

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

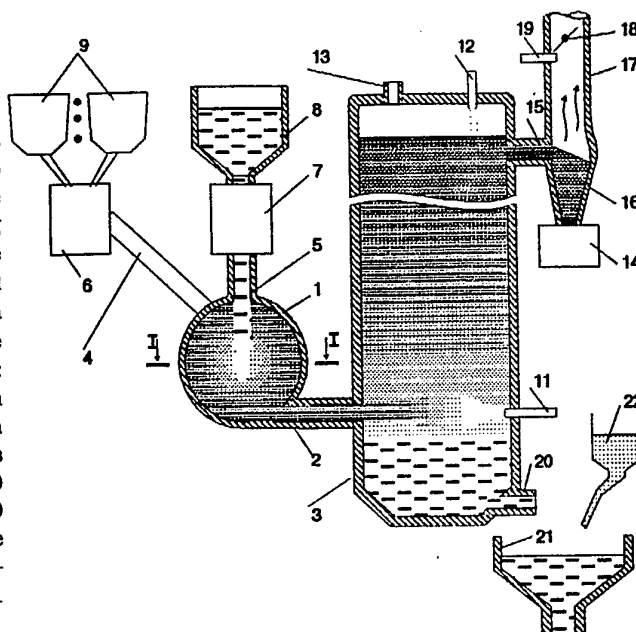
(51) Международная классификация изобретения ⁶ : C21C 5/56, 1/00	A1	(11) Номер международной публикации: WO 95/18238 (43) Дата международной публикации: 6 июля 1995 (06.07.95)
(21) Номер международной заявки: РСТ/RU93/00325 (22) Дата международной подачи: 30 декабря 1993 (30.12.93) (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА «ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ» [RU/RU]; 654043 Новокузнецк (RU) [AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO OTKRYTOGO TIPA «ZAPADNO-SIBIRSKY METALLURGICHESKY KOMBINAT», Novokuznetsk (RU)]. (72) Изобретатели; и (75) Изобретатели / Заявители (только для US): ЦЫМБАЛ Валентин Павлович [RU/RU]; 654027 Новокузнецк, ул. Кирова, д. 6а, кв. 18 (RU) [TSYMBAL, Valentin Pavlovich, Novokuznetsk (RU)]. МОЧАЛОВ Сергей Павлович [RU/RU]; 654080 Новокузнецк, ул. Кирова, д. 123, кв. 2 (RU) [MOCHALOV, Sergei Pavlovich, Novokuznetsk (RU)]. ШАКИРОВ Ким Муртазович [RU/RU]; 654066 Новокузнецк, ул. Транспортная, д. 131, кв. 26 (RU) [SHAKIROV, Kim Murta-zovich, Novokuznetsk (RU)]. АЙЗАТУЛОВ Рафик Сабирович [RU/RU]; 654018 Новокузнецк, ул. Кирова, д. 56, кв. 46 (RU) [AIZATULOV, Rafik Sabirovich, Novokuznetsk (RU)]. КУСТОВ Борис Александрович [RU/RU]; 654000 Новокузнецк, ул. Металлургов, д. 25, кв. 69 (RU) [KUSTOV, Boris Alexandrovich, Novokuznetsk (RU)]. МИХЕЕВ Николай Иванович [RU/RU]; 654080 Новокузнецк, ул. Кирова, д. 73, кв. 102 (RU) [MIKHNEEV, Nikolai Ivanovich, Novokuznetsk (RU)]. ТОРОПОВ Анатолий Иванович [RU/RU]; 654041 Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 31, кв. 53 (RU) [TOROPOV, Anatoly Ivanovich, Novokuznetsk (RU)].		(81) Указанные государства: CA, JP, KR, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Опубликована С отчетом о международном поиске.

(54) Title: PROCESS FOR THE CONTINUOUS REFINING OF METAL AND A FACILITY FOR CARRYING OUT SAID PROCESS

(54) Название изобретения: СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА И АГРЕГАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Abstract

The proposed process for the continuous refining of metal involves the following steps: molten metal is fed into a reaction chamber; gaseous and solid oxidising agents are introduced; loose materials are added; the metal and slag are totally converted to a foaming emulsion; a raised pulsed pressure is created within the reaction chamber and the system is made to deviate significantly from thermodynamic equilibrium by the creation of a self-adjusting system of chemical gas-producing reactions; the emulsion is removed to a settling tank at the critical outflow-rate of the two-phase liquid; and the metal and slag are separated in the settling tank and gas is removed at a predetermined rate through the thick emulsion layer. The proposed facility for the continuous refining of metal comprises: a spherical reaction chamber (1) with a channel through which the liquid metal (5) and loose materials (4) can be introduced; a device in the form of opposing tuyeres for supplying gaseous oxygen; a cylindrical connecting channel (2); a settling tank (3) with tap holes to allow the removal of metal (20) and slag (15) and divided into two vertical channels to facilitate the separation of slag (16) and gas (17); a channel for feeding in slag-forming materials (13); and tuyeres for supplying oxygen (11 and 12).



Способ непрерывного рафинирования металла, включающий подачу в реакционную камеру жидкого металла, ввод газообразных и твердых окислителей, добавку сыпучих материалов, полный перевод металла и шлака в пенистую эмульсию, создание в реакционной камере повышенного пульсирующего давления и значительного отклонения системы от термодинамического равновесия путем создания самоорганизующейся системы химических реакций с газовыделением и отвода эмульсии в рафинирующий отстойник с критической скоростью истечения двухфазной жидкости, разделение в рафинирующем отстойнике металла и шлака и отвод газа через высокий слой эмульсии с определенной скоростью.

Агрегат для непрерывного рафинирования металла, содержащий сферическую реакционную камеру (1) с каналом для подачи жидкого металла (5) и сыпучих материалов (4), устройством для подачи газообразного кислорода, выполненного в виде встречно расположенных фурм, цилиндрический соединительный канал (2), рафинирующий отстойник (3) с летками для отвода металла (20) и шлака (15), разделенной на два вертикальных канала для сепарации шлака (16) и газа (17), канал для подачи шлакообразующих материалов (13), фурм для подачи кислорода (11) и (12).

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Мадагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА И АГРЕГАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ.

Область техники.

5 Настоящее изобретение относится к металлургии, а более точно - к получению металла в агрегатах непрерывного действия.

Наиболее успешно настоящее изобретение может быть использовано при получении стали и ферросплавов.

10

Предшествующий уровень техники.

В настоящее время работы в области металлургии направлены на создание и совершенствование конструкций агрегатов и технологий непрерывного рафинирования металлов, обладающих существенными преимуществами по сравнению с традиционными циклическими процессами. Созданы агрегаты различных конструкций, типов и принципов непрерывного получения металла: подовые, проточные, желобные, струйного рафинирования и другие [1].

20 В известном способе непрерывного рафинирования металла проточного типа [2] в агрегат непрерывно подают жидкий чугун и шлакообразующие материалы, а готовый металл, шлак и газ удаляют через специальные каналы. При таком способе обработки скорости рафинирования невелика из-за малых поверхностей контакта фаз и удельных расходов окислителей.

Попыткой достижения высоких скоростей рафинирования за счет увеличения поверхностей контакта газообразного кислорода с металлом является создание агрегатов струйного рафинирования [3]. В этих способах металл диспергируют газом на капли, которые в процессе контакта взаимодействуют с окислителем. Получающийся поток капель металла поступает в ковш.

35 Однако при таком способе обработки металла получается высокий угар элементов, который приводит к низкому выходу жидкого металла и высокой запыленности отходящих газов. При этом также ограничена возможность в

- 2 -

переработке отходов производства и твердых окислителей из-за совмещения процессов в пространстве и во времени и невозможности гибкого управления процессами рафинирования и нагрева металла.

- 5 Разработан способ непрерывного рафинирования металла и агрегат для его осуществления, в котором металл подвергается обработке в две стадии [4].

10 Известный способ включает ввод в реакционную камеру чугуна, окисляющего реагента с добавками сыпучих материалов, полный перевод металла и шлака в пенистую эмульсию, отвод эмульсии в рафинирующий отстойник и последующее разделение в нем металла, шлака и газа.

15 Известный агрегат, в котором реализуется способ, содержит реакционную камеру с каналами для подачи чугуна и сыпучих материалов и устройством для подачи газообразного кислорода, рафинирующий отстойник с летками для отвода металла и шлака и патрубком для отвода газов и соединительный канал для отвода пенистой эмульсии из реакционной камеры в рафинирующий отстойник.

20 Однако этот способ и устройство не позволяют достигать высоких скоростей процессов окислительного рафинирования, имеют значительные потери железа, низкую степень утилизации отходов и высокую запыленность отходящих газов. Низкая скорость процессов рафинирования и
25 их глубина протекания объясняется тем, что реакции идут при атмосферном давлении в области, близкой к равновесной, а удельная поверхность контакта фаз при взаимодействии "верхнего дутья" с ванной имеет небольшую величину, меньше, чем при струйном рафинировании. Кроме того, транспортировка продуктов из реакционной камеры в
30 рафинирующий отстойник путем свободного перетекания приводит к тому, что в рафинирующем отстойнике резко снижается поверхность контакта между металлом и шлаком, а вместе с этим и скорости процессов рафинирования.
35 Потери металла происходят с конечным шлаком в виде оксидов железа и мелких капель, а также с его угаром в виде бурого дыма, возникающего при взаимодействии ван-

- 3 -

ны с кислородом и образовании высокотемпературной зоны. Данный фактор является одновременно и главной причиной высокой запыленности отходящих газообразных продуктов, которые в агрегате практически не очищаются, т.к. соприкасаются с пенистой эмульсией и проходят через слой эмульсии только при отводе их из реакционной камеры в рафинирующий отстойник. Низкая степень утилизации отходов объясняется высоким расходом чугуна, способом взаимодействия чугуна с кислородом и сыпучими материалами, а также низким коэффициентом использования тепла химических реакций и получением большого количества отходов в виде конечного шлака и запыленного газа.

15 Раскрытие изобретения.

В основу изобретения положены задачи создания способа и агрегата для его осуществления, которые обеспечивают ускорение процессов рафинирования, увеличение выхода жидкого металла, снижение запыленности отходящих газов, повышение степени утилизации отходов и уменьшение капитальных затрат.

Поставленные задачи решаются тем, что в способе непрерывного рафинирования металла, включающем подачу в реакционную камеру жидкого металла, ввод окисляющего реагента с добавками сыпучих материалов, полный перевод металла и шлака в пенистую эмульсию, отвод эмульсии в рафинирующий отстойник, разделение в нем металла и шлака, и отвод газа через слой эмульсии, отличающийся тем, что в качестве окисляющего реагента используют твердый окислитель и газообразный кислород, окисляющий реагент вводят с расходом кислорода $0.06 \div 0.11$ кг/кг металла, при доле твердого окислителя равной $0.25 \div 0.80$, жидкий металл подают с удельным расходом $2 \div 60$ кг/с. м³ объема реакционной камеры, а в камере и отстойнике создают давление, равное $0.4 \div 3.0$ МПа и $0.15 \div 0.20$ МПа соответственно.

- 4 -

Поставленные задачи решаются также тем, что в агрегате непрерывного рафинирования металла, содержащем реакционную камеру с каналами для подачи жидкого металла и сыпучих материалов, и устройством для подачи

5 газообразного кислорода, рафинирующий отстойник с летками для отвода шлака и металла, патрубком для отвода газа и цилиндрический соединительный канал, характеризующийся тем, что реакционная камера выполнена сферической, а устройство для подачи окисляющего реагента

10 выполнено в виде фурм, установленных встречно - попарно в стенке камеры в диаметральной направлении, при этом отношение диаметра камеры к диаметру соединительного канала равно $3 \div 12$, кроме того реакционная камера соответствующими каналами соединена с устройствами

15 для подготовки и подачи сыпучих материалов и подачи жидкого металла, при этом каналы подачи сыпучих материалов и жидкого металла установлены в одной плоскости с устройством для подачи окисляющего реагента, а рафинирующий отстойник дополнительно снабжен фурмами

20 для подачи кислорода и каналом для подачи шлакообразующих материалов, причем одна из фурм установлена в нижней части отстойника на одной оси с осью соединительного канала в направлении противоположном выходу эмульсии из реакционной камеры, а другая фурма и канал

25 для подачи шлакообразующих материалов установлены в куполе рафинирующего отстойника, летка для отвода шлака и патрубок для отвода газа совмещены и выполнены в виде горизонтального канала, разделенного на два вертикальных канала, перпендикулярных горизонтальному каналу, в верхнем канале установлены дроссельное

30 устройство и форсунка для подачи пара, а нижний канал соединен с устройством для грануляции шлака, при этом отношение расстояния от оси соединительного канала до уровня летки для отвода шлака в отстойнике к расстоянию от оси соединительного канала до уровня летки для

35 отвода металла равно $5 \div 15$.

- 5 -

Такое выполнение конструкции агрегата и осуществление операций способа обеспечивают достижение высоких скоростей химических реакций, интенсификации тепло- и массообменных процессов в реакционной камере и
5 рафинирующем отстойнике, снижение потерь железа с угаром и конечным шлаком, использование шлаковой пены, возникающей в технологическом процессе в качестве среды для очистки запыленных высокотемпературных газов, создания агрегата с меньшими конструктивными раз-
10 мерами и использования в качестве сырья отходов производства и уменьшение собственных отходов за счет получения конечного шлака, пригодного для производства, например, цемента.

В основу создания способа и агрегата для его осуществления
15 положены следующие принципиально новые для металлургических процессов положения:

- 1) использование механизмов самоорганизации сложных систем и свойств саморегулирования реакций, протекающих с выделением газообразного
20 продукта в системе под давлением;
- 2) создание оптимальных кинетических и термодинамических условий для окислительных и восстановительных реакций за счет разнесения их в пространстве и времени;
- 25 3) создание условий, обеспечивающих значительное отклонение химических реакций от термодинамического равновесия;
- 4) создание в реакционной камере повышенного пульсирующего давления на основе использования явления "самозапираания" сопла в критическом
30 режиме истечения двухфазного потока;
- 5) обеспечение высокой стойкости реакционной камеры за счет размещения реакционной зоны в центральной части агрегата и заполнения его
35 эмульсией, играющей роль теплоизоляционной среды;

- 6 -

- 5 6) создание высоких удельных поверхностей контакта фаз в реакционной камере путем дробления металла на мельчайшие капли встречными струями кислорода и достижения его полного использования;
- 10 7) дожигание в рафинирующем отстойнике в объеме, заполненном эмульсией, значительных потоков газообразных продуктов для повышения степени использования тепла химических реакций и обеспечения возможности переработки больших расходов твердых оксидов и исходного рудного сырья;
- 15 8) эффективное перемешивание компонентов в рафинирующем отстойнике за счет высокоскоростного потока, поступающего из реакционной камеры;
- 20 9) создание в агрегате двух ступеней технологической очистки выделяющихся газообразных продуктов путем организации контакта газов и взаимодействия их со шлаковой пеной;
- 25 10) получение конечного шлака с низким содержанием оксидов железа и капель металла, состав которого пригоден для производства конечного продукта.

25 Механизм достижения указанных преимуществ способа и конструкции агрегата поясним более подробно.

30 В реакционной камере при подаче чугуна, кислорода и сыпучих материалов, являющихся отходами других производств (просев и пылевидная известь, окалина, шлам, мелкая руда, графит, кокс, стружка и др.) образуются две зоны: первичная реакционная зона и зона основного объема, заполненного эмульсией.

В реакционной зоне происходит первичное прямое окисление компонентов чугуна по реакциям.

35



- 7 -

$$\frac{n}{m} [\text{Э}_j] + \frac{1}{2} \{O_2\} = \frac{1}{m} (\text{Э}_{jn} O_m), \quad (2)$$

где $[\text{Э}_j]$ - j - ый компонент чугуна.

При соударении встречных струй кислорода и чугуна происходит дробление последнего на мельчайшие капли и образование больших удельных поверхностей контакта фаз газ-металл. За счет этого достигается практически полное использование кислорода, который в пределах первичной реакционной зоны расходуется на окисление железа и других примесей чугуна. Поэтому доля окислившегося здесь чугуна в связи с высокой интенсивностью ассимиляции кислорода составит величину

$$\alpha_{\text{ч}}^I = \frac{\alpha_{O_2}^I Q_{O_2}}{0.224 G_{\text{ч}} F(c)}, \quad (3)$$

15

где Q_{O_2} - расход кислорода, $\text{м}^3/\text{с}$;

$G_{\text{ч}}$ - расход чугуна, $\text{кг}/\text{с}$;

$\alpha_{O_2}^I$ - доля кислорода, которая взаимодействует с чугуном;

20

$F(c)$ - функция концентрации, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Функция концентраций определяется составом перерабатываемого чугуна

$$F(c) = \frac{[\text{Fe}]_{\text{ч}}}{112} + \frac{[\text{C}]_{\text{ч}}}{24} + \frac{[\text{Mn}]_{\text{ч}}}{110} + \frac{[\text{Si}]_{\text{ч}}}{28} + \frac{[\text{S}]_{\text{ч}}}{32} + \frac{5 [\text{P}]_{\text{ч}}}{124}, \quad (4)$$

25

где $[\text{Fe}]_{\text{ч}}$, $[\text{C}]_{\text{ч}}$, $[\text{Mn}]_{\text{ч}}$, $[\text{Si}]_{\text{ч}}$, $[\text{S}]_{\text{ч}}$, $[\text{P}]_{\text{ч}}$ -соответственно концентрации в чугуне железа, углерода, марганца, кремния, серы и фосфора.

На основании уравнений (3) и (4) можно рассчитать количество кислорода, которое необходимо для окисления определенной доли чугуна с учетом его химического состава.

Скорости окисления элементов чугуна в результате прямого взаимодействия с кислородом в зоне контакта струй определяются уравнением

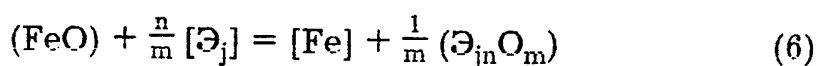
35

- 8 -

$$U_j^I = 10^{-2} \alpha_{\text{ч}}^I G_{\text{ч}} [\text{Э}_j], \text{ кг/с.} \quad (5)$$

Экспериментальные данные о непрерывном пульверизационном рафинировании показывают возможность развития огромных скоростей окисления углерода в каплях во время их пребывания в окислительном газе и шлаке. С помощью скоростной киносъемки было установлено, что металл находится в газовой фазе 0.2 с, а скорость окисления углерода на два-три порядка больше, чем в конверторной ванне. При этом более 35% капель имеют радиус 0.15÷1.25 мм [5].

Образующиеся первичные продукты из реакционной зоны в результате интенсивного перемешивания с потоками сыпучих материалов поступают в основной объем реакционной камеры, где происходит косвенное окисление примесей чугуна по реакции



на границе раздела фаз шлак - металл, а также другие окислительно-восстановительные реакции, нагрев и ассимиляция сыпучих материалов.

При прочих равных условиях скорости реакций (6) тем выше, чем дальше система отклонена от равновесия и чем больше удельная поверхность контакта фаз.

Рассмотрим отдельно количественные оценки влияния этих факторов для предлагаемого способа в сопоставлении с прототипом и существующими технологиями.

Как известно, наиболее общей термодинамической величиной любой реакции является изменение энергии Гиббса $\Delta G = R T \ln \frac{P_a}{K_p}$, которая является движущей силой процесса.

Отношение произведения активностей к константе равновесия, $\left(\frac{P_a}{K_p}\right)$ характеризует отклонение системы от

термодинамического равновесия и определяется составом металла, шлака и температурой. Для сталеплавильных реакций, протекающих в основном объеме на границе раздела фаз шлак-металл, выражения для расчета $\left(\frac{P_a}{P_r}\right)$ извест-

5 ны в литературе.

На фиг. 4 в качестве примера показаны зависимости для реакции окисления фосфора, отражающие влияние состава металла, шлака и температуры ($t = 1500 \div 1600$ °C; $[P] = 0.010 \div 0.025$; $(P_2O_5) = 4 \div 6\%$) на величину $\left(\frac{P_a}{P_r}\right)$. Здесь

10 выделены две области: 1 - область, расположенная вблизи равновесного состояния для сочетания параметров существующих сталеплавильных процессов (в том числе и для прототипа) и 2 - область, где находятся параметры для заявляемого способа, в котором система существенно
15 отклонена от равновесия. Анализ термодинамики других реакций рафинирования чугуна показывает, что при существующих технологиях и конструкциях агрегатов принципиально невозможно достижение высоких скоростей реакций, а также глубокого рафинирования, направленного
20 на получение высококачественного металла, поскольку возможно как окисление, так и восстановление примесей.

В предлагаемом способе удаление системы от равновесия и достижение указанной области происходит путем накачки кислорода в виде оксидов железа в шлаке в
25 пределах $35 \div 75\%$. Верхний предел является теоретически возможным и обеспечивает максимальное отклонение системы от равновесия. Однако слишком большие концентрации оксидов железа в шлаке нежелательны, т.к. должны быть и другие компоненты, необходимые для реакций рафинирования. Содержание менее 35% является неэффективным и обеспечивает незначительное отклонение, это
30 верхний предел для существующих сталеплавильных процессов. Поэтому наиболее оптимальным является предел $35 \div 50\%$, которому соответствует движущая сила, как следует из фиг. 4, в четыре раза больше, чем при известных
35

- 10 -

способах, т.е. $n_{\text{Па/Кр}} = 4$. Такое содержание достигается путем подачи стехиометрически необходимого количества кислорода (для заданного состава чугуна) и обеспечения требуемого времени пребывания компонентов в реакционной камере за счет механизмов самоорганизации системы и химических реакций, протекающих с выделением газообразного продукта в под давлением.

Удельная поверхность контакта фаз металл-шлак в реакционной камере равна

$$S_{\text{уд}} = \frac{3}{r \rho_{\text{ме}}}, \text{ м}^2/\text{кг} \quad (7)$$

где r - средний радиус капель, м;

$\rho_{\text{ме}}$ - плотность металла, кг/м³.

При радиусе капель 0.10÷1.0 мм, которые получены в результате экспериментов авторов при распылении чугуна встречными струями азота и кислорода, удельная поверхность составляет величину 0.42÷4.2 м²/кг. Эти данные согласуются с результатами, приведенными в работах [3,5]. Для сопоставления удельная поверхность в кислородно-конверторном процессе как наиболее быстротечном равна 0.05÷0.1 м²/кг, т.е. $n_{\text{Суд}} = 8.4÷42$. Примем $n_{\text{Суд}} = 35$.

Таким образом, за счет рассмотренных фактов может быть достигнуто увеличение скорости процессов на величину

$$n_v = n_{\text{Па/Кр}} n_{\text{Суд}} = 4 \cdot 35 = 140 \text{ раз,}$$

при $n_{\text{Суд}} = 35; \quad n_{\text{Па/Кр}} = 4.$

по сравнению с конверторным процессом, а, также, с прототипом.

Скорость окисления углерода в конверторной ванне может достигать 1.0 %/мин или ($U_{\text{с}}^{\text{кон}}$) 0.0166 %/с, тогда скорость в предлагаемом способе составит $U_{\text{с}}^{\text{с}} = n_v \cdot U_{\text{с}}^{\text{кон}}$
 $= 140 \cdot 0.0166 = 2.32\%/с$. Для окисления чугуна с содер-

- 11 -

жанием углерода 4.0÷4.5% до содержания 0.1÷0.75% на выходе из реакционной камеры необходимо среднее время пребывания равное

$$5 \quad \tau_{\text{пр}}^{\text{к}} = \frac{\Delta[C]}{U_{\text{с}}} = \frac{4.0}{2.32} \approx 1.72 \text{ с} \quad (8)$$

Образующаяся шлаковая пена отводится из реакционной камеры через сопло в виде цилиндрического соединительного канала с радиусом $R_{\text{с}}$, который значительно
10 меньше радиуса камеры $R_{\text{к}}$. Отвод продуктов реакций осуществляется через канал с критической скоростью, поэтому в камере будет возникать избыточное давление за счет эффекта "самозапираания" двухфазного потока.

Скорость изменения давления в реакционной камере
15 определяется объемом камеры, температурой среды, скоростью притока газообразных веществ и скоростью отвода через соединительный канал двухфазного потока продуктов реакций.

Приток газообразных продуктов в виде {CO} зависит
20 от скорости прямого и косвенного окисления углерода

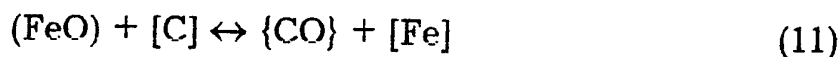
$$U_{\text{CO}} = U_{\text{CO}}^{\text{I}} + U_{\text{CO}}^{\text{II}} \quad (9)$$

где U_{CO}^{I} , $U_{\text{CO}}^{\text{II}}$ - скорости выделения {CO} из первичной
25 зоны и основного объема.

Скорость выделения {CO} из первичной зоны равна

$$U_{\text{CO}}^{\text{I}} = \frac{10^{-2} Q_{\text{O}_2} [C]_{\text{ч}} \alpha_{\text{O}_2}^{\text{I}}}{0.224 F(c)}, \text{ моль/с.} \quad (10)$$

30 Выделение {CO} в основном объеме реакционной камеры происходит в результате косвенного окисления углерода по реакции



- 12 -

поэтому

$$U_{CO}^{\Pi} = k_1 S_{Me-шл} [C] (FeO) - k_2 S [Fe] \{CO\}, \text{ моль/с, (12)}$$

где $k_1 = 420 e^{-\frac{21200}{T}}$ - константа скорости прямой реакции;

$k_2 = \frac{k_1}{K_p}$ - константа скорости обратной реакции.

Константа равновесия этой реакции равна

$$K_p = \frac{P_{CO} 10^8}{[C] (FeO) 10^{\frac{792}{T}}}, \text{ а} \quad (13)$$

$$\lg k_p = -\frac{5881}{T} + 4.903 \quad (14)$$

Из уравнений (13) и (14) видно, что увеличение произведения $[C] (FeO)$ может быть достигнуто за счет увеличения P_{CO} . На рис. 5. показана связь равновесных концентраций углерода и окисленности шлака при различном P_{CO} .

С учетом давления и температуры общий приток оксида углерода равен

$$Q_{CO} = \frac{22.4}{10^4} \frac{T}{P_{CO}} \frac{1}{273} U_{CO}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (15)$$

Из условия неразрывности потока для времени пребывания одна секунда объем выделяющегося оксида углерода с учетом T и P_{CO} должен быть равен объему реакционной камеры

$$V_K = \frac{22.4 T G_{\Pi} ([C]_{\text{вх}} - [C]_{\text{вых}})}{10^2 P_{CO} 273 M_c}, \quad (16)$$

- 13 -

где $G_{\text{ч}}$ - расход чугуна, кг/с;

$[C]_{\text{вх}}$ - концентрация углерода во входящем потоке, %;

$[C]_{\text{вых}}$ - концентрация углерода на выходе из
реакционной камеры, %;

5 M_c - молекулярная масса углерода, кг;

T, P_{CO} - температура, давление в реакционной камере.

Тогда диаметр реакционной камеры для сферической
формы определяется выражением

$$10 \quad D_k = 2 \sqrt[3]{\frac{67.2 T G_{\text{ч}} ([C]_{\text{вх}} - [C]_{\text{вых}})}{4 \pi 10^2 P_{\text{CO}} 273 M_c}}, \text{ м} \quad (17)$$

На фиг. 7 показана зависимость диаметра реакционной
камеры от давления при различном расходе чугуна. Из
анализа рисунка видно, что при заданной производитель-
ности требуемый диаметр камеры зависит от величины
15 давления и с ростом давления уменьшается, например,
для $G_{\text{ч}} = 100$ кг/с с 5 до 1.5 м.

Применение агрегатов меньших размеров приводит к
уменьшению рабочих площадей и цеха в целом, что спо-
20 собствует экономии капитальных затрат. Однако увели-
чение давления выше 3.0 МПа нецелесообразно, поскольку
размеры реакционной камеры уменьшаются незначи-
тельно, а затраты на создание реакторов повышенного давле-
ния приводят к возрастанию общих капитальных затрат.
25 Поэтому в качестве верхнего предела, по критерию эконо-
мии капитальных затрат, принята величина 3.0 МПа.
Нижний предел 0.4 МПа выбран на основе анализа режи-
мов течения двухфазного потока в соединительном канале
и условия необходимого для создания отклонения системы
30 от термодинамического равновесия, что связано с нижним
пределом содержания оксидов железа в шлаке, равным
35%, как следует из рис. 5.

Результаты экспериментальных исследований и рас-
четы на математических моделях течения двухфазных по-
35 токов в канале показали, что скорость при которой возни-
кает явление "самозапираания" сопла равна 40÷160 м/с, за-

- 14 -

висит от плотности смеси, ее состояния и объемного газосодержания. Таким образом давление в реакционной камере имеет диапазон 0.4÷3.0 МПа.

Исходя из требуемого среднего времени пребывания, объема камеры и критической скорости истечения из условия неразрывности потока рассчитывается диаметр соединительного канала.

На основании этого определен диапазон отношения диаметра реакционной камеры к диаметру соединительного канала, который для указанных выше параметров процесса составляет величину 3÷12. На фиг. 6 показан график зависимости этого показателя от определяющих параметров.

Обоснование рабочего предела давления в рафинирующем отстойнике равного 0.15÷0.20 МПа приведено ниже.

В соответствии с уравнением (16) давление в реакционной камере определяется зависимостью

$$P_{CO} = \frac{22.4 T ([C]_{вх} - [C]_{вых}) G_{ч}}{10^3 273 M_c V_k} . \quad (18)$$

При прочих равных условиях P_{CO} может быть задано удельным расходом металла

$$G_{ч}^{уд} = \frac{G_{ч}}{V_k} , \text{ кг/с м}^3. \quad (19)$$

Из этого следует, что при сталеплавильном процессе (температура 1600÷1620 °С, $[C]_{вх} = 4.0÷4.5\%$, $[C]_{вых} = 0.10÷0.75\%$) для обеспечения рабочего давления 0.4÷3.0 МПа удельный расход металла должен быть задан в пределах 2÷60 кг/с.м³. Количество кислорода, которое необходимо для получения металла определяется материальным балансом и составляет величину 0.06÷0.12 кг/кг металла. Доля твердого окислителя (руда, окалина, шлак) определяется тепловым балансом и равна 15÷50% от массы металла, что вносит 25÷80% кислорода от общего расхода.

- 15 -

Поэтому принято, что доля твердого окислителя от общего расхода равна $0.25 \div 0.80$. Нижний предел обеспечивается за счет тепла химических реакций окисления примесей чугуна и дожигания оксидов углерода в агрегате, а верхний достигается при использовании в составе сыпучих материалов теплоносителей и восстановителей, расход которых определяется на основе материального и теплового балансов. Расход извести рассчитывается исходя из требуемой основности. Таким образом переработка значительной доли окалины, шлама, руды и других сыпучих материалов, использовать которые в существующих агрегатах невозможно, обеспечивает утилизацию большого количества отходов производства. Для диапазонов давления $0.4 \div 3.0$ МПа на фиг. 5 выделена область термодинамически предельных значений, в которой обеспечивается достижение равновесных концентрации оксидов железа в шлаке $35 \div 75\%$ и концентрации углерода в металле $0.10 \div 0.75\%$, что принципиально невозможно получить при существующих способах рафинирования.

Давление в реакционной камере, возникающее за счет эффекта "самозапираания" соединительного канала в режимах критического истечения двухфазного потока носит пульсирующий характер. Это объясняется следующим.

Приток оксидов железа из первичной зоны постоянен, а условия расходования определяются степенью развития реакции окисления углерода, поэтому при ее торможении оксиды в системе будут накапливаться, а газосодержание уменьшаться. Одновременно с этим начнет падать давление за счет увеличения критической скорости отвода продуктов через соединительный канал и при некотором давлении получит развитие "самоускорение", что приведет к увеличению давления в системе.

Поэтому в реакционной камере относительно базового уровня поддерживается пульсирующее давление, характерное для камеры определенного размера, за счет повторяющихся циклов саморегулирования реакции углерода, включающих торможение, накачку кислорода в систему и

- 16 -

последующее ускорение. Саморегулирующий характер системы усиливается также за счет изменения прихода чугуна при повышении давления в реакционной камере.

Таким образом путем выбора конструктивных размеров реакционной камеры, соединительного канала и задания соответствующих значений входных потоков в камере создают избыточное пульсирующее давление за счет механизмов самоорганизации неравновесной системы, которые проявляются в совместном эффекте "самозапираания" соединительного канала в критическом режиме истечения двухфазного потока и "саморегулирования" химических реакций, протекающих с выделением газообразного продукта в реакторе под давлением.

Получающиеся продукты в реакционной камере в виде пенистой эмульсии через соединительный канал поступают в рафинирующий отстойник, где происходит разделение металла, шлака и газа.

В зону выхода продуктов из реакционной камеры в направлении, противоположном выходу эмульсии из соединительного канала, подается кислород с расходом $0.01 \div 0.04$ м³/кг металла для дожигания оксида углерода внутри столба шлаковой пены. Подача кислорода таким способом обеспечивает наилучшее дожигание оксидов углерода в объеме агрегата, гашение кинетической энергии потока, выходящего из реакционной камеры и достижение высокого коэффициента использования тепла химических реакций, а также создает возможность гибкого регулирования температуры металла.

Расход кислорода в интервале $0.01 \div 0.04$ м³/кг металла обеспечивает дожигание оксида углерода на 25÷90%.

Эмульсия из реакционной камеры с высокой скоростью и давлением поступает в зону, расположенную непосредственно над границей раздела металл - шлак. За счет скоростного потока и явлений кавитации в зоне выхода достигается высокая скорость тепло- и массообменных процессов и создаются условия для дополнительного рафинирования и пенообразования. Образование шлаковой

- 17 -

пены, кроме того, усиливается за счет выделения большого количества мелких пузырьков оксида углерода, возникающих в результате витания капель металла в шлаке в зоне ниже среза сопла. В этой области отстойника развивается последующее рафинирование примесей на границе раздела фаз металл - шлак.

Концентрация примесей в готовом металле определяются содержанием их на выходе из реакционной камеры, составом шлака, удельной поверхностью контакта фаз и временем пребывания в отстойнике. Состав шлака с любым рафинирующими свойствами в отстойнике может быть получен путем добавок соответствующих материалов.

Фосфор в основном окисляется в реакционной камере и отстойнике, где обеспечивается значительное отклонение от термодинамического равновесия, а сера в рафинирующем отстойнике в зоне выше среза сопла, где достигается высокая температура, требуемая основность шлака и низкая его окисленность, которая по мере подъема вверх шлаковой фазы уменьшается в результате процессов восстановления. Требуемая концентрация углерода обеспечивается путем подачи необходимого количества кислорода в реакционную камеру, расход которого в сопоставлении с конверторным процессом меньше на $6 \text{ м}^3/\text{т}$ за счет его более полного использования.

Выше оси соединительного канала находится высокий столб шлаковой пены, состоящий из пузырьков оксида углерода и пленки шлака. В нижней части шлаковой пены находится также капли металла, на границе которых со шлаковой фазой протекают реакции, в результате чего уменьшается окислительность шлака.

Кроме того, по мере подъема, окислительность шлака уменьшается в результате взаимодействия с оксидом углерода, поэтому шлак, покидающий отстойник практически не содержит королек металла и имеет содержание оксидов железа $5\div 8\%$.

В качестве показателей потерь металла со шлаком предлагаемого способа взяты нижние пределы конверторного процесса [6], приведенные в таблице 1.

5

Таблица 1.

Величина относительных потерь металла, кг/т

Статья потерь	Конверторный процесс		Показатели предлагаемого способа
	средняя величина	пределы изменения	
1. Железо, окислевшееся в шлак	17	3÷35	3
2. Железо в корольках конечного шлака	5	2÷10	2
3. Потери с дымовыми газами	12	6÷18	1.5
Всего	34	11÷63	6.5

Величина потерь с дымовыми газами в 7÷10 раз меньше средних потерь конвертерного процесса за счет прохождения их через высокий столб шлаковой пены.

10 Таким образом за счет указанных факторов достигается общее уменьшение потерь железа на величину 25÷28 кг/т по сравнению с конверторным процессом.

15 Основные параметры рафинирующего отстойника, а именно расстояние от оси соединительного канала до шлаковой летки (высота шлаковой пены) и площадь его сечения (диаметр) определяются прежде всего из условия обеспечения заданной степени очистки отходящих газов от пыли. При этом также принимается во внимание условие

20 обеспечивания времени пребывания шлака в отстойнике, необходимого для окончания рафинированных процессов восстановления оксидов железа в шлаковой пене, окисления углерода и вредных примесей в металле и прилегающем к нему слое шлака.

- 19 -

Для решения задачи очистки газов верхняя часть рафинирующего отстойника (слой шлаковой пены над срезом соединительного сопла) с большой степенью приближения может рассматриваться как уже готовый пенный очиститель [7].

При расчете параметров таких очистителей оптимальным с точки зрения производительности и эффективности очистки является пенный режим, область существования которого находится в пределах чисел Рейнольдса от $8 \cdot 10^4$ до $28 \cdot 10^4$. Этот режим к тому же является автомодельным гидродинамическим режимом. Снижение скорости газов в аппарате (числа Рейнольдса) меньше нижнего предела приводит к барботажному режиму, имеющему низкую производительность и обеспечивающему улавливание частиц размером более 5 мкм, в то время как при пенном режиме за счет турбулентно-инерционного механизма возможно эффективное улавливание частиц более 2 мкм. Превышение верхнего предела по числу Рейнольдса переводит процесс в область волнового режима, при котором возможно образование прорывов (свищей) газа, т.е. резкое снижение эффективности очистки и рафинировочных процессов.

С учетом этих условий имеется возможность рассчитывать площадь сечения (диаметр) рафинирующего отстойника - по критической скорости перехода от пенного к волновому режиму, которую можно принимать в пределах $2,0 \div 2,3$ м/с, а при увеличении высоты слоя жидкости - до 3 м/с, что и взято за основу при расчете площади сечения и диаметра отстойника.

30

$$F_o = \frac{Q_{со}}{3}, \text{ м}^2$$

Имеются также соотношения для расчета высоты устойчивого пенного слоя в том числе при повышенном давлении в рафинирующем отстойнике. Однако эту высоту

35

- 20 -

для наших условий можно рассматривать лишь как минимально необходимую.

Увеличение высоты исходного слоя жидкости и пены приводит к расширению области существования пенного режима, при этом одновременно наблюдается почти
5 линейная зависимость степени очистки от высоты слоя пены с ростом которой увеличивается поверхность фазового контакта.

В качестве аналога сочетания рафинирующего отстойника и пенного очистителя может служить режим вспененного шлака в конверторе, при котором пылесодержание газов снижается (в 7÷10 раз) по сравнению с
10 бесшлаковой продувкой. Однако в конверторе устойчивое и длительное существование пенного режима трудно осуществимо.

С учетом отмеченного выше отношение высот верхней части отстойника (от оси соединительного канала до уровня
15 летки шлака) выбирается в пределах 5÷15. Нижний предел отражает теорию и практику конструирования конверторов, где объем вспененного шлака примерно в 4÷5
20 раз превышает объем металла. Кроме того, минимальный объем (высота H_o^B) верхней части отстойника V_o^B определяется временем пребывания в нем газов τ_o^{np} , которое не должно быть меньше времени их пребывания в реакционной
25 камере.

$$V_o^B = H_o^B F_o = Q_{CO} \tau_o^{np}.$$

Учитывая, что для критической скорости пенного режима равной 3 м/с площадь рафинирующего отстойника
30 $F_o = \frac{Q_{CO}}{3}$, получаем $H_o^B = 3 \tau_o^{np}$, при $\tau_o^{np} = 2$ с $H_o^B = 6$ м. Верхний предел выбран из соображений исключения возможности выхода в волновой режим и обеспечения максимально возможного снижения пылесодержания по сравнению с конвертером за счет двух- трех- кратного повыше-
35 ния поверхности фазового контакта для остающихся в га-

- 21 -

зе частиц с фракциями менее 2 мкм. Таким образом для эффективной очистки газов необходимо выбрать отношение высот (или объемов) верхней части рафинирующего отстойника к нижней его части в пределах $5 \div 15$, что создает в отстойнике давление $0.15 \div 0.20$ МПа.

Дальнейшее повышение уровня шлаковой пены (высоты верхней части) ограничивается конструктивными соображениями (возможностью вписаться в здания существующих цехов), а также трудностями поддержания температурного режима верхних слоев шлаковой пены и ее жидкотекучести.

Дальнейшее увеличение степени очистки отходящих газов одновременно с созданием условий для непрерывной грануляции шлака осуществляется за счет реализации второй ступени внутренней технологической очистки, роль которой играет горизонтальный канал для отвода газа и шлака, разделенный далее на два вертикальных канала для сепарации газа и шлака. Выбор площади сечения горизонтального канала осуществляют из расчета получения в нем скорости движения газового потока в пределах $15 \div 25$ м/с, что позволяет реализовать режимы (принципы действия) близкие к газопромывателям с внутренней циркуляцией жидкости. При этом увеличение скорости газового потока с 15 до 25 м/с при объемной доли жидкой фазы $1 \cdot 10^{-3}$ м³/м³ и более повышает эффективность улавливания частиц размером 1 мкм с 5% до 75%, а частиц более 5 мкм до 99%.

В результате прохождения газов через две ступени внутренней технологической очистки достигается запыленность $6 \div 10$ г/м³.

Под купол рафинирующего отстойника подают кислород с расходом $0.005 \div 0.01$ м³/кг металла для регулирования температурного режима и добавки, повышающие жидкотекучесть шлака: смесь SiO₂ и Al₂O₃, боксит, плавиковый шпат, бой шамота и др. для поддержания выходящей по горизонтальному каналу шлаковой пены в жидком состоянии. Подача шлаковых добавок одновременно согласу-

- 22 -

ется с целями получения гранулированного шлака ($\text{CaO} = 63 \div 67$, $\text{SiO}_2 = 21 \div 24$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 4 \div 7$, $\text{FeO} = 5 \div 8$), близкого по составу к шихтовым смесям для производства цемента.

- 5 Таким образом, за счет уменьшения запыленности отходящих газов до $6 \div 10 \text{ г/м}^3$, получения шлака, являющегося сырьем для производства, например, цемента, а также использования в качестве сырья отходов других производств достигается высокая степень утилизации отходов.

10

Краткое описание чертежей

На чертежах:

- фиг. 1 изображает технологическую схему агрегата непрерывного рафинирования;
- 15 фиг. 2 - сечение реакционной камеры I-I фиг. 1;
- фиг. 3 - сечение реакционной камеры II-II фиг. 2, повернутое на 90° ;
- фиг. 4 - показывает зависимость термодинамических условий протекания реакций дефосфорации от окисленности шлака;
- 20 фиг. 5 - отражает связь равновесных концентраций углерода в металле и оксидов железа в шлаке при различном давлении в системе;
- фиг. 6 - характеризует связь конструктивных параметров (отношение диаметров) реакционной камеры и соединительного канала от давления в реакционной камере при различных режимах отвода выходного потока;
- 25 фиг. 7 - отражает зависимость размеров реакционной камеры от давления при различной производительности
- 30 установки.

Вариант осуществления изобретения.

Рассматривается на примере непрерывного получения стали.

- 35 Способ непрерывного получения стали, согласно изобретению, реализуется в агрегате, который включает (фиг. 1) реакционную камеру сферической формы 1, соединен-

- 23 -

ную цилиндрическим каналом 2 с рафинирующим отстойником 3. Отношение диаметра реакционной камеры 1 к диаметру соединительного канала 2 выбирается в интервале 3÷12 в зависимости от производительности агрегата и требуемого рабочего давления в камере. Реакционная камера соответствующими каналами 4, 5 соединена с устройством для подготовки и подачи сыпучих материалов 6 и подачи жидкого металла 7. Расходный ковш 8 необходим для заливки чугуна, а расходные бункера 9 используются для приема сыпучих материалов. Устройство 7 выполняет функцию подачи металла в реакционную камеру, где процессы протекают при избыточном давлении. Это устройство может быть реализовано, например, с помощью шиберного затвора, промежуточной воронки и вертикального канала, при заполнении которого гидростатическое давление, задаваемое столбом жидкости и ее плотностью, должно быть больше избыточного давления в реакционной камере 1, что может быть достигнуто также созданием избыточного давления в расходном ковше. Для подготовки и подачи в реактор сыпучих материалов (твердые окислители, восстановители, шлакообразующие) предусмотрено устройство 6, которое реализуется на основе известных узлов и механизмов, например, дозаторов, смесителя, промежуточного бункера, шнекового питателя или насоса и блока управления.

Устройство 10 для подачи в реакционную камеру газообразного кислорода выполнено в виде фурм, которые установлены встречно-попарно в стенке камеры в диаметральной направленности (фиг. 2). Для создания высоких удельных поверхностей контакта фаз металл-газ и наилучших условий усвоения сыпучих материалов, а также снижения температуры в пределах первичной зоны взаимодействия, каналы подачи сыпучих материалов 4 и жидкого металла 5 установлены в одной плоскости с устройством для подачи газообразного кислорода 10 (фиг. 3).

В рафинирующем отстойнике 3 на оси совпадающей с осью соединительного канала установлена фурма 11. На-

- 24 -

правление фурмы противоположно выходу эмульсии из соединительного канала. Эта фурма необходима для подачи кислорода в нижнюю часть рафинирующего отстойника 3 с целью дожигания оксидов углерода в объеме агрегата и гашения кинетической энергии потока, выходящего из реакционной камеры 1. Этим объясняется место установки и выбор направления потока кислорода.

В куполе рафинирующего отстойника 3 установлена фурма 12 для подачи кислорода с целью регулирования температурного режима, и канал 13 для подачи шлакообразующих смесей, необходимых для доведения состава и физических свойств шлака с целью последующей его грануляции в устройстве 14 и получения, например, цемента.

Для организации второй ступени технологической очистки газов, выходящих из рафинирующего отстойника, используется горизонтальный канал 15 отвода шлака и газа, два вертикальных канала 16, 17 перпендикулярных горизонтальному каналу 15, дроссельное устройство 18 и форсунка для подачи пара 19.

Летка 20 служит для выпуска металла в ковш 21, который течками связан с системой подачи раскислителей и легирующих 22.

Процесс осуществляется следующим образом.

Жидкий чугун из расходного ковша 8 с помощью устройства для подачи металла 7 непрерывно по каналу 5 поступает в реакционную камеру 1, где взаимодействует с газообразным кислородом и сыпучими материалами. Газообразный кислород поступает через встречно-направленные фурмы 10. Сыпучие материалы из расходных бункеров 9 с помощью устройства 6 также непрерывно поступают в реакционную камеру 1. В зависимости от диаметра реакционной камеры, диаметра соединительного канала и заданной производительности агрегата расход чугуна задают в пределах $2 \div 60$ кг/с m^3 объема реакционной камеры, а расход кислорода $0.06 \div 0.11$ кг/кг металла, при доле твердого окислителя равной $0.25 \div 0.80$. Расходы шлакообразующих материалов, восстановителей, теплоносителей, до-

- 25 -

полнительного кислорода, необходимого для сжигания теплоносителей рассчитываются исходя из требуемой основности шлака, состава конечного металла и температуры на основе материального и теплового балансов процесса.

- 5 В реакционной камере и рафинирующем отстойнике в зависимости от выбранных размеров и производительности создают давление $0.4 \div 3.0$ МПа и $0.15 \div 0.20$ МПа соответственно.

- 10 Получающийся двухфазный поток из реакционной камеры 1 по горизонтальному цилиндрическому каналу 2 поступает в рафинирующий отстойник 3, где происходит разделение металла, шлака и газа. Металл накапливается в нижней части рафинирующего отстойника 3, выпускается с помощью летки 20 в ковш 21, где происходит раскисление и легирование. Выход жидкой стали составляет величину $94 \div 95\%$. Химический состав металла и его температура определяются требуемой маркой стали

- 20 В нижнюю часть рафинирующего отстойника 3 в зону выхода продуктов из реакционной камеры 1 с помощью фурмы 11 подают газообразный кислород с расходом $0.01 \div 0.04$ м³/кг металла для дожигания оксидов углерода и с целью регулирования температурного режима и гашения кинетической энергии струи. Под купол рафинирующего отстойника 3 с помощью фурмы 12 подают кислород с расходом $0.005 \div 0.01$ м³/кг металла для регулирования температурного режима, а по каналу 13 подают шлакообразующие смеси с целью получения шлака заданного состава и требуемых для грануляции физических свойств.

- 30 Отходящие газы подвергаются двум ступеням технологической очистки. Первая ступень осуществляется с помощью столба шлаковой пены, который достигается за счет выбора конструктивных размеров рафинирующего отстойника 3. Для реализации второй ступени используются каналы 15-17, форсунка для подачи пара 19 и дроссельное устройство 18, с помощью которых происходит очистка газов от пыли и сепарация шлака и газа. Остаточное содержание пыли в газах не превышает $6 \div 10$ г/м³.

- 26 -

Шлак поступает на гранулятор 14, на выходе которого получают конечный продукт, например, гранулированную шихту требуемых фракций для производства цемента.

5 Промышленная применимость.

Способ непрерывного рафинирования металла реализован в агрегате производительностью 600 кг стали в минуту. Агрегат позволяет перерабатывать до 0.5 кг/кг чугуна окалины, шлама и других железосодержащих отходов. В
10 качестве шлакообразующих, восстановителей и теплоносителей используются отходы: пылевидная известь, графит, отсев коксика и др. Получают металл с содержанием углерода $0.1 \div 0.5\%$, содержание оксидов железа в шлаке $6 \div 8\%$.

15

Библиографический список.

1. Казаков А. А. Непрерывные сталеплавильные процессы. М.: Металлургия, 1977. - 272 с.
2. Патент СССР № 382693, C21C 7/00. 1970
- 20 3. Сизов А. М. Газодинамика и теплообмен газовых струй в металлургических процессах. М.: Металлургия, 1987. - 255 с.
4. Патент СССР № 480218, C21C 1/00. 1965
5. Меджибожский М. Я. Основы термодинамики и
25 кинетики сталеплавильных процессов. Киев - Донецк.: Вища школа, 1986. - 217с.
6. Баптизманский В. И., Коновалов В. С., Исаев Е. И. Повышение выхода годного металла в сталеплавильном производстве. Киев.: Техника, 1984. - 175 с.
- 30 7. Ужов В. Н., Вальденберг А. Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. М.: Химия, 1972. - с. 108-121.
8. Юрлов А. М., Ярошенко Ю. Г. Инерционная модель улавливания пыли в газопромывателях с внутренней циркуляцией жидкости. Известия вузов. Черная
35 металлургия, 1988, № 1, - с. 131-135.

- 27 -

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ непрерывного рафинирования металла, включающий подачу в реакционную камеру жидкого металла, ввод окисляющего реагента с добавками сыпучих материалов, полный перевод металла и шлака в пенистую эмульсию, отвод эмульсии в рафинирующий отстойник, разделение в нем металла и шлака, и отвод газа через слой эмульсии, характеризующийся тем, что в качестве окисляющего реагента используют твердый окислитель и газообразный кислород, окисляющий реагент вводят с расходом кислорода $0.06 \div 0.11$ кг/кг металла, при доле твердого окислителя равной $0.25 \div 0.80$, жидкий металл подают с удельным расходом $2 \div 60$ кг/см³ объема реакционной камеры, а в камере и отстойнике создают давление, равное $0.4 \div 3$ МПа и $0.15 \div 0.20$ МПа соответственно.

2. Агрегат для непрерывного рафинирования металла, содержащий реакционную камеру (1) с каналами для подачи жидкого металла (5) и сыпучих материалов (4), и устройством для подачи газообразного кислорода (10), рафинирующий отстойник (3) с летками для отвода шлака (15) и металла (20), патрубком для отвода газа и цилиндрический соединительный канал (2), характеризующийся тем, что реакционная камера (1) выполнена сферической, а устройство для подачи газообразного кислорода выполнено в виде фурм (10), установленных встречно - попарно в стенке камеры (1) в диаметральной направлении, при этом отношение диаметра камеры (1) к диаметру соединительного канала (2) равно $3 \div 12$, кроме того реакционная камера (1) соответствующими каналами (4,5) соединена с устройствами для подготовки и подачи сыпучих материалов (6) и подачи жидкого металла (7), при этом каналы (4,5) подачи сыпучих материалов и жидкого металла установлены в одной плоскости с устройством для подачи газообразного кислорода, а рафинирующий отстойник (3) дополнительно снабжен фурмами (11,12) для подачи кислорода и каналом для подачи шлакообразующих материалов (13), причем

- 28 -

одна из фурм (11) установлена в нижней части отстойника (3) на одной оси с осью соединительного канала (2) в направлении противоположном выходу эмульсии из реакционной камеры, а другая фурма (12) и канал для подачи шлакообразующих материалов (13) установлены в куполе рафинирующего отстойника (3), летка для отвода шлака и патрубок для отвода газа совмещены и выполнены в виде горизонтального канала (15), разделенного на два вертикальных канала (16,17), перпендикулярных горизонтальному каналу (15), в верхнем (17) канале установлены дроссельное устройство (18) и форсунка для подачи пара (19), а нижний канал (16) соединен с устройством для грануляции шлака (14), при этом отношение расстояния от оси соединительного канала (2) до уровня летки для отвода шлака в отстойнике к расстоянию от оси соединительного канала до уровня летки для отвода металла (20) равно $5 \div 15$.

1 / 3

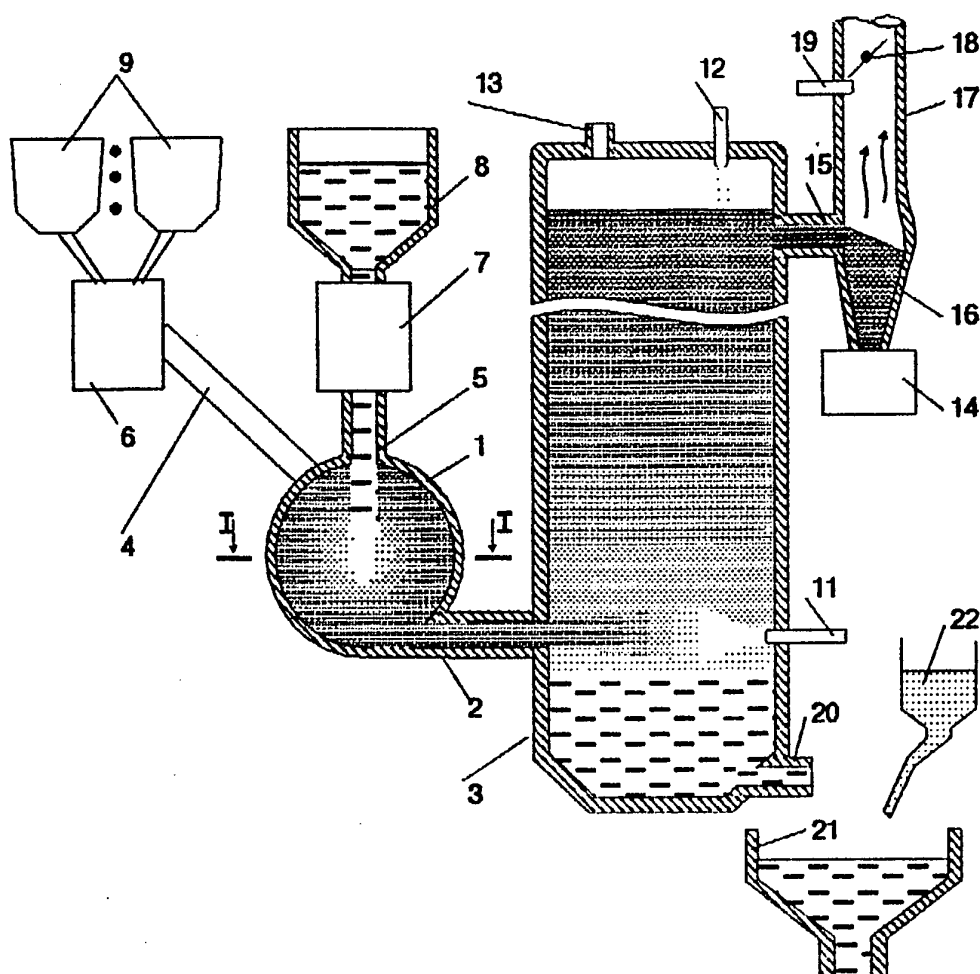


FIG. 1

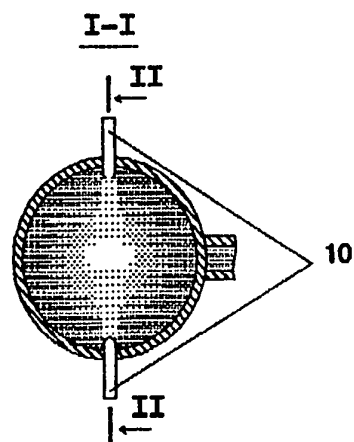


FIG. 2

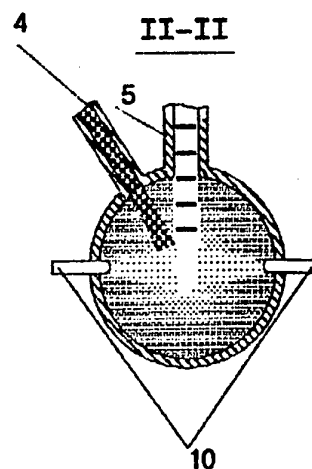
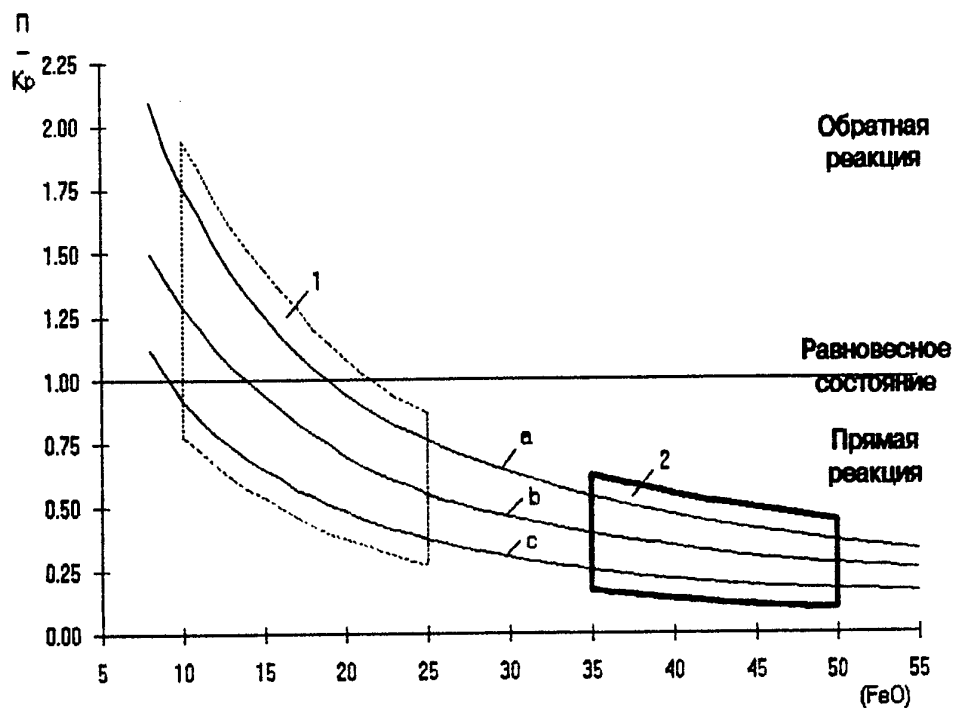
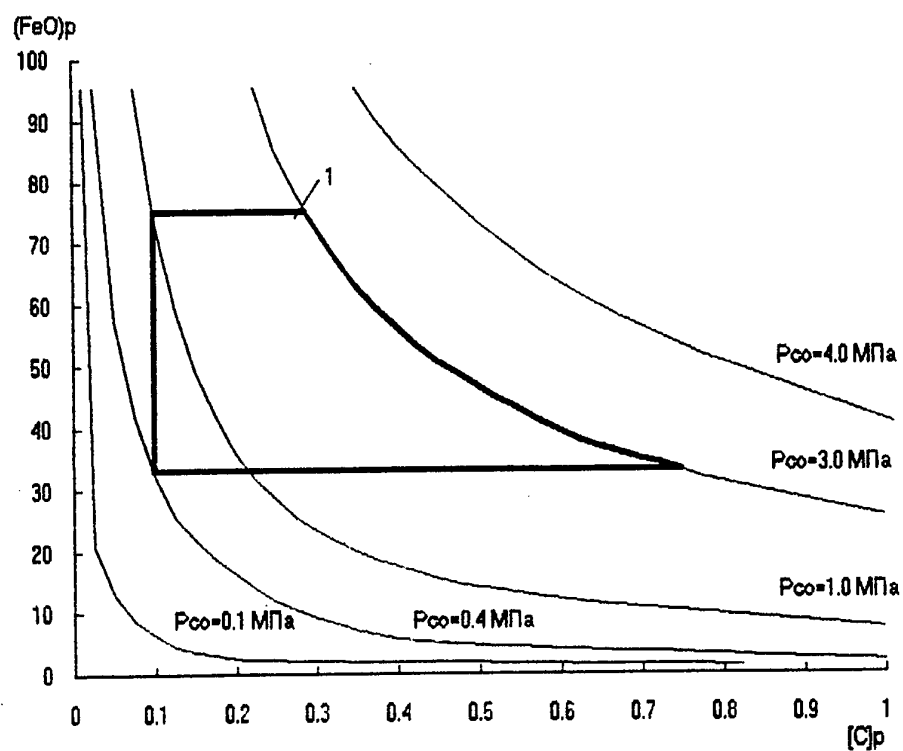


FIG. 3



- a) $[P]=0.010\%$; $t=1600^{\circ}\text{C}$; $(P_2O_5)=5\%$
 b) $[P]=0.010\%$; $t=1550^{\circ}\text{C}$; $(P_2O_5)=5\%$
 c) $[P]=0.025\%$; $t=1550^{\circ}\text{C}$; $(P_2O_5)=5\%$

FIG. 4



1. Термодинамически допустимая область предельных значений

FIG. 5

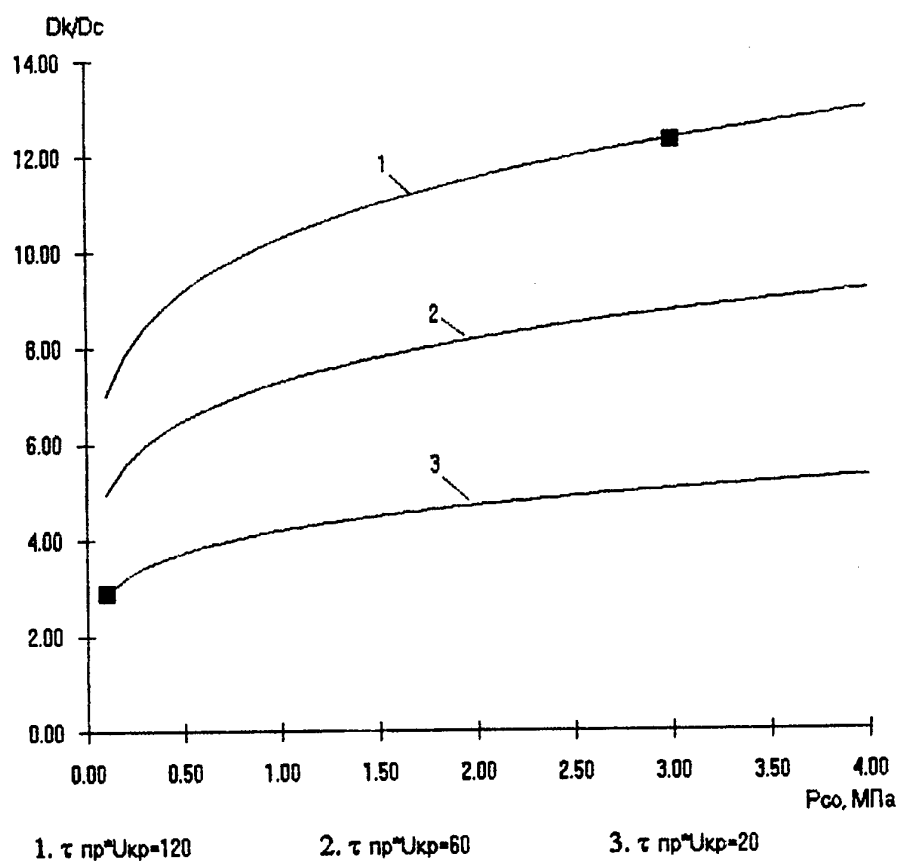


FIG. 6

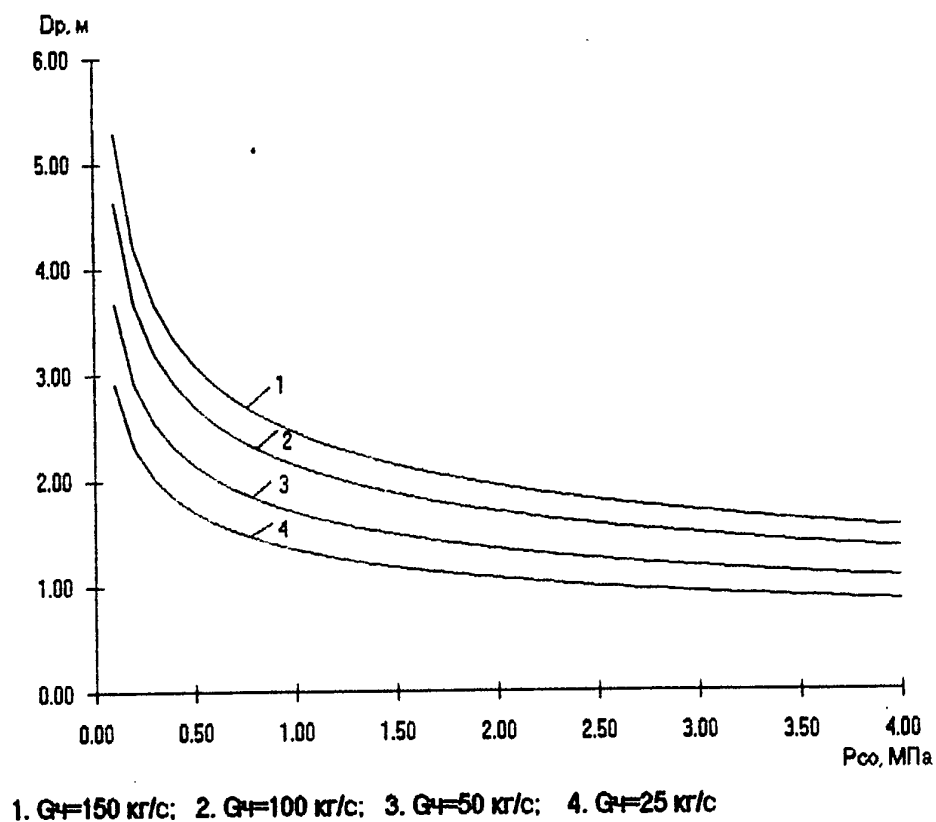


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 93/00325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: C 21 C 5/56, 1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: C 21 C 1/00, 5/56, 7/00, 5/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE, A, 1294982 (Institut de Recherches de la Siderurgie Francaise), 14 May 1969 (14.05.69)	1,2
&	US, A, 3565605 (P. VAYSSIERE et al.), 23 February 1971 (23.02.71)	1,2
A	FR, A2, 2244822 (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID), 18 April 1975	1,2
A	EP, A1, 0074270 (British Steel Corporation), 16 March 1983 (16.03.83)	1,2
A	SU, A, 381691 (O.D. Zorin) 13 August 1973 (13.08.73)	1,2
A	DE, A, 1608309 (Centro Sperimentale Metallurgico S.p.A.)	1,2
A	DE, A, 1758364 (Stahlwerke Peine-Salzgitter AG), 9 November 1972 (09.11.72)	1,2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
--	---

Date of the actual completion of the international search

9 September 1994 (09.09.94)

Date of mailing of the international search report

6 October 1994 (06.10.94)

Name and mailing address of the ISA/

ISA/RU

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No
PCT/RU93/00325

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: C21C 5/56, 1/00		
Согласно Международной патентной классификации (МКИ-Б)		
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы): МКИ-С C21C 1/00, 5/56, 7/00, 5/32		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, используемая при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	DE, A, 1294982 (Institut de Recherches de la Siderurgie Francaise), 14 мая 1969 (14.05.69)	1,2
&	US, A, 3565605 (P.VAYSSIERE и др.), 23 февраля 1971 (23.02.71)	1,2
☒ последующие документы указаны в продолжении графы С ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" - документ, определяющий общий уровень техники. "Е" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее. "О" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета. "Т" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения. "Х" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень. "У" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории. "&" - документ, являющийся патентом-аналогом.		
Дата действительного завершения международного поиска 09 сентября 1994 (09.09.94)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 06 октября 1994 (06.10.94)
Наименование и адрес Международного поискового органа: Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1 факс (095)243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Л.Шарапова тел. (095)240-58-88

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No.

PCT/RU 93/00325

С. (Продолжение) ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	FR, A2, 2244822 (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID), 18 апреля 1975 (18.04.75)	1,2
A	EP, A1, 0074270 (British Steel Corporation), 16 марта 1983 (16.03.83)	1,2
A	SU, A, 381691 (О.Д.Зорин), 13 августа 1973 (13.08.73)	1,2
A	DE, A, 1608309 (Centro Sperimentale Metallurgico S.p.A.), 14 июня 1973 (14.06.73)	1,2
A	DE, A, 1758364 (Stahlwerke Peine-Salzgitter AG), 9 ноября 1972 (09.11.72)	1,2

Форма PCT/ISA/210 (продолжение второго листа) (июль 1992)