



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К ПАТЕНТУ

(11) 963475

(61) Дополнительный к патенту —  
(22) Заявлено 23.06.80 (21) 2937832/22-02  
(23) Приоритет — (32) 20.08.79  
(31) 67665 (33) США

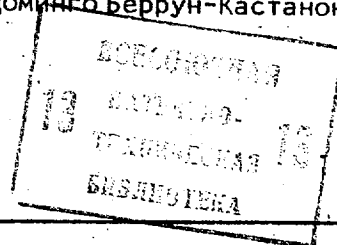
(51) М. Кл.  
С 21 В 13/00

Опубликовано 30.09.82. Бюллетень № 36  
Дата опубликования описания 30.09.82

(53) УДК 669.181.  
.423(088.8)

(72) Авторы изобретения  
Иностранцы  
Энрике Рамон Мартинез-Вера и Джордж Доминго Беррун-Кастанон  
(Мексика)

(71) Заявитель  
Иностранная фирма  
"Ильса С.А."  
(Мексика)



### (54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГУБЧАТОГО ЖЕЛЕЗА

1

Изобретение относится к восстановлению металлических окисленных руд в виде частиц в вертикальном шахтном реакторе с подвижным слоем, а именно к способу производства путем прямого восстановления в губчатое железо в газовой среде с заранее заданной степенью цементации.

Производство губчатого железа в вертикальном шахтном реакторе с подвижным слоем обычно включает две основные стадии, а именно: восстановление руды в восстановительной зоне с помощью соответствующего горячего восстановительного газа, обычно газа, в основном состоящего из окиси углерода и водорода, при температуре примерно 850-1100°С, предпочтительно 900-1000°С, и охлаждение полученного губчатого железа газовой охлаждающей средой до температуры примерно 100-200°С, предпочтительно ниже 100°С [1].

Губчатое железо используется в качестве источника железа при производстве стали в дуговых электропечах.

2

Губчатое железо содержит определенную пропорцию окиси железа, которая может составлять 5-15 вес.%, так как неэкономично проводить 100-процентную металлизацию руды в реакторе косвенного восстановления. По мере приближения степени восстановления железосодержащего материала к 100-процентной металлизации этот процесс становится все труднее и значительно повышается время пребывания в реакторе для удаления остающегося кислорода из материала. Хотя скорость реакции восстановления может быть увеличена до некоторой степени за счет повышения температуры, такое повышение температуры ограничивается тем, что рабочая температура должна поддерживаться ниже температуры спекания для того, чтобы губчатое железо можно было легко удалить из реактора.

Это ограничение температуры не относится к дуговым электропечах, в которых железосодержащий материал перерабатывается в расплавленном виде.

Следовательно, теоретически можно загружать электропечь губчатым железом, с например, 85-процентной металлизацией и добавлять достаточное количество элементарного углерода в загрузку печи для реакции с оставшимся кислородом в железной руде. Однако трудно обеспечить тесное соприкосновение элементарного углерода и частиц губчатого железа, в частности потому, что углерод имеет значительно меньшую плотность по сравнению с железом и стремится отделиться от него. Это достигается за счет цементации губчатого железа в восстановительном реакторе. Таким образом, восстановительный реактор может работать так, что вырабатываемое губчатое железо будет цементироваться с образованием карбида железа. В общем, необходимое содержание углерода в губчатом железе в большинстве случаев составляет 1-4 вес.%. Такая цементация может происходить в зоне восстановления или в зоне охлаждения или в обеих зонах.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ получения губчатого железа из руд в виде частиц, включающий противоточное движение руды и циркулирующего восстановительного газа, охлаждение и цементацию губчатого железа углеродсодержащим газом, циркулирующим в зоне охлаждения и внешнем контуре с охлаждением и обогащением свежим газом [2].

В зоне охлаждения восстановительного реактора может поддерживаться такой режим, что частицы губчатого железа будут цементироваться по мере охлаждения. Такая цементация может быть достигнута за счет использования углеродсодержащего газа, который при температуре, например 400-700°С реагирует с губчатым железом с образованием карбида железа, который в значительной степени концентрируется в наружных частях частиц губчатого железа.

Существенное значение имеют как функция цементации, так и функция охлаждения в зоне охлаждения. Если полученное губчатое железо охлаждается недостаточно перед встречей с атмосферным воздухом, оно может окислиться повторно. Скорость охлаждения должна соответствующим образом изменяться и регулироваться за счет циркулирования охлаждающего газа в кон-

туре, который включается в зону охлаждения реактора, и за счет изменения скорости рециркуляции или температуры охлаждающего газа или того и другого вместе обеспечивается заданная степень охлаждения. Степень цементации может удобно регулироваться за счет контролирования состава газа. Очевидно, что при оптимизации скорости охлаждения и степени цементации в зоне охлаждения должны регулироваться две отдельные контролируемые переменные величины.

Такой независимый контроль осуществляется с помощью охлаждающего контура, через который рециркулируется охлаждающий газ, и охлаждающий газ подается и выводится из контура. Заранее определенный отрегулированный поток охлаждающего газа с заданным составом подается в контур, и заданное регулирование достигается двумя способами. Под одному варианту свежий охлаждающий газ подается в контур с постоянной скоростью и измеряется перепад давления между зоной восстановления и охлаждения, что используется в качестве контрольной переменной величины для регулирования потока отходящего газа из охлаждающего контура. При использовании такого типа контроля поток газа между зоной восстановления и охлаждения сводится к минимуму для предотвращения изменения состава циркулирующего охлаждающего газа внутризонным газовым потоком.

По второму варианту поток отходящего газа регулируется таким образом, что свежий газ, подаваемый в контур, примерно равен потоку отходящего газа, удаляемого из охлаждающего контура. Хотя системы управления обеспечивают более высокую степень регулирования охлаждения и цементации, они нуждаются в усовершенствовании. Как было указано, степень карбонизации губчатого железа в значительной степени зависит от состава охлаждающего газа. Следовательно, используемая контрольная переменная величина должна быть более тесно взаимосвязана с составом охлаждающего газа по сравнению с использованными ранее системами управления.

Цель изобретения - повышение точности регулирования степени цементации губчатого железа.

Указанная цель достигается тем, что в способе получения губчатого

железа из руд в виде частиц, включающем противоточное движение руды и циркулирующего восстановительного газа, охлаждение и цементацию губчатого железа углеродсодержащим газом, циркулирующим в зоне охлаждения и внешнем контуре с охлаждением и обогащением свежим газом, степень цементации регулируют путем изменения скоростей подвода и отвода газов при поддержании удельного веса охлаждающего газа на постоянном уровне.

Скорость подвода углеродсодержащего газа в зону охлаждения регулируют скоростью добавления свежего углеродсодержащего газа и скоростью отвода в зависимости от удельного веса циркулирующего охлаждающего газа.

Газ, удаленный из зоны охлаждения, нагревают и соединяют с восстановительным газом, подаваемым в зону восстановления, при этом удельный вес охлаждающего газа поддерживают добавлением углеродсодержащего газа из зоны восстановления или свежего.

Удельный вес циркулирующего газа измеряют в наружном трубопроводе после его охлаждения.

Удельный вес цементирующего газа, использованного в зоне охлаждения, функционально соотносится со степенью цементации, которая придается губчатому железу, проходящему через эту зону и, следовательно, удельный вес газа может быть эффективно использован в качестве контрольной переменной величины для регулирования цементации получаемого губчатого железа.

На фиг. 1 изображена вертикальная шахтная система косвенного восстановления с подвижным слоем (предпочтительный вариант осуществления способа); на фиг. 2 - модификация системы, в которой отходящий газ отводится из охлаждающего контура в точке, расположенной после добавления свежего восстанавливающего газа в контур; на фиг. 3 - график зависимости между удельным весом и степенью карбонизации (в процентах).

На фиг. 1 показан вертикальный шахтный восстановительный реактор 1, имеющий зону 2 окисления в верхней части и зону 3 охлаждения в нижней части. Предназначенная для восстановления руда поступает в реактор через впускное соединение 4, расположенное в верхней части реактора, и губчатое железо выгружается из реактора в зо-

не днища через разгрузочное соединение 5.

Руда восстанавливается в восстановительной зоне 2 реактора с помощью горячего восстановительного газа, в основном состоящего из окиси углерода и водорода. Восстановительный газ может быть получен из любого пригодного источника. Например, это может быть реформинговый газ, полученный при каталитическом превращении смеси пара и природного газа известным образом или может быть использован коксовый печной газ.

Восстановительный газ поступает в систему через трубопровод 6 и далее через патрубок 7 с регулятором 8 расхода в контур восстановительного газа системы. Точнее, восстановительный газ поступает из трубопровода 7 через трубопровод 9 в нагреватель 10 типа змеевика, который может нагреваться за счет сжигания газа или другим способом для повышения температуры восстановительного газа примерно до 850-950°C. Горячий газ из нагревателя 10 подается в реактор через трубопровод 11 и далее в кольцевую камеру 12, образованную внутренней цилиндрической отражательной перегородкой 13 и стенкой реактора. Горячий восстановительный газ поступает вверх через слой руды в восстановительной зоне 2 и выходит из реактора через трубопровод 14. Руда в восстановительной зоне в основном восстанавливается в губчатое железо.

Отходящий поток газа из реактора поступает через трубопровод 14 в оросительный холодильник 15, в котором газ охлаждается и обезвоживается за счет непосредственного контакта с охлаждающей водой. Из оросительного холодильника 15 охлажденный газ поступает через трубопровод 16 в сторону всасывания насоса 17 и затем в трубопровод 9 для пополнения контура восстанавливающего газа. Количество газа циркулирующего через контур восстановительного газа с помощью насоса 17, регулируется с помощью байпаса 18, расположенного вокруг насоса и имеющего регулятор 19 расхода.

Определенное количество отработанного газа, отходящего из восстановительной зоны реактора, удаляется из контура восстанавливающего газа через трубопровод 20, содержащий кон-

трольный клапан 21 и регулятор 22 обратного давления. Газ, выходящий из системы через трубопровод 20, может использоваться в качестве топлива, например в нагревателе 10 и для других необходимых целей или направляться на хранение.

Охлаждающая зона 3 реактора также образует часть контура газового потока, и углеродсодержащий охлаждающий газ циркулирует через этот контур для осуществления цементации металлсодержащего материала в зоне охлаждения. Углеродсодержащий газ, используемый для цементации металлсодержащего материала в зоне охлаждения, может быть использован с тем же составом, что и восстановительный газ, использованный в восстановительной зоне. Точнее, часть восстановительного газа, поступающего в систему через трубопровод 6, может поступать через трубопровод 23, содержащий регулятор 24 потока, в трубопровод 25 контура охлаждающего газа.

Газ, поступающий через трубопровод 25, подается в нижнюю часть зоны охлаждения реактора. В реакторе имеется внутренняя отражательная перегородка 26 в форме усеченного конуса, которая соединяется со стенкой реактора и образует кольцевое пространство 27, в которое по трубопроводу 25 подается циркулирующий охлаждающий газ. Охлаждающий газ поступает вверх через слой восстановленной руды в зоне 3 охлаждения в кольцевое пространство 28, образованное стенкой реактора и другой кольцевой отражательной перегородкой 29 в форме усеченного конуса. По мере поступления углеродсодержащего газа вверх через зону 3 охлаждения он реагирует и цементирует губчатое железо, находящееся там, а также охлаждает его.

Из кольцевого пространства 28 газ выходит из реактора через трубопровод 30 и поступает через холодильник 31, в котором он охлаждается и обезвоживается за счет непосредственного контакта с охлаждающей водой. Охлажденный поток газа из холодильника 31 поступает через трубопровод 32 в сторону всасывания насоса 33, затем в трубопровод 25 для пополнения контура охлаждения. Рециркуляция газа через контур насосом 33 регулируется с помощью байпаса 34, расположенного вокруг

насоса и снабженного регулятором расхода 35.

Изобретение основано на том, что степень цементации, происходящей в зоне охлаждения реактора, может эффективно регулироваться путем измерения и регулирования удельного веса циркулирующего газа. Измеренная величина удельного веса может быть использована несколькими способами для эффективного регулирования добавлений углеродсодержащего газа в контур охлаждения. По одному варианту осуществления процесса (фиг. 1) заданный постоянный поток свежего углеродсодержащего газа подается в контур охлаждения через трубопровод 23, и состав газа в контуре охлаждения изменяется путем изменения внутризонального потока между зоной восстановления и зоной охлаждения. Поскольку такой внутризональный поток нельзя измерять или регулировать непосредственно, требуется косвенный метод регулирования потока. Точнее, в системе на фиг. 1 удельный вес газа, поступающего через трубопровод 25, измеряется с помощью обычного устройства 36 для определения удельного веса или известным образом может измеряться по составу газа. Измеренная величина используется для регулирования клапана 37 в трубопроводе 38, через который газ отводится из контура охлаждения. Таким образом, путем регулирования потока отходящего газа из контура охлаждения с помощью клапана 37 можно косвенно регулировать внутризональный газовый поток.

Свежий углеродсодержащий газ, поданный в систему (фиг. 1), может быть использован как в качестве восстановительного газа в зоне 2 восстановления, так и в качестве охлаждающего газа в зоне 3 охлаждения. Следовательно, газ, отведенный из контура охлаждения по трубопроводу 38, имеет значительную восстанавливающую величину и предпочтительно подается в контур восстановительного газа за счет соединения трубопровода 38 с трубопроводом 9 контура восстановления.

Ниже приводится показательный состав газа в мольных процентах по сухому остатку, который можно обнаружить в различных частях системы (фиг. 1), кроме этого, показаны соответствующие удельные веса (А - состав в трубопроводе 23; В - состав в тру-

бопроводе 25; С - состав в трубопроводе 30 и О - состав в трубопроводе 11

|                 | А  | В  | С  | О. |
|-----------------|----|----|----|----|
| H <sub>2</sub>  | 73 | 71 | 71 | 45 |
| CO              | 13 | 7  | 6  | 26 |
| CO <sub>2</sub> | 8  | 4  | 3  | 20 |
| CH <sub>4</sub> | 6  | 18 | 20 | 9  |

Удельный  
вес

0,33 0,277 0,263 0,635

Состав газа и удельный вес, приведенные выше, могут обеспечить в системе (фиг. 1) цементацию губчатого железа примерно 2%.

Установлено, что процент цементации губчатого железа зависит от удельного веса углеродсодержащего газа, поступающего через зону охлаждения, и что зависимость между удельным весом и цементацией является функцией давления.

На графике (фиг. 3) показана примерная зависимость между удельным весом и цементацией губчатого железа в системе (фиг. 1) при работе с давлением 2 кг/см<sup>2</sup>. Поскольку на зависимость между цементацией и удельным весом оказывает влияние ряд переменных величин процесса, такая зависимость должна экспериментально определяться для каждой системы, включая рабочие условия.

Из вышеизложенного следует, что газ, поступающий через охлаждающий контур, содержит примерно 70% водорода и 30% смеси окиси углерода, двуокиси углерода и метана. Так как углеродсодержащий газ потребляется в процессе цементации, его удельный вес снижается по мере течения реакции цементации. Следовательно, для сохранения устойчивых условий газ с относительно большой частью углеродсодержащих компонентов и соответствующим относительно высоким удельным весом может добавляться в охлаждающий контур. Хотя можно подавать необходимые свежие газы, содержащие окись углерода и углерод, из наружного источника в охлаждающий контур, установлено, что более эффективная работа может быть обеспечена за счет использования по меньшей мере части газа,

имеющего состав газа, который подается в зону восстановления.

Газ, подаваемый в нижнюю часть зоны восстановления, имеет содержание окиси углерода, двуокиси углерода и метана, которое больше содержания этих компонентов в свежем восстанавливаемом газе. Следовательно, газ в зоне восстановления является более эффективным агентом по сравнению со свежим восстанавливающим газом для повышения удельного веса и эффективности цементации газа, поступающего через контур охлаждения.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способа в системе (фиг. 1) поток свежего газа, подаваемый в контур охлаждения, и поток газа, поступающий из контура охлаждения, регулируются таким образом, чтобы определенное количество газа поступало из зоны восстановления реактора вниз в его зону охлаждения. С этой целью поток свежего восстанавливающего газа, поступающего через газовый поток, поступающий по трубопроводу 38, регулируется таким образом, чтобы газ с относительно высоким удельным весом из зоны восстановления поступал вниз в зону охлаждения. За счет измерения удельного веса газа, поступающего через зону охлаждения, и использования определенной величины удельного веса в качестве контрольной переменной величины для регулирования потока газа, выходящего из охлаждающего контура, поток газа с более высоким удельным весом, поступающий из зоны восстановления в зону охлаждения, регулируется косвенно для поддержания удельного веса газа в зоне охлаждения на уровне величины, необходимой для осуществления заданной степени цементации проходящего через зону губчатого железа.

Очевидно, что газ эффективно удаляется из охлаждающего контура вследствие: а) цементации губчатого железа по уравнению  $2CO = C + CO_2$ ; в) конденсации водяных паров в холодильнике 31 и с) выхода потока газа через трубопровод 38. При определенных условиях сумма а, с может быть меньше свежего газа, поступающего в контур через трубопровод 23. Таким образом, можно иметь нижний и верхний внутризональный поток между зонами восстановления и охлаждения.

Система на фиг. 2 аналогична системе на фиг. 1. Реактор 39 имеет зону 40 восстановления в верхней части и зону охлаждения в нижней части. Восстановительный газ поступает в систему через трубопровод 41 и далее через трубопровод 42 в сторону всасывания насоса 43, с помощью которого через трубопровод 44 он закачивается в нижнюю часть зоны охлаждения. Охлаждающий газ поступает вверх через зону 45 охлаждения, затем подается из реактора через трубопровод 46 в холодильник 47, из которого рециркулируется через трубопровод 48 назад в насос 43. Устройство 49 для измерения удельного веса, аналогичное соответствующему устройству 38 (фиг. 1), измеряет удельный вес газа между выпускной стороной насоса и реактором. Однако в системе (фиг. 1) фиксированная подача свежего газа соединена со стороной всасывания насоса 43, а не с его выпускной стороной.

Газ непрерывно выводится из охлаждающего контура через трубопровод 50, содержащий регулировочный клапан 51 и выход устройства 49 измерения удельного веса используется для регулирования положения клапана 51. Таким образом, также как и в системе (фиг. 1), измеренный удельный вес циркулирующего газа используется для регулирования потока отходящего газа из охлаждающего контура и, таким образом, осуществляется косвенное регулирование потока газа, поступающего в контур, который богат цементирующими составляющими.

Изобретение основано на том, что степень цементации губчатого железа в зоне охлаждения реактора может регулироваться за счет измерения удельного веса циркулирующего газа и измеренная величина удельного веса может использоваться в качестве контрольной переменной величины для эффективного регулирования скорости добавления углеродсодержащих газов в охлаждающий газ в контуре.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способа такое регулирование осуществляется косвенно за счет использования измеренной величины удельного веса для регулирования потока выходящего газа из контура. Однако поток отходящего газа из контура может поддерживаться на постоянном уровне, а выходной поток из

устройства измерения удельного веса может быть использован для регулирования свежего потока газа или при необходимости отношения свежего газа к потоку отходящего газа. В этом случае величина внутризонального потока восстановительного газа, поступающего через реактор, может быть обеспечена за счет соответствующего относительного регулирования потоков свежего и отходящего газов.

#### Формула изобретения

1. Способ получения губчатого железа из руд в виде частиц, включающий противоточное движение руды и циркулирующего восстановительного газа, охлаждение и цементацию губчатого железа углеродсодержащим газом, циркулирующим в зоне охлаждения и внешнем контуре с охлаждением и обогащением свежим газом, отличающийся тем, что, с целью повышения точности регулирования степени цементации, ее регулируют путем изменения скорости подвода и отвода газов при поддержании удельного веса охлаждающего газа на постоянном уровне.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что скорость подвода углеродсодержащего газа в зону охлаждения регулируют скоростью добавления свежего углеродсодержащего газа и скоростью отвода в зависимости от удельного веса циркулирующего охлаждающего газа.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что удаленный из зоны охлаждения газ нагревают и соединяют с восстановительным газом, подаваемым в зону восстановления.

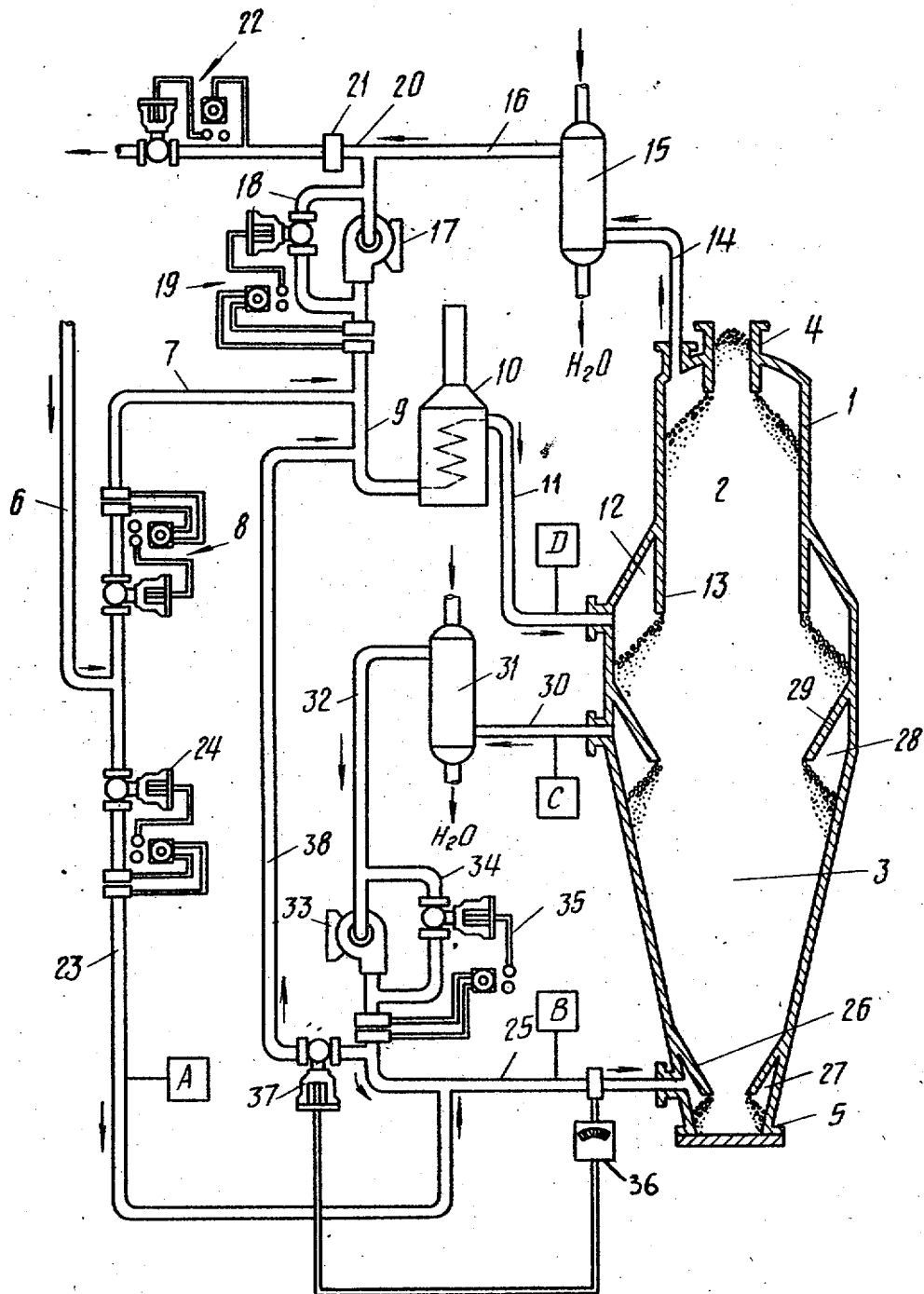
4. Способ по пп. 1-3, отличающийся тем, что удельный вес охлаждающего газа поддерживают добавлением углеродсодержащего газа из зоны восстановления или свежего.

5. Способ по пп. 1-4, отличающийся тем, что удельный вес циркулирующего газа измеряют в наружном трубопроводе после его охлаждения.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Похвиснев Л. И. и др. Внедоменное получение железа за рубежом. М., "Металлургия", 1964, с. 126-159.

2. Патент США № 3765872, кл. 75-34, 1974.



Фиг. 1

