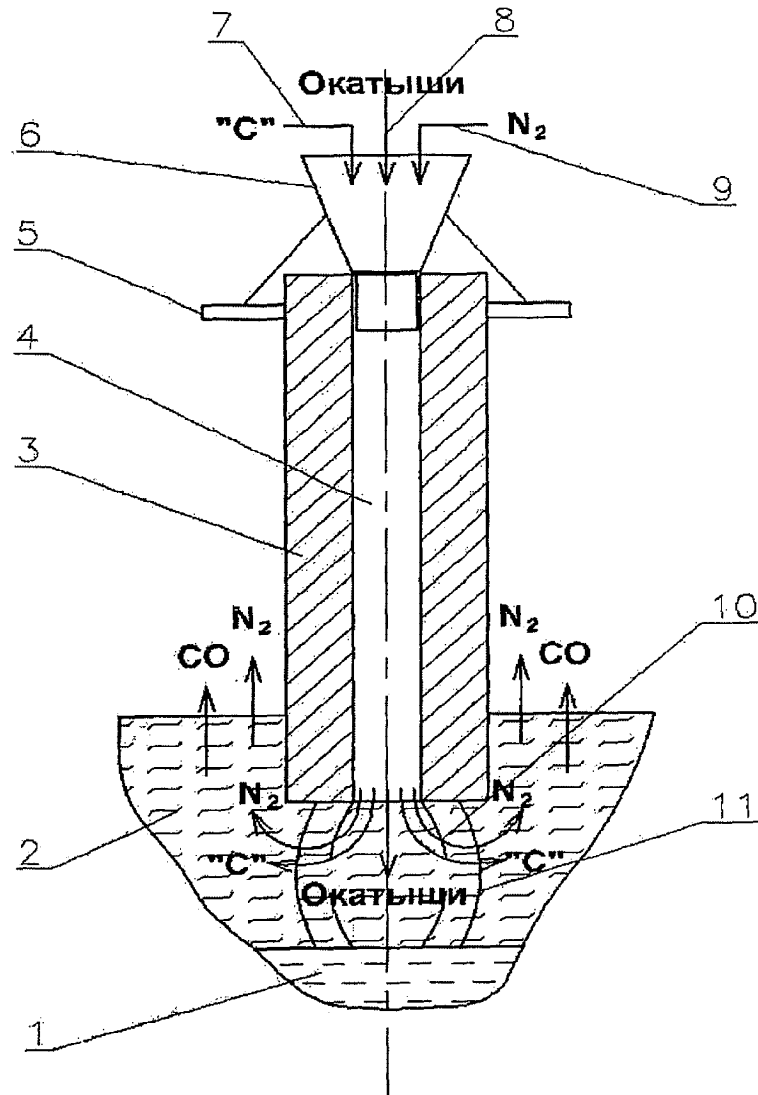
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что расход инертного газа устанавливают из расчета образующегося объема в подэлектродной зоне ванны

$$\Delta V_B = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4 \cdot \tau} \cdot H_{ш},$$

где  $\Delta V_B$  - изменение объема этой зоны в ванне, м<sup>3</sup>/мин;  $d_3$  - внешний диаметр электрода, м;  $H_{ш}$  - заглубление электрода в шлаковом расплаве ванны, м;  $\tau$  - время, мин.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве смеси газов используют аргон или азот с добавлением к ним углеродсодержащего или восстановительного газа, например природного газа или монооксида углерода.





Фиг.2