



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВО(19) **UA** (11) **26639** (13) **C1**  
(51)<sup>6</sup> C 22 B 5/18; C 21 B 13/12ОПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ І УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗА ІЗ СПОЛУК ЗАЛІЗА

1

2

(21) 95063079

(22) 30.06.95

(24) 11.10.99

(31) 9401103

(32) 01.07.94

(33) NL

(46) 11.10.99. Бюл. № 6

(56) Steel Times International, GB, 1993,  
март, № 2, с. 24.(72) Бернард Йоханнес Гелейн (NL), Ме-  
йер Хендрикус Кунрад (NL), Терхуіс Корне-  
ліс Пітер (NL)

(73) ХОГОВЕНС СТАЛЬ Б.В. (NL)

(57) 1. Способ получения железа из соединений железа, включающий предварительное восстановление соединений железа в первой камере, имеющей стенку, симметричную оси вращения этой первой камеры, и перетекание полученных предварительно восстановленных в первой камере соединений железа самотеком во вторую камеру, расположенную под первой камерой, через канал, соединяющий упомянутые первую и вторую камеры, дальнейшее восстановление соединений железа во второй камере, расположенной под первой камерой и связанной с нею, посредством подачи во вторую камеру топлива и кислорода для образования восстановительного газа, который подают вверх в первую камеру через канал, соединяющий первую и вторую камеры для предварительного восстановления в первой камере, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что соединения железа в виде частиц подают в первую камеру с помощью, по крайней мере, одной струи газа-носителя, причем упомянутая, по крайней мере, одна струя имеет первую скорость и имеет направление с тангенциальной составляющей по отношению к первой камере, подачу кис-

лорода в первую камеру осуществляют хотя бы частично, по крайней мере, одной струей отдельно от струи соединений железа при большей скорости, по крайней мере, одной струи кислорода, чем первая скорость струи соединений железа, причем направление, по крайней мере, одной струи кислорода имеет тангенциальную составляющую так, что восстановительному газу сообщают вращательное движение вокруг оси первой камеры, при этом кислород, введенный в первую камеру, поддерживает восстановительный газ в первой камере так, что соединения железа в первой камере хотя бы частично плавятся и перетекают вниз по стенке первой камеры во вторую камеру, и упомянутую первую скорость введения соединений железа подбирают таким образом, чтобы частицы этих соединений достигали стенки первой камеры в частично расплавленном состоянии.

2. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что как соединения железа, так и кислород вводят в первую камеру посредством множества струй.

3. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что струи соединений железа и струи кислорода направлены таким образом, что они пересекаются в первой камере так, что в точке их сгорания создается зона температурного максимума для упомянутых соединений железа, в которой соединения железа хотя бы частично расплавляются.

4. Способ по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что восстановительный газ пропускают через первую камеру со средней осевой скоростью минимум 5 м/с.

(19) **UA** (11) **26639** (13) **C1**

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в первой камере поддерживают давление в диапазоне 1–6 бар.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в первую камеру подают только соединения железа, кислорода и восстановительный газ.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что кислород вводят струей со скоростью не менее 50 м/с.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что кислород вводят в первую камеру со скоростью не менее 100 м/с.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что соединения железа вводят в первую камеру с первой скоростью 5–40 м/с.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что соединения железа вводят в первую камеру в виде частиц с размером зерна в диапазоне 0,05–5 мм.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве газ-носителя для соединений железа используют кислород.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что как минимум половину соединений железа вводят в нижнюю половину первой камеры.

13. Установка для получения железа из соединений железа, содержащая первую камеру для предварительного восстановления соединений железа, стенка которой симметрична относительно вертикальной оси вращения этой камеры, устройства подачи соединений железа и кислорода в первую камеру, отводящий трубопровод для отвода реакционных газов из первой камеры, вторую камеру для дальнейшего восстановления соединений железа, расположенную под первой камерой, и внутреннее открытое сообщение между ними для перетекания реакционных газов вверх в первую камеру и расплавленных соединений железа вниз со стенки первой камеры во вторую камеру, и устройства для подачи топлива и кислорода во вторую камеру, отличающаяся тем, что устройства подачи соединений железа и кислорода в первую камеру выполнены в виде множества первых сопел для подачи струй соединений железа в виде частиц и газа-носителя, и множества вторых сопел для подачи струй кислорода отдельно от струй соединений железа, при этом первичные и вторичные сопла размещены в стенке первой камеры, и как минимум одно из пер-

вых сопел для подачи струй соединений железа имеет тангенциальную составляющую относительно оси первой камеры и, по крайней мере, одно из вторых сопел, для подачи струй кислорода, имеет тангенциальную составляющую относительно оси первой камеры.

14. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что стенка первой камеры выполнена цилиндрической с отношением высоты к диаметру  $\geq 1$ .

15. Установка по п. 14, отличающаяся тем, что отношение высоты к диаметру составляет  $\geq 2$ .

16. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что первые сопла распределены в большом количестве на разных уровнях в первой камере.

17. Установка по п. 16, отличающаяся тем, что на каждом уровне предпочтительно установлена группа из двух первых сопел, расположенных центрально-симметрично относительно вертикальной оси первой камеры в диаметрально противоположных точках ее стенки и направленных горизонтально и тангенциально к воображаемой окружности, имеющей диаметр в диапазоне 0,25–0,75 диаметра первой камеры.

18. Установка по п. 17, отличающаяся тем, что первые сопла расположены вдоль множества воображаемых витков на стенке первой камеры.

19. Установка по п. 18, отличающаяся тем, что первые сопла каждой упомянутой группы сдвинуты по окружности вокруг оси на  $120^\circ$  относительно первых сопел каждой соседней группы первых сопел.

20. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что вторые сопла распределены на разных уровнях стенки первой камеры.

21. Установка по любому одному из пп. 17–19, отличающаяся тем, что вторые сопла расположены группами на множестве уровней соответственно группам первых сопел, причем каждая группа вторых сопел размещена в стенке первой камеры на той же высоте, что и соответствующая группа первых сопел.

22. Установка по п. 21, отличающаяся тем, что на каждом уровне предпочтительно установлена группа из двух вторых сопел, расположенных центрально-симметрично относительно вертикальной оси первой камеры в диаметрально противоположных точках ее стенки и направленных горизонтально и тангенциально к воображаемой окружности,

имеющей диаметр в диапазоне 0,25–0,75 диаметра первой камеры.

23. Установка по п. 22, отличающаяся тем, что диаметр воображаемой окружности для вторых сопел меньше, чем диаметр воображаемой окружности для первых сопел.

Изобретение относится к металлургическому производству, а именно, к способу и установке для получения железа из железосодержащих соединений.

Наиболее близким к заявляемому является способ получения железа из соединений железа, включающий предварительное восстановление соединений железа восстановительным газом в первой камере, имеющей стенку, симметричную оси вращения этой первой камеры, дальнейшее восстановление соединений железа во второй камере, расположенной под первой камерой, подачу во вторую камеру топлива и кислорода для образования восстановительного газа, который подают вверх в первую камеру для предварительного восстановления, и подачу кислорода в первую камеру для поддержания в ней горения с хотя бы частичным расплавлением соединений железа и стеканием расплава по стенке первой камеры во вторую камеру.

Взаимодействие соединений железа, кислорода и восстановительного газа в первой камере по данному способу происходит недостаточно интенсивно и не всегда оптимальным образом, в результате чего не обеспечивается достаточно высокая степень восстановления и эффективности использования руды. Соответственно, при этом возникают ограничения относительно производительности плавильного циклона.

Известна также установка для получения железа из соединений железа, содержащая первую камеру, стенка которой симметрична относительно вертикальной оси вращения этой камеры, устройство для подачи соединений железа и кислорода в первую камеру, отводящий трубопровод для отвода реакционных газов из первой камеры, вторую камеру, расположенную под первой, и внутреннее открытое сообщение между ними для перетекания реакционных газов вверх в первую

24. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что отводящий трубопровод первой камеры размещен коаксиально первой камере.

25. Установка по п. 13, отличающаяся тем, что первая и вторая камеры установлены коаксиально друг другу.

камеру и расплавленных соединений железа вниз со стенки первой камеры во вторую камеру, устройства для подачи топлива и кислорода во вторую камеру.

Недостатки установки вытекают из недостатков способа и также заключаются в недостаточно высокой степени восстановления и эффективности использования руды, а также относительно низкой производительности плавильного циклона.

В основу настоящего изобретения поставлена задача предложить улучшенный и легко осуществимый способ и установку получения железа из соединений железа, обеспечивающие оптимизацию и интенсификацию процессов в первой камере.

Поставленная задача решается тем, что в известном способе, включающем предварительное восстановление соединений железа в первой камере, имеющей стенку, симметричную оси вращения этой первой камеры, и перетекание полученных предварительно восстановленных в первой камере соединений железа самоотекотом во вторую камеру, расположенную под первой камерой, через канал, соединяющий упомянутые первую и вторую камеры, дальнейшее восстановление соединений железа во второй камере, расположенной под первой камерой и связанной с нею, посредством подачи во вторую камеру топлива и кислорода для образования восстановительного газа, который подают вверх в первую камеру через канал, соединяющий первую и вторую камеры для предварительного восстановления в первой камере, согласно изобретению, соединения железа в виде частиц подают в первую камеру с помощью, по крайней мере, одной струи газа-носителя, причем упомянутая, по крайней мере, одна струя имеет первую скорость и имеет направление с тангенциальной составляющей по отношению к первой камере, подачу кислорода в первую камеру осуществляют хотя бы частично, по крайней мере,

одной струей отдельно от струи соединений железа при большей скорости, по крайней мере, одной струи кислорода, чем первая скорость струи соединений железа, причем направление, по крайней мере, одной струи кислорода имеет тангенциальную составляющую так, что восстановительному газу сообщают вращательное движение вокруг оси первой камеры, при этом кислород, введенный в первую камеру, поддерживает восстановительного газа в первой камере так, что соединения железа в первой камере хотя бы частично плавятся и перетекают вниз по стенке первой камеры во вторую камеру, и упомянутую первую скорость введения соединений железа подбирают таким образом, чтобы частицы этих соединений достигали стенки первой камеры в частично расплавленном состоянии. Сочетание этих мер имеет решающее значение для данного способа, поскольку именно они обеспечивают не произвольное, а организованное движение реагирующих в первой камере компонентов: соединений железа, кислорода и восстановительного газа. Благодаря наличию тангенциальной составляющей в направлении движения струй кислорода, восстановительный газ увлекается во вращательное движение и его путь от нижней части первой камеры к ее верхней части существенно образом удлиняется. При этом происходит также интенсивное перемешивание компонентов в первой камере. Все это, а также введение соединений железа в виде струй в потоке газа-носителя, создает условия для интенсификации и более оптимального протекания процессов в первой камере.

Для оптимального протекания процесса соединения железа и кислород вводят в первую камеру раздельно, множеством струй, предпочтительно распределенных по высоте первой камеры. Это способствует интенсивному использованию объема первой камеры. При этом струи соединений железа и струи кислорода располагают очень близко друг к другу, т.е. практически вводят их в соприкосновение, или их пересекают в первой камере и в точке их соприкосновения или пересечения создают зону температурного максимума сгорания кислорода и восстановительного газа, в которой соединения железа хотя бы частично расплавляются. Это обеспечивает повышение эффективности предварительного восстановления соединений железа как в результате химического восстановления, так и путем термического разложения.

Предпочтительно восстановительный газ пропускать через первую камеру со средней осевой скоростью не меньше 5 м/с, а давление в первой камере поддерживать в диапазоне 1–6 бар (0,1–0,6 МПа). Этим достигается оптимальная интенсивность процесса в первой камере. В первую камеру предпочтительно подают только соединения железа, кислород и восстановительный газ, т.е. не подают дополнительное количество топлива. Было обнаружено, что при подаче дополнительного количества топлива сверх требуемого для сгорания восстановительного газа степень сгорания реакционного газа из второй камеры имеет тенденцию падать. Поэтому дополнительное количество топлива не приносит никакой пользы при осуществлении предварительного восстановления. Соединения железа и кислород должны вводиться в первую камеру отдельно, так, чтобы они могли иметь различные скорости. Скорость введения кислорода составляет предпочтительно не менее 50 м/с и более, предпочтительно не менее 100 м/с.

Напротив, скорость соединений железа находится в предпочтительном диапазоне 5–40 м/с. При низкой скорости соединений железа большие частицы этих соединений могут не достигать стенки первой камеры, в то время как при более высоких скоростях соединений железа срок службы стенки может значительно сократиться.

Скорость кислорода должна быть выше и иметь тангенциальную составляющую, чтобы привести восстановительный газ во вращательное движение посредством передачи импульса. Это вращательное движение имеет неодинаковое воздействие на различные частицы соединений железа. Более крупные и самые крупные частицы достигают стенки первой камеры просто благодаря их собственному весу. Однако меньшие и самые мелкие частицы имеют тенденцию к переносу восстановительным газом вдоль оси вверх. Вращательное движение газа центрифугирует эти частицы таким образом, чтобы они удерживались в первой камере. Это способствует наиболее эффективному использованию частиц соединений железа.

Соединения железа предпочтительно вводить в первую камеру в виде частиц с размером зерна в диапазоне 0,05–5 мм. Преимущество такого размера заключается в том, что может быть использован концентрат природной руды, производи-

мый на шахтах, без дополнительного фракционирования.

Газ-носитель для соединений железа представляет собой предпочтительно кислород. Это повышает эффективность процесса предварительного восстановления. Предпочтительно вводить соединение железа в нижнюю часть первой камеры, например, так, чтобы большая часть соединений железа находилась в нижней половине первой камеры. Это способствует максимально эффективному использованию руды.

Поставленная задача решается также тем, что в известной установке для получения железа из соединений железа, содержащей первую камеру для предварительного восстановления соединений железа, стенка которой симметрична относительно вертикальной оси вращения этой камеры, устройства подачи соединений железа и кислорода в первую камеру, отводящий трубопровод для отвода реакционных газов из первой камеры, вторую камеру для дальнейшего восстановления соединений железа, расположенную под первой камерой, и внутреннее открытое сообщение между ними для перетекания реакционных газов вверх в первую камеру и расплавленных соединений железа вниз со стенки первой камеры во вторую камеру, и устройства для подачи топлива и кислорода во вторую камеру, устройства подачи соединений железа и кислорода в первую камеру выполнены в виде множества первых сопел для подачи струй соединений железа в виде частиц и газ-носителя, и множества вторых сопел для подачи струй кислорода отдельно от струй соединений железа, при этом первичные и вторичные сопла размещены в стенке первой камеры, и, как минимум, одно из первых сопел для подачи струи соединений железа имеет тангенциальную составляющую относительно оси первой камеры и, по крайней мере, одно из вторых сопел, для подачи струи кислорода, имеет тангенциальную составляющую относительно оси первой камеры. Такая конструкция обеспечивает высокий коэффициент использования первой камеры.

Предпочтительно стенка первой камеры выполнена цилиндрической с отношением высоты к диаметру  $\geq 1$ , более предпочтительно,  $\geq 2$ . Было обнаружено, что особенно при высокой осевой скорости восстановительного газа в первой камере, большее отношение высоты к диаметру приводит к более эффективному вовлечению соединений железа. Предпочти-

тельно первичные сопла распределены в большом количестве на разных уровнях в первой камере, и на каждом уровне предпочтительно установлена группа из двух первичных сопел, расположенных центрально-симметрично относительно вертикальной оси первой камеры в диаметрально противоположных точках ее стенки и направленных горизонтально и тангенциально к воображаемой окружности, имеющей диаметр в диапазоне 0,25–0,75 диаметра первой камеры.

Таким образом, первичные сопла могут быть расположены вдоль множества воображаемых витков на стенке первой камеры. Первичные сопла каждой группы предпочтительно сдвинуты по окружности вокруг оси на  $120^\circ$  относительно первичных сопел каждой соседней группы. Такое расположение сопел для соединений железа означает, что в первую камеру может быть введено большое количество соединений железа, струи не влияют друг на друга и может быть достигнута высокая производительность предварительного восстановления.

Предпочтительно, вторичные сопла таким же образом распределены на разных уровнях стенки первой камеры. Их целесообразно расположить группами на множестве уровней соответственно группам первичных сопел, причем каждая группа вторичных сопел размещена в стенке первой камеры на той же высоте или чуть ниже, чем соответствующая группа первичных сопел. Подобным образом на каждом уровне предпочтительно установлена группа из двух вторичных сопел, расположенных центрально-симметрично относительно вертикальной оси первой камеры в диаметрально противоположных точках ее стенки и направленных горизонтально и тангенциально к воображаемой окружности, имеющей диаметр в диапазоне 0,25–0,75 диаметра первой камеры.

Диаметр воображаемой окружности для вторичных сопел предпочтительно меньше, чем диаметр воображаемой окружности для первичных сопел. Такой гармонизацией вида расположения кислородных сопел и сопел для соединений железа достигается хороший перенос тепла к соединениям железа, высокая степень предварительного восстановления и высокая эффективность вовлечения соединений железа. Для предотвращения закупоривания отводящий трубопровод первой камеры установлен коаксиально первой камерой. Первая и вторая камера уста-

новлены коаксиально друг другу, что упрощает монтаж установки.

В качестве соединений железа используют обычные концентраты руды в виде частиц. Могут также добавляться другие железосодержащие материалы, такие как пыль, образуемая в сталелитейном производстве.

На фиг. 1 схематически представлена установка согласно изобретению для получения передельного чугуна, с плавильным циклоном; на фиг. 2 — плавильный циклон из фиг. 1; на фиг. 3 — поперечное сечение в плоскостях III-III на фиг. 2; на фиг. 4 — поперечное сечение в плоскостях IV-IV на фиг. 2; на фиг. 5 — поперечное сечение в плоскостях V-V на фиг. 2; на фиг. 6 — испытательная установка с плавильным циклоном, в которой работа плавильного циклона проверяется данным изобретением.

Установка содержит первую камеру в виде плавильного циклона 1 с первичными соплами 2 для ввода соединений железа и каналом 3, соединяющим циклон 1 со второй камерой 4, например, конвертером (фиг. 1). Устройство для подачи кислорода в конвертер 4 выполнено в виде фурмы 5. Конвертер 4 имеет также отверстие 6 для подачи топлива, например, угля, и отверстие 7 для выпуска расплавленного чугуна и шлака. В верхней части циклона 1 имеются также вторичные сопла 8 для подачи кислорода и трубопровод 9 для отвода реакционных газов. В нижней части конвертера 4 расположены отверстия 10 для подачи барботирующего инертного газа, например, аргона.

Как видно из фиг. 2, плавильный циклон 1 имеет соотношение высоты и диаметра более 2. Плавильный циклон 1 имеет круговую цилиндрическую камеру, расположенную вертикально и коаксиально по отношению к металлургической емкости 4. Плавильный циклон 1 имеет коаксиальное выпускное отверстие 11 к отводящему трубопроводу 9, охлаждаемый водой кожух 12 и внутри оснащен огнеупорным покрытием 13. Металлургическая емкость 4 также имеет огнеупорное покрытие 14. Охлаждающая вода для плавильного циклона подается и отводится посредством мундштуков 15 и 16. Плавильный циклон условно разделен на секции, из которых секции 17, 18 и 19 снабжены соплами для подачи соединений железа и кислорода.

Первичные сопла 20 для подачи соединений железа расположены на стенке плавильного циклона в секции 17 в плос-

кости III (фиг. 3). Ниже плоскости III, в стенке плавильного циклона, расположены вторичные сопла 21 для подачи кислорода. Ниже плоскостей III-III расположены следующие группы сопел 20 и 21 для подачи соединений железа и кислорода в плоскостях IV-IV и V-V соответственно, как показано на фиг. 4 и 5 соответственно. Размещение входных сопел для соединений железа и кислорода в секциях 18 и 19 аналогично секции 17.

Из фиг. 3 видно, что два первичных сопла 20 для подачи соединений железа, также называемые здесь группой, расположены центральносимметрично относительно вертикальной оси первой камеры в диаметрально противоположных точках ее стенки и направленных горизонтально и тангенциально к воображаемой окружности или цилиндру 22, коаксиальному плавильному циклону 1 так, что они имеют одно и то же вращательное направление. Такое расположение повторяется на фиг. 4 и 5, из которых видно, что сопла сдвинуты на 120° вокруг оси относительно сопел следующего уровня, верхнего или нижнего. Таким образом, первичные сопла 20 для подачи соединений железа размещены по спирали к верху плавильного циклона. Характер размещения вторичных сопел 21 для подачи кислорода такой же, только сопла 21 размещены чуть ниже сопел 20, так как кислород поднимается больше, чем соединения железа, благодаря осевой скорости восстанавливающего газа в плавильном циклоне. Сопла 21 также направлены по касательной к воображаемому коаксиальному круговому цилиндру 23, диаметр которого однако больше диаметра воображаемого цилиндра 22. Направление 24 сопла 20 для подачи соединений железа, и направление 25 сопла 21 для подачи кислорода соприкасаются или пересекаются друг с другом в точке 26.

В целом способ получения железа (и соответственно работа установки) осуществляется следующим образом. Соединения железа вводят в плавильный циклон 1 (фиг. 1) через сопла 20 в виде частиц, вовлекаемых кислородом в качестве газа-носителя. В плавильном циклоне 1 соединения железа предварительно восстанавливаются и их направляют в расположенный ниже конвертер 4, куда кислород подается посредством фурмы 5, а топливо, например, уголь — через отверстие 6. В конвертере 4 осуществляют дальнейшее восстановление соединений железа в передельный чугун, который за-

тем выпускают наружу через отверстие 7 вместе с образующимся шлаком. Во время окончательного восстановления соединений железа в конвертере 4 образуется горячий газ, содержащий CO (и  $H_2$ ), который переходит в плавильный циклон 1. Кислород через сопла 8 подают в плавильный циклон 1, где происходит сгорание, при котором происходит предварительное восстановление соединения железа. Затем реакционный газ отводят через трубопровод 9 наверху плавильного циклона. Небольшая часть соединений железа неизбежно выносятся вместе с газом. При необходимости плавление может быть инициировано в нижней части металлургической емкости 4 путем барботирования инертного газа, такого как аргон, вводимого через отверстия 10 в дне емкости.

Особенности предлагаемого способа и работы установки следующие.

Соединения железа в виде частиц размером 0,05–5 мм вводят в первую камеру – восстановительный циклон 1, давление в котором поддерживают равным 1–6 бар (0,1–0,6 МПа), через первичные сопла 20 несколькими струями посредством газаносителя со скоростью потока в струях от 5 до 40 м/с, а кислород вводят в эту камеру хотя бы частично также несколькими струями через вторичные сопла 21 отдельно от струй соединений железа при скорости струй кислорода большей, чем скорость струи или струй соединений железа, но не менее 50 м/с, а предпочтительнее не меньше 100 м/с (фиг. 2–5). Расположение сопел 21 придает направлению струй кислорода тангенциальную составляющую так, что гидродинамическое взаимодействие кислорода с восстановительным газом сообщает последнему вращательное движение вокруг оси циклона 1. Этот процесс усиливается также благодаря расположению сопел 20 и наличию тангенциальной составляющей у струй соединений железа и газа-носителя, в качестве которого используют кислород. Струя соединений железа 24, выходящая из сопла 20, и струя кислорода из сопла 21

соприкасаются или пересекаются друг с другом в точке 26, где кислород вызывает сгорание восстановительного газа, при этом тепло сгорания передается соединениям железа, и соединения железа предварительно восстанавливаются и плавятся, хотя бы частично, до того, как они достигнут стенки камеры 1. Далее предварительно восстановленные и расплавленные соединения железа стекают по стенкам камеры 1 и через канал 3 попадают в камеру 4, где и осуществляется их окончательное восстановление.

Пример. Испытательная установка (фиг. 6) состоит из плавильного циклона 1, описанного выше, камеры сгорания 27 и сборного резервуара 28 для восстановленных соединений железа 29. В данной испытательной установке нет второй металлургической емкости 4, используемой для моделирования условий двухступенчатого процесса восстановления по данному изобретению. В камере сгорания 27 природный газ и кислород, вводимые через отверстия 30, сгорают, образуя восстановительный газ с температурой около 1500°C и составом, подобным тому, который образуется во второй металлургической емкости. В плавильный циклон соединения железа и кислород вводят через сопла 2 и 8. Отработанный газ, содержащий пыль, отводят в направлении стрелки 31. Отработанный газ сжигают в камере сгорания 32 и затем охлаждают водой и охлаждающим агентом 33 и отводят в газовый скруббер по стрелке 34.

Испытательную установку (фиг. 6) использовали для испытания работы плавильного циклона в соответствии с фиг. 2. Размеры плавильного циклона – внутренний диаметр 2000 мм при высоте 4000 мм. Осевая скорость восстановительного газа в плавильном циклоне составляла 5 м/с. Концентрат железной руды Carol Lake с содержанием железа 66 вес. % и размерами частиц 50–500 мкм подавали при скорости 10 м/с, а кислород – при скоростях в диапазоне 100–200 м/с.

Степень восстановления, определяемая как

$$\left\{ 1 - \frac{\text{содержание О в продукте 29}}{\text{содержание О в загружаемых соединениях}} \right\} \times 100,$$

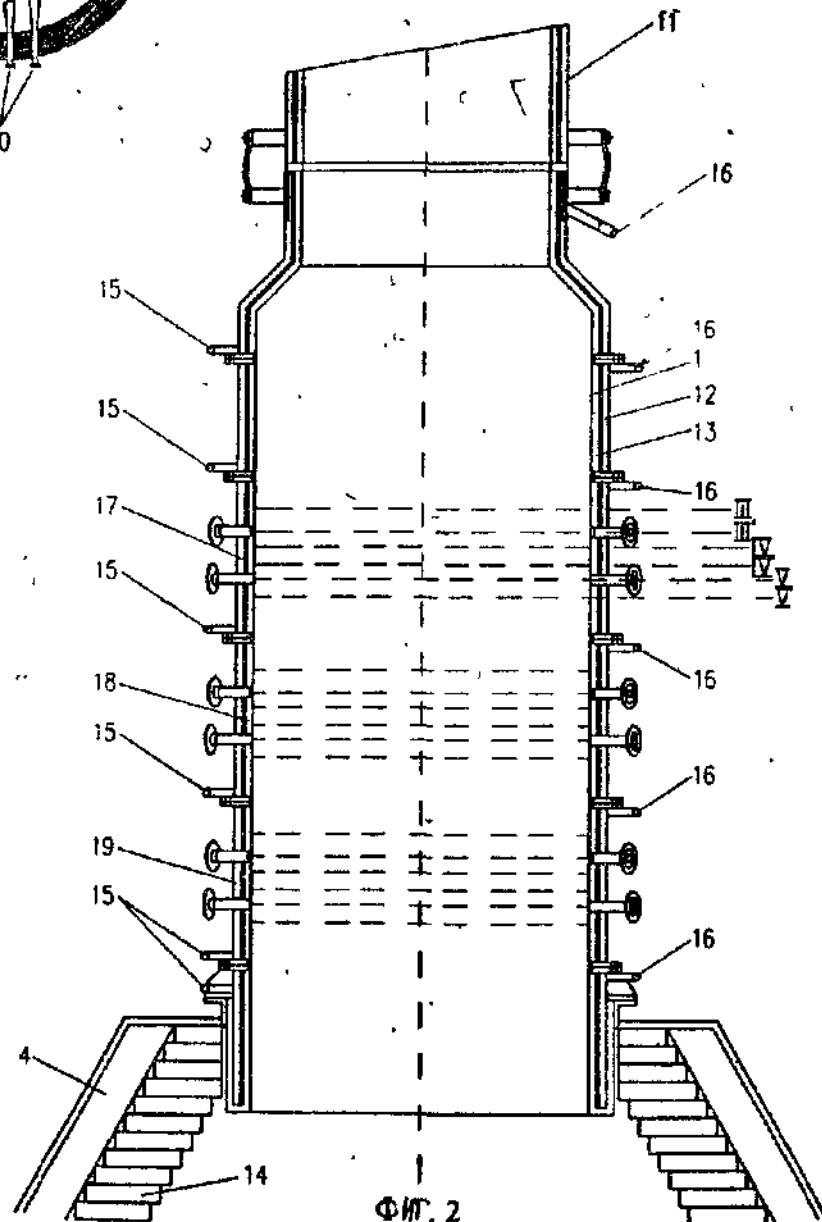
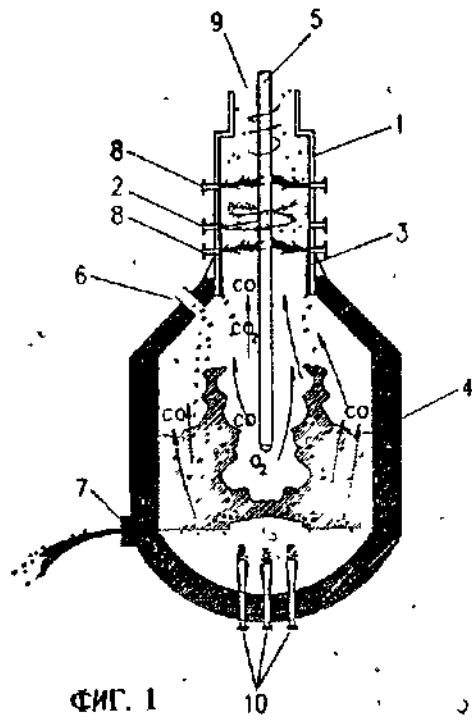
составляла 10–30%.

Эффективность использования руды, определяемая как

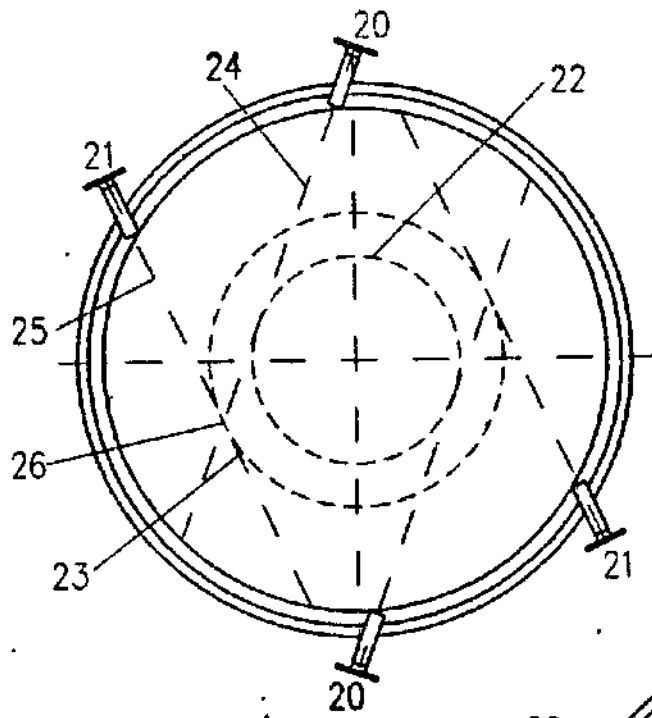
$$\frac{\text{количество Fe в продукте 29 (кг)}}{\text{количество Fe, введенного в плавильный циклон (кг)}} \times 100,$$

составляла 90–95%.

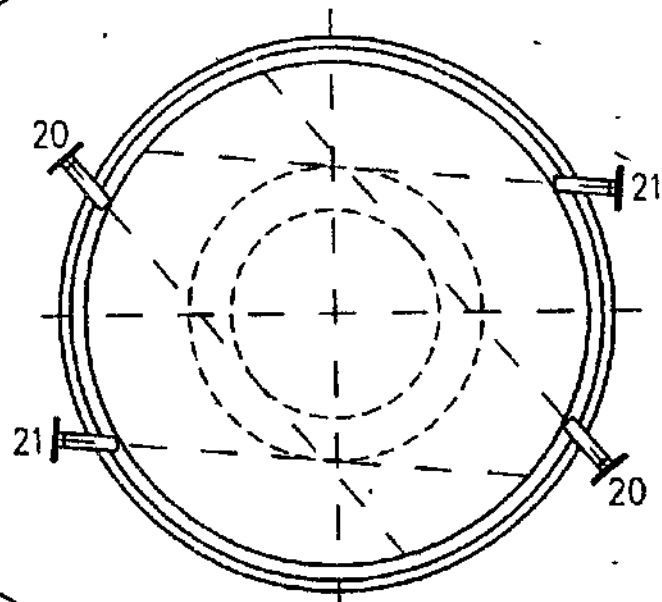
Производительность плавильного циклона составила приблизительно 20 т/ч.



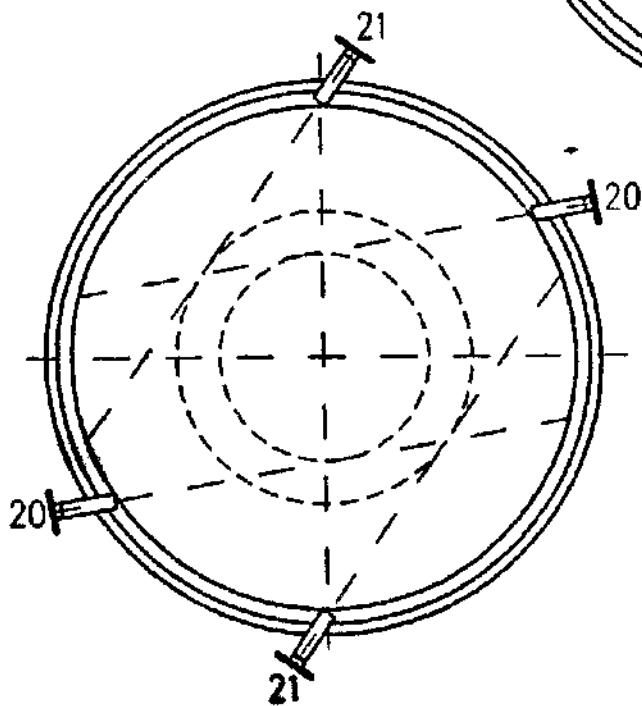




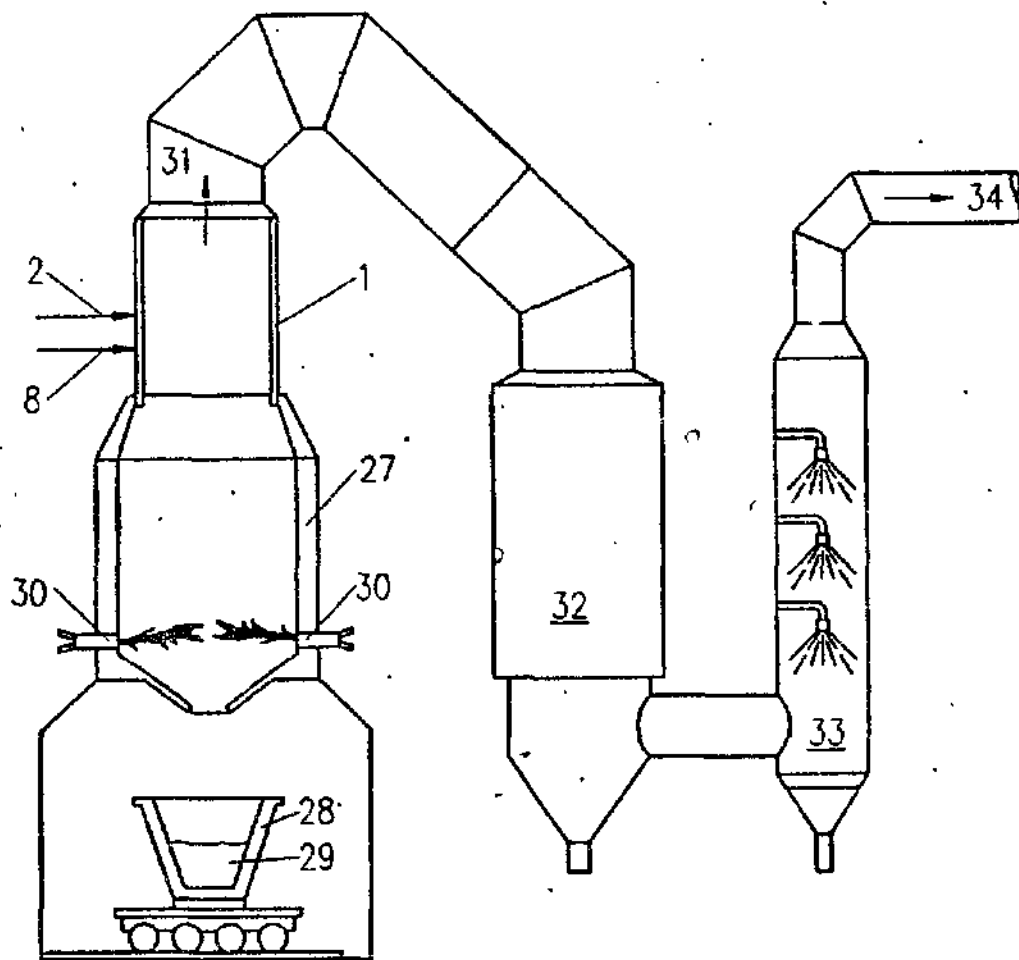
Ф. Г. 3



Ф. Г. 5



Ф. Г. 4



ФІГ. 6

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор М.Самборська

Замовлення 520

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101