



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВО(19) UA (11) 26389 (13) C1  
(51) C 21 B 13/14ОПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ РІДКОГО ЧАВУНУ АБО РІДКИХ СТАЛЬНИХ НАПІВПРОДУКТІВ ІЗ ЗАЛІЗОРУДНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 93003278

(22) 22.10.93

(24) 30.08.99

(31) A 2096/92

(32) 22.10.92

(33) AT

(46) 30.08.99. Бюл. № 5

(56) 1. Патент AT № 390622,  
кл. С 21 В 13/14, 1989.2. Патент AT № 387403,  
кл. С 21 В 13/14, 1989.3. Авторское свидетельство СССР  
№ 1813099, кл. С 12 В 13/14, 1993 (про-  
тотип).(72) Кепплінгер Вернер (АТ), Матцавракос  
Панайотіс (АТ), Шенк Йоханнес (АТ), Сіу-  
ка Дітер (АТ), Бьом Крістіан (АТ)(73) ФОЕСТ-АЛЬПІНЕ ІНДУСТРІАНЛАГЕН-  
БАУ ГМБХ (АТ), ПОХАНГ АЙРОН ЕНД СТІЛ  
КО., ЛТД (KR), РІСЬОРЧ ІНСТІТУТ ОФ  
ІНДАСТРІАЛ САЙЕНС ЕНД ТЕХНОЛОДЖІ,  
ІНКОРПОРЕЙТЕД ФАУНДЕЙШН (KR)

(57) 1. Способ получения жидкого чугуна или жидких стальных полупродуктов из железорудного материала, включающий добавку к железорудному сырью, содержащему частично мелкозернистую фракцию, необходимых присадок, восстановлению до губчатого железа в реакторе с псевдоожиженным слоем, выполненным внизу из сочлененных между собой верхней и нижней частей, окончательное восстановление и расплавление в плавлении-газифицированном реакторе за счет подвода твердого углеродсодержащего материала и кислородсодержащего газа, одновременное получение восстановительного газа, содержащего СО и Н<sub>2</sub>, разделение его на две части и раздельную их подачу в верхнюю и нижнюю части реактора псевдоожиженного слоя, отсос и по-

дачу к потребителю, отличающийся тем, что исходное сырье перед восстановлением до губчатого железа подвергают подогреву, а газ, подаваемый в нижнюю часть реактора псевдоожиженного слоя, подвергают предварительной очистке в горячем циклоне.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что газ, подаваемый в нижнюю часть реактора псевдоожиженного слоя, разделяют на две части, подвергают очистке в скруббере и смешивают с газом, подаваемым в нижнюю часть псевдоожиженного слоя для его охлаждения.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что наиболее мелкозернистую фракцию исходного сырья посредством принудительной транспортировки загружают в различные зоны плавления-газификационного реактора

4. Способ по одному из пп. 1-3, отличающийся тем, что газ из зоны восстановления подводят в зону подогрева, подвергая его предварительному частичному дожиганию для повышения температуры.

5. Способ по одному из пп. 1-4, отличающийся тем, что газ, выводимый из зоны восстановления, обеспыливают в восстановительном циклоне, а уловленную и восстановленную пыль инжектируют в плавление-газификационный реактор в области ввода кислородсодержащего газа.

6. Способ по одному из пп. 1-5, отличающийся тем, что часть материала, выносимого из псевдоожиженного слоя зоны восстановления через систему шлюзовых затворов, инжектируют в плавление-газификационный реактор в области ввода кислородсодержащего газа.

(19) UA (11) 26389 (13) C1

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что часть материала, выносимого из псевдоожиженного слоя зоны восстановления, подводят в плавильно-газификационный реактор вместе с пылью, уловленной и восстановленной в восстановительном циклоне.

8. Способ по одному из пп. 1, 6 и 7, отличающийся тем, что пыль, осаждаемую в циклоне, вводят через систему шлюзовых затворов посредством инжектора и кислородно-пылеугольной горелки в плавильно-газификационный реактор в область между флюидизированными слоями мелкозернистого и крупнозернистого носителя углерода.

9. Способ по одному из пп. 1-8, отличающийся тем, что часть присадок загружают в зону предварительного подогрева, а другую часть загружают вместе с носителем углерода в плавильно-газификационный реактор.

10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что в плавильно-газификационный реактор загружают присадки фракции 4-12,7 мм, а в зону предварительного подогрева фракции 2-6,3 мм.

11. Способ по одному из пп. 1-10, отличающийся тем, что восстановление осуществляют в двух последовательно расположенных друг за другом зонах с последовательным подводом восстановительного газа от одной зоны восстановления к другой, а затем к зоне предварительного подогрева.

12. Способ по одному из пп. 1-11, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют горячее брикетирование части мелкозернистого материала, который предварительно подогревают и восстанавливают до губчатого железа в псевдоожиженном слое в дополнительных реакторах, при этом для предварительного подогрева и восстановления процесса производства горячих брикетов используют отходящие газы от основной зоны подогрева и с добавлением при необходимости части выходящего и очищенного от  $\text{CO}_2$  газа от основной зоны восстановления.

13. Устройство для получения жидкого чугуна или жидких стальных полупродуктов из железорудного материала, содержащее, по крайней мере, один восстановительный реактор с псевдоожиженным слоем, оборудованный узлом загрузки исходного сырья и присадок, выполненный внизу из сочлененных между собой верхней и нижней частей, и плавильно-газификационный реактор, соединенный пос-

редством транспортирующего трубопровода с восстановительным реактором и оборудованный средствами подачи кислородосодержащего газа и твердых носителей углерода, летками для выпуска чугуна или стального полупродукта и шлака, причем перед восстановительным реактором с псевдоожиженным слоем расположен подогреватель с псевдоожиженным слоем, в который входит трубопровод восстановительного газа, состоящий из двух ветвей, одна из которых подведена к верхней, а другая к нижней зонам восстановительного реактора, отличающееся тем, что в ветвь ведущего к нижней части восстановительного реактора встроено очистительное средство.

14. Устройство по п. 13, отличающееся тем, что в качестве транспортирующего трубопровода использован пневмотрубопровод, присоединенный к плавильно-газификационному реактору на высоте кипящего слоя или неподвижного слоя.

15. Устройство по п. 13 или 14, отличающееся тем, что оно снабжено трубопроводом для подачи кислорода, соединенным с газопроводом, соединяющим восстановительный реактор с подогревателем.

16. Устройство по п. 13 или 14, отличающееся тем, что восстановительный реактор выполнен по высоте переменного диаметра с переходной конической частью, при этом диаметр нижней части реактора меньше диаметра верхней части.

17. Устройство по одному из пп. 13-16, отличающееся тем, что трубопровод от восстановительного реактора соединен с нижней частью подогревателя, которая выполнена конической.

18. Устройство по одному из пп. 13-17, отличающееся тем, что восстановительный реактор в верхней цилиндрической части реактора снабжен узлом для выноса пыли, расположенным на уровне псевдоожиженного слоя и соединенным с пневмотрубопроводом, выходной конец которого расположен на уровне нижнего ряда сопел для подачи кислородосодержащего слоя плавильно-газификационного реактора.

19. Устройство по одному из пп. 13-17, отличающееся тем, что оно снабжено дополнительным восстановительным реактором псевдоожиженного слоя, установленным последовательно основному

20 Устройство по одному из пп 13-19, о г л и ч а ю щ е е с я тем, что оно снабжено линией производства горячих брикетов, содержащей дополнительный подогреватель псевдоожиженного слоя, восстановительный реактор и средство горячего брикетирования губчатого железа, при этом трубопровод между восстановительным реактором и подогревателем выполнен с ответвлением, а до-

полнительный восстановительный реактор псевдоожиженного слоя соединен с трубопроводом отходящего газа от основного подогревателя, причем трубопровод между основными восстановительным реактором и подогревателем соединен дополнительным трубопроводом с трубопроводом отходящего газа от основного подогревателя

Изобретение относится к способу получения жидкого чугуна или стального полужабриката из, по меньшей мере, частично содержащего долю мелких фракций исходного сырья, состоящего из железной руды и присадок, причем исходное сырье непосредственно восстанавливают в одной, по меньшей мере, зоне восстановления в псевдоожиженном слое до губчатого железа, губчатое железо расплавляют в плавильной газификационной зоне, с подводом носителей углерода и кислородсодержащего газа и получают восстанавливающий газ, содержащий СО и Н<sub>2</sub>, который подводят в зону восстановления, там подвергают реакции, отводят в виде готового к использованию газа и подают потребителю, а также к установке для осуществления способа

Способ такого рода известен, например, из австрийского патента [1] Согласно этому документу [1] перерабатывают исходное сырье с очень разной зернистостью, причем исходное сырье подвергают предварительному восстановлению и посредством воздушной сепарации разделяют на фракции с различным размером зерен, которые затем по-отдельности окончательно восстанавливают. Этот известный одноступенчатый способ обеспечивает только незначительное использование тепла газа восстановителя и поэтому нуждается в повышенном его расходе. Кроме того, в этом способе не обеспечивается оптимальное использование энергии, химически связанной в газе восстановителя.

Задачей изобретения является создание способа вышеуказанного типа, а также установки для осуществления способа, которая дает возможность использования железной руды, содержащей, по меньшей мере, одну мелкозернистую

фракцию и присадок наиболее экономичным образом, с применением необработанного угля в качестве углеродоносителя, причем может использоваться химически связанная энергия, еще содержащаяся в использовании газа-восстановителя

Эта задача решается в способе вышеупомянутого типа за счет того, что

10 – преимущественно гематитовую и/или магнетитовую мелкозернистую руду и/или рудную пыль подвергают предварительному нагреву в зоне предварительного нагрева в псевдоожиженном слое;

15 – затем предварительно нагретое таким образом сырье окончательно восстанавливают в одной, по меньшей мере, следующей зоне восстановления;

20 – после чего, по меньшей мере, более мелкозернистые фракции исходного сырья принудительно, например, пневматически загружают в кипящий слой и/или, в случае необходимости, в неподвижный слой плавильногазификационной зоны и там расплавляют

25 Согласно документу [2] исходное сырье, содержащее сидерит и/или гидратат, обжигают в зоне прямого восстановления в неподвижном слое, расположенном перед зоной нагрева твердого слоя, причем применяется только крупнозернистое, перерабатываемое только в неподвижном слое, железосодержащее исходное сырье

30 Для изобретения является существенным, чтобы исходное сырье обрабатывалось не в противотоке, как в известном способе обработки в неподвижном слое [2], а в стабильных или циркулирующих кипящих слоях, то есть с перекрестным потоком, благодаря чему вследствие лучшего использования энергии газа обеспечивается экономичная обработка мелкозернистых руд и рудной пыли Это яв-

ляется важным потому, что в настоящее время около 75% руды приходится на мелкозернистую руду, которая дешевле кусковой или агломерированной руды. В псевдоожиженном слое осуществляется также предварительный нагрев, что позволяет оптимально использовать газ восстановитель и обойтись без дополнительных затрат энергии.

Наиболее близким аналогом к изобретению является способ получения жидкого чугуна или жидких стальных продуктов из железорудного материала, включающий добавку к железорудному сырью, содержащему частично мелкозернистую фракцию, необходимых присадок, восстановление до губчатого железа в реакторе с псевдоожиженным слоем, выполненным внизу из сочлененных между собой конической и цилиндрической частей, окончательное восстановление и расплавление в плавильно-газификационном реакторе за счет подвода твердого углеродсодержащего материала и кислородсодержащего газа, одновременное получение восстановительного газа, содержащего CO и H<sub>2</sub>, разделение его на две части и раздельную их подачу в коническую и цилиндрическую части реактора псевдоожиженного слоя, отсос и подачу к погребителю.

Устройство для осуществления способа содержит восстановительный реактор с псевдоожиженным слоем, оборудованный узлом загрузки исходного сырья и присадок, выполненный из сочлененных между собой конической и цилиндрической частей и плавильно-газификационный реактор, соединенный посредством транспортирующего трубопровода с восстановительным реактором и оборудованный средствами подачи кислородсодержащего газа и твердых носителей углерода, летками для выпуска чугуна или стального полупродукта и шлака, а также трубопроводом восстановительного газа, выполненным перед входом в восстановительный реактор из двух ветвей, одна из которых подведена к конической, а другая к цилиндрической частям реактора [3].

Технической задачей изобретения является повышение эффективности процесса восстановления руды с любыми размерами частиц. Существенным отличием является то, что осуществляют предварительный нагрев руды восстановительным газом, получаемым на последней стадии восстановления, а не за счет подвода газа извне, что, естественно, соответствующим образом повышает затраты.

За счет восстановительной атмосферы, наряду с предварительным нагревом, может достигаться предварительное восстановление, за счет чего обеспечивается особенно эффективное использование восстановительного газа.

Для охлаждения газа восстановителя, получаемого в плавильно-газификационной зоне, его подводят частично в зону восстановления для получения псевдоожиженного слоя, и частично после очистки в горячем циклоне и газоочистителе добавляют в качестве охлаждающего газа в первую часть восстановителя, подводящего в зону восстановления.

Для регулирования псевдоожиженного состояния исходного сырья в зоне восстановления, предпочтительно, часть газа восстановителя подводится в псевдоожиженный слой зоны восстановления, а часть того восстановительного газа зоны восстановления, которая подводится в горячий циклон, вводится в нижнюю часть полученного псевдоожиженного слоя.

Для эффективного предварительного нагрева исходного сырья является предпочтительным очистить газ восстановитель, выходящий из зоны восстановления, от мелкозернистой фракции в восстановительном циклоне, причем мелкозернистые фракции, выпадающие в восстановительном циклоне во время осаждения, в значительной мере окончательно восстанавливаются, а также подавать газ с помощью инжектора в плавильно-газификационную зону в место подвода кислородсодержащего газа.

Мелкозернистые фракции, уже восстановленные в зоне восстановления, целесообразно частично выносить из псевдоожиженного слоя зоны восстановления и подавать через систему шлюзов с помощью инжектора в плавильногазификационную зону в место подвода кислородсодержащего газа, причем является целесообразным подводить выносимую из псевдоожиженного слоя зоны восстановления часть исходного сырья, совместно с материалом, осаждающимся в восстановительном циклоне, в плавильногазификационную зону.

При этом является предпочтительным подавать осаждающуюся в горячем циклоне пыль через систему шлюзов с помощью инжектора и пылеугольной горелки, работающей с подачей кислорода, в плавильно-газификационную зону в области между образующимся там кипящим слоем мелкозернистого кокса и кипящим слоем крупнозернистого кокса.

Подачу присадок целесообразно осуществлять таким образом, чтобы одна часть присадок, необходимых для расплавления, вводилась вместе с углем непосредственно в плавильно-газификационную зону, а другая часть присадок вместе с мелкозернистой рудой подавалась в зону предварительного нагрева, при этом является предпочтительным, чтобы подаваемые вместе с углем присадки вводились в виде крупнозернистой фракции с размером частиц, преимущественно от 4 мм до 12,7 мм, а подаваемые вместе с мелкозернистой рудой присадки в виде мелкозернистой фракции, имели размер частиц, предпочтительно, порядка 2–6,3 мм

Особенно эффективное восстановление получается в том случае, если предусматривается два, расположенные отдельно и вслед друг за другом, зоны восстановления, причем газ восстановитель, выходящий из первой зоны восстановления, подводится ко второй зоне восстановления, расположенной перед первой зоной восстановления по ходу потока мелкозернистой руды, и оттуда подводится под давлением в зону предварительного нагрева

Для использования избыточного газа, выделяющегося в процессе, согласно предпочтительной форме выполнения, готовый к потреблению газ, выделяющийся из зоны предварительного нагрева, в случае необходимости, после смешивания с частью газа восстановителя, выделяющегося из зоны восстановления, после очистки  $\text{CO}_2$  отводится для получения брикетированного горячим железом, причем мелкозернистая руда нагревается в зоне предварительного нагрева, затем ее подвергают, к значительной мере, окончательному восстановлению в одной, по меньшей мере, зоне восстановления и далее подводят к устройству и газ, готовый для использования, после нагрева направляется в одну, по меньшей мере, зону восстановления с образованием псевдоожиженного слоя, отводится после протекания через него и подводится в зону предварительного нагрева, с частичным сжиганием для повышения температуры с целью образования псевдоожиженного слоя.

Установка для проведения способа, содержащая один, по меньшей мере, восстановительный реактор, в который входит трубопровод для подачи исходного сырья, содержащего железную руду, и присадки, газопровод для газа восстановителя, а также трубопровод для подачи полученного в нем продукта восстановления, газопровод

для готового к использованию газа и плавильный газификатор, в который входит трубопровод для продукта восстановления, отводимого из восстановительного реактора, и трубопроводы для кислородсодержащего газа и носителей углерода, а также средства для слива чугуна и стального полуфабриката и шлака, причем газопровод, входящий в восстановительный реактор для газа восстановителя, образованного в плавильном газификаторе отходит от плавильного газификатора, отличается тем, что восстановительный реактор выполнен в виде восстановительного реактора с псевдоожиженным слоем, и, что перед восстановительным реактором с псевдоожиженным слоем, в направлении подачи исходного сырья, расположен реактор предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем, в который входит газопровод восстановительного реактора с псевдоожиженным слоем, и, что предусмотрен пневмопровод для подачи губчатого железа, полученного в восстановительном реакторе с псевдоожиженным слоем, в плавильный газификатор, причем трубопровод входит в плавильный газификатор на высоте кипящего и/или неподвижного слоя

Способ восстановления позволяет осуществить предпочтительным образом регулирование степени оживания внутри восстановительного реактора (а также внутри реактора предварительного нагрева) за счет того, что восстановительный реактор с псевдоожиженным слоем имеет нижнюю часть с меньшим диаметром и верхнюю часть, примыкающую к нижней части и имеющую больший диаметр, причем переход от нижней части до верхней части выполнен коническим, и в конический переходный элемент входит газопровод для газа восстановителя; причем целесообразно, чтобы реактор предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем имел конический нижний конец, в который входит трубопровод для газа восстановителя.

Для того, чтобы можно было вывести окончательно восстановленные мелкозернистые фракции из псевдоожиженного слоя восстановительного реактора, последний снабжен на высоте псевдоожиженного слоя устройством для выноса мелкозернистых фракций, от которого транспортирующий трубопровод ведет к пневмотранспортирующему устройству, который входит в плавильный газификатор на высоте находящегося в нем неподвижного или кипящего слоя.

Согласно предпочтительной форме выполнения, предусмотрено два восстановительных реактора с псевдоожиженным слоем, расположенных друг за другом в направлении поступления исходного сырья.

Особенно эффективного использования полученного избыточного газа удается достичь, если газопровод для полученного готового к использованию газа с целью получения брикетируемого в горячем состоянии железа после промежуточно подключенного скруббера -  $\text{CO}_2$  и нагревательного устройства входит в, по меньшей мере, один восстановительный реактор, из которого отходит трубопровод в реактор предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем, причем в реактор предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем входит трубопровод для загрузки мелкозернистой руды, а от реактора предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем отходит транспортирующий трубопровод, подводящий предварительно нагретую мелкозернистую руду к восстановительному реактору, и если после восстановительного реактора в направлении прохождения мелкозернистой руды установлено устройство для уплотнения и брикетирования.

Ниже изобретение поясняется более подробно с помощью трех, схематически показанных на чертежах, примеров выполнения, причем на фиг. 1-3 схематически показана предпочтительная форма выполнения установки согласно изобретению.

Позицией 1 обозначен реактор, предварительного нагрева, выполненный в виде реактора предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем, в который через транспортирующий трубопровод 3, входящий в реактор на высоте зоны 2 псевдоожиженного слоя (зоны предварительного нагрева), загружается исходное сырье, содержащее железную руду и присадки. На верхнем конце шахтообразно выполненного реактора 1 предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем осуществляется отсос образующихся в нем и протекающих через него газов через газоотводящий трубопровод 6, оборудованный газоочистительным циклоном 4 и газовым скруббером 5, а также скруббером-Вентури. Эти газы получают как высокоценный газ с теплотворной способностью около  $8000 \text{ КДж/Нм}^3$ , который может использоваться по различному назначению, например, для получения тока с использованием или без использования кислорода.

Предварительно нагретое в реакторе 1 предварительного нагревателя с псевдоожиженным слоем исходное сырье поступает через транспортирующий трубопровод 7 в восстановительный реактор 8, выполненный также с псевдоожиженным слоем, и восстанавливается в нем по большей части окончательно.

Через транспортирующий трубопровод 9 для пневматического транспортирования губчатого железа (с помощью инжектора  $\text{N}_2$ ) - в этом случае может быть использовано и другое устройство для принудительной транспортировки - губчатое железо, полученное в восстановительном реакторе 8 с псевдоожиженным слоем, подается в плавильный газификатор 10, а именно он поступает в него на высоту кипящего слоя III, II и/или на высоте находящегося под ним неподвижного слоя I. Плавильный газификатор имеет один, по меньшей мере, подвод 11 для угля и присадок, а также несколько расположенных на разной высоте сопел 12 для подвода кислородсодержащего газа.

В плавильном газификаторе 10 ниже зоны плавильной газификации, образованной неподвижным слоем I, лежащим над ним слоем II кипящего крупнозернистого кокса и лежащим поверх него слоем III мелкозернистого кокса, с расположенным поверх них раскислительным пространством IV, собирается расплавленный чугун 13 и расплавленный шлак 14, которые по-отдельности сливаются через отверстия 15, 16. В плавильном газификаторе 10 из носителей углерода и кислородсодержащего газа получают газ-восстановитель, который собирается в раскислительном пространстве IV выше кипящего слоя III и отводится через газопровод 17 в восстановительный реактор с псевдоожиженным слоем, а именно, через имеющее форму усеченного конуса, предусмотренное для получения псевдоожиженного слоя 18 или кипящего слоя 18 (зона восстановления), сужение газораспределительного основания 19 восстановительного реактора 8 с псевдоожиженным слоем, имеющего, в основном, шахтообразную форму, по периметру которого с помощью кольцевого трубопровода 20 подводится газо-восстановитель.

Крупные частицы твердого вещества, которые не могут находиться в псевдоожиженном слое во взвешенном состоянии, падают под действием силы тяжести в центральной части. Этот центральный вынос 21 твердого вещества выполнен таким образом, что за счет радиальной по-

дачи газа 22 в цилиндрической части 23 емкости с конусным основанием, расположенным ниже газораспределительного основания 19, имеющего форму усеченного конуса, образуется поток неподвижного слоя, благодаря чему может обеспечиваться удовлетворительное восстановление и крупных частиц.

За счет выполнения газораспределительного основания 19 в виде усеченного конуса происходит изменение скорости по высоте опорожняющейся трубы. Следствием этого является установление более узкого диапазона зернистости. Благодаря соответствующему расположению сопел в газораспределительном основании 19 может быть получен циркулирующий внутри псевдоожиженный слой, скорость которого в центре выше, чем по краям. Образование такого псевдоожиженного слоя может происходить как в восстановительном реакторе 8, так и в реакторе 1 предварительного нагрева.

Часть газа-восстановителя, выходящего из плавильного газификатора, подвергается очистке в горячем циклоне 25, охлаждению в следующем за ним скруббере 26 и с помощью компрессора 27 через газопровод 28 снова смешивается с восстановителем газом, выходящим из плавильного газификатора 10. Пыль, осаждающаяся в горячем циклоне 25, возвращается через инжектор с газом  $N_2$  29 в плавильный газификатор 10. Часть еще не охлажденного газа восстановителя, выходящего из горячего циклона 25, поступает через газопровод 22, образованный кольцевым трубопроводом, в восстановительный реактор 8 с псевдоожиженным слоем над его цилиндрической частью 23.

Газ, отводимый из восстановительного реактора 8 с псевдоожиженным слоем, через газопровод 30, подводится в восстановительный циклон 31, в котором осаждается еще содержащаяся в газе восстановителя фракция мелкозернистая фракция и окончательно восстанавливается. Эта мелкозернистая фракция вводится через транспортирующий трубопровод 32 и инжектор 33 с газом  $N_2$  в плавильный газификатор 10, приблизительно на высоте верхнего конца неподвижного слоя 1.

Частично окисленный газ-восстановитель, выходящий из восстановительного циклона 8, поступает через газопровод 30 в реактор 1 предварительного нагрева с псевдоожиженным слоем, однако при этом для нагрева газа-восстановителя часть его сгорает, а именно в камере 34 сгорания,

в которую входит трубопровод 35, подающий кислородсодержащий газ.

Из восстановительного реактора 8 с псевдоожиженным слоем часть окончательно восстановленного сырьевого материала отводится, приблизительно, на высоте псевдоожиженного слоя 18 с помощью выгружающего шнека 36 и подается с помощью транспортирующего трубопровода 37 через инжектор 33 газа  $N_2$  в плавильный газификатор 10, приблизительно, на высоте верхнего конца неподвижного слоя 1, предпочтительно, вместе с мелкозернистой фракцией, полученной из восстановительного циклона 31.

Мелкозернистая фракция, осажденная в циклоне 4, куда она подводится трубопроводом 6, подающим готовый к употреблению газ, через транспортирующий трубопровод 38 с шлюзовыми затворами 39, которые также установлены и на других транспортирующих трубопроводах 32, 37 для частично или полностью восстановленного газа, подводится через кольцевой трубопровод 20, подводящий газ-восстановитель в восстановительный реактор 8 с псевдоожиженным слоем.

Работа установки согласно фиг. 1 осуществляется следующим образом.

Подготовленная мелкозернистая руда - просеянная и высушенная загружается при следующем распределении зернистости:

0,044 мм = около 20%,  
0,044 6,3 мм = около 70%,  
6,3-12,7 мм = около 10%;

и с влажностью около 2% пневматически или с помощью ленточного транспортера с большим углом подъема или вертикального транспортера в реактор 1 предварительного нагрева. Там происходит предварительный нагрев в зоне 2 псевдоожиженного слоя до температуры около 850°C и вследствие восстановительной атмосферы, в случае необходимости, подвергается предварительному восстановлению приблизительно до стадии вюстита.

Для этого процесса предварительного восстановления газ-восстановитель должен иметь, по меньшей мере, 25%  $CO + H_2$  - для того, чтобы обеспечить достаточную эффективность восстановления.

Затем предварительно нагретая и, в случае необходимости, предварительно восстановленная мелкозернистая руда - преимущественно под действием силы тяжести - поступает в восстановительный реактор 8, в псевдоожиженном или кипящем слое 18 которого мелкозернистая руда в значительной мере восстанавли-



вается при температуре около 850°C до стадии Fe. Для этого процесса восстановления газ должен иметь содержание  $\text{CO} + \text{H}_2$ , по меньшей мере, 68%

В восстановительном реакторе 8 происходит сепарация мелкозернистой руды, причем фракция менее 0,2 мм захватывается в восстановительном циклоне 31 газом восстановителем. Во время сепарации твердого вещества под действием сил, создаваемых в циклоне, происходит окончательно восстановление мелкозернистой фракции руды менее 0,2 мм

Более мелкозернистая фракция, выносимая из псевдоожиженного слоя 18 восстановительного реактора 8 с помощью выгружающего шнека 36, подводится через шлюзовые затворы 39 вместе с осаждающей в восстановительном циклоне 31 мелкозернистой рудой посредством инжектора 33 с газом  $\text{N}_2$  в плавильный газификатор 10 в зону плоскости вдувания кислородсодержащего газа

Более крупная фракция твердого вещества из нижней зоны восстановительного реактора 8 через шлюзовые затворы 39 и с помощью инжектора 9 газа  $\text{N}_2$  или под действием собственной силы тяжести загружается или вдувается в плавильный газификатор 10 в зону кипящего слоя III мелкозернистого кокса

Пыль (преимущественно, с содержанием Fe и C) вводится в горячий циклон 25 через шлюзовые затворы 39 с помощью инжектора 29 газа  $\text{N}_2$  и с помощью кислородопылеугольной горелки в плавильный газификатор 10 в зону между кипящим слоем II мелкозернистого кокса и кипящим слоем крупнозернистого кокса

Необходимые для введения процесса присадки загружаются с целью предварительного нагрева и кальцинирования в крупнозернистом состоянии, предпочтительно, с размером зерен от 4 до 12,7 мм через линию (11) для загрузки угля и в мелкозернистом состоянии, предпочтительно, с размером зерен от 2 до 6,3 мм через линию (3) для загрузки мелкозернистой руды

Для мелкозернистой руды с большей длительностью восстановления, как это представлено на фиг. 2, имеется второй (а также, если необходимо, третий) восстановительный реактор 8' с псевдоожиженным слоем с дополнительным восстановительным (реактором) циклоном 31', включенный с первым восстановительным реактором 8 последовательно или параллельно. Во втором восстановительном реакторе мелкозернистая руда восстанавли-

вается до стадии вюстита, а в первом восстановительном реакторе 8 до стадии Fe

В этом случае фракция твердого вещества, выносимая из псевдоожиженного слоя 18' второго восстановительного реактора с помощью выгружающего шнека 36', загружается вместе с более крупной фракцией твердого вещества из нижней зоны второго восстановительного реактора 8' под действием силы тяжести в первый восстановительный реактор 8. Мелкозернистая руда, осаждающаяся во втором восстановительном циклоне 31', подводится вместе с мелкозернистой рудой осаждающейся в первом восстановительном циклоне 31 с помощью инжектора 33 с газом  $\text{N}_2$  в плавильный газификатор 10 в зону плоскости вдувания кислородсодержащего газа

Если, в случае применения двух восстановительных реакторов 8, 8' с псевдоожиженным слоем и двух восстановительных циклонов 31, 31', не достигается рабочее давление для компенсации потерь давления в системе, газовая смесь, необходимая для реактора 1 предварительно подогрева, доводится с помощью компрессора 40 до необходимого давления. В этом случае газ из второго восстановительного циклона 31 очищается в скруббере 41. Кроме того, сжимается только часть главного потока — другая же часть отводится в виде газа, готового для использования, через трубопровод 42, и смешивается в смесительной камере 43 с кислородсодержащим газом, подводимым по трубопроводу 44, после чего в реакторе 1 предварительного нагрева может произойти частичное сжигание газа восстановителя с целью достижения необходимой температуры предварительного нагрева мелкозернистой руды

Высококачественный, готовый к использованию, газ, полученный при производстве чугуна, может использоваться, как указано выше, для получения электрического тока с или без кислорода. Согласно еще одной предпочтительной форме выполнения, представленной на фиг. 3, готовый к использованию газ после очистки  $\text{CO}_2$  — 45 и нагрева 46 до, приблизительно, 850°C в качестве газа восстановителя, как описано ниже:

Для получения горячебрикетированного железа мелкозернистая руда одинаковой спецификации с помощью газа восстановителя предварительно нагревается и восстанавливается на тех же агрегатах, как и при получении чугуна. Окончательно



восстановленные зернистые фракции из, по меньшей мере, одного восстановительного реактора 8 и из восстановительного циклона 31 вдуваются с помощью инжектора 33 с газом  $N_2$  в загрузочный бункер 47. Альтернативно более крупнозернистая фракция может загружаться под действием силы тяжести из нижней зоны восстановительного реактора 8 в загрузочный бункер 47.

В заключение окончательно восстановленная мелкозернистая руда, металлургическая, приблизительно, на 92%, имеющая температуру, по меньшей мере, 750°C, поступает под действием силы тяжести через шнек 48 предварительного уплотнения с регулируемым двигателем в вальцовый брикетировочный пресс 49.

В нижеследующих примерах представлены типичные параметры способа согласно изобретению, которые обеспечиваются при работе установки согласно изобретению в формах выполнения, показанных на фиг. 1-3.

**Пример. Химический состав угля** (значения в сухом состоянии), %:

C	77
H	4,5
N	1,8
O	7,6
S	0,5
Зола	9,1
C <sub>фикс.</sub>	61,5

**Химический состав руды** (значения во влажном веществе), %:

Fe	62,84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	87,7
CaO	0,73
MgO	0,44
SiO <sub>2</sub>	6,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,49
MnO	0,15

Потери при прокаливании	0,08
Влажность	2

**Распределение зернистости в мелкозернистой руде, %:**

+10 мм	0
10-6 мм	5,8
6-2 мм	44,0
2-0,63 мм	29,6
0,63-0,125 мм	13,0
-0,125 мм	7,6

**Присадки** (значения в сухом веществе), %:

CaO	45,2
MgO	9,3
SiO <sub>2</sub>	1,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,7

MnO	0,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,3
Потери при прокаливании	39,1

Для получения 42 г чугуна в час на установке согласно фиг. 1 газифицировали 42 т угля в час с помощью 29000  $Nm^3O_2$ /час. Расход руды составил при этом 64 т/ч, а расход присадок 14 т/час.

Полученный чугун имел наряду с железом следующий состав, %:

C	4,2
Si	0,4
P	0,07
Mn	0,22
S	0,04

Готовый к употреблению газ, полученный на участке для производства чугуна, составил 87000  $Nm^3$ /час и имел следующий состав, %:

CO	36,1
CO <sub>2</sub>	26,9
H <sub>2</sub>	16,4
H <sub>2</sub> O	1,5
N <sub>2</sub> +Ar	18,1
CH <sub>4</sub>	1
H <sub>2</sub> S	0,02

Теплотворная способность 6780 кДж/ $Nm^3$

При дальнейшем использовании газа, полученного из установки для производства чугуна в процессе изготовления брикетированного в горячем состоянии железа, согласно фиг. 3 можно получить 29 т горячих брикетов в час. Необходимый для этого рецикл-газ составил 36000  $Nm^3$ /час. Брикетированное в горячем состоянии губчатое железо имеет следующий химический состав, %:

Металлизация	92
C	1
S	0,01
P	0,03

Количество готового к употреблению газа, полученного на установке для изготовления горячебрикетированного железа составляет 7900  $Nm^3$ /ч, при этом газ имеет следующий состав, %:

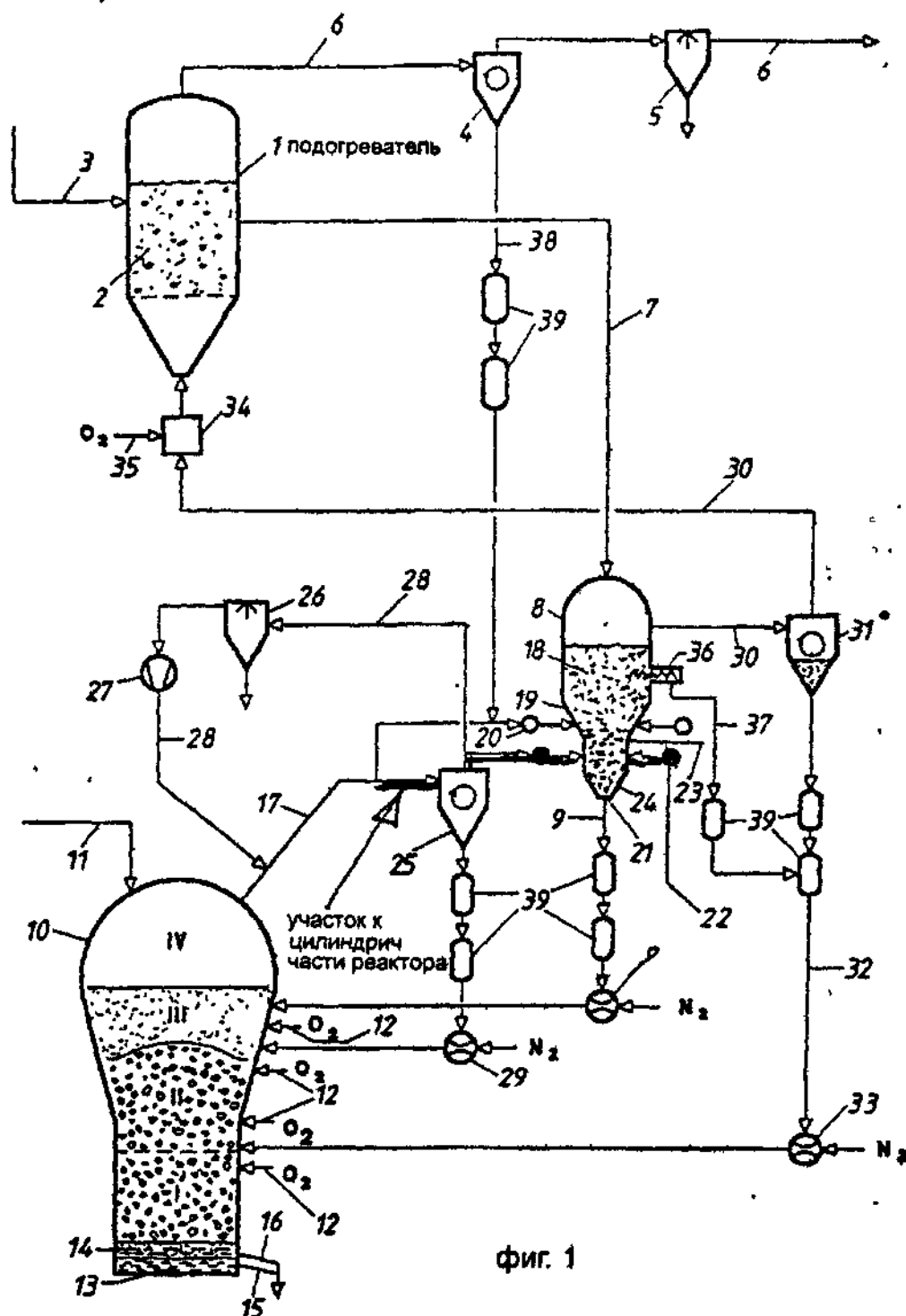
CO	21,6
CO <sub>2</sub>	44,1
H <sub>2</sub>	10,6
H <sub>2</sub> O	2,8
N <sub>2</sub> +Ar	19,9
CH <sub>4</sub>	1

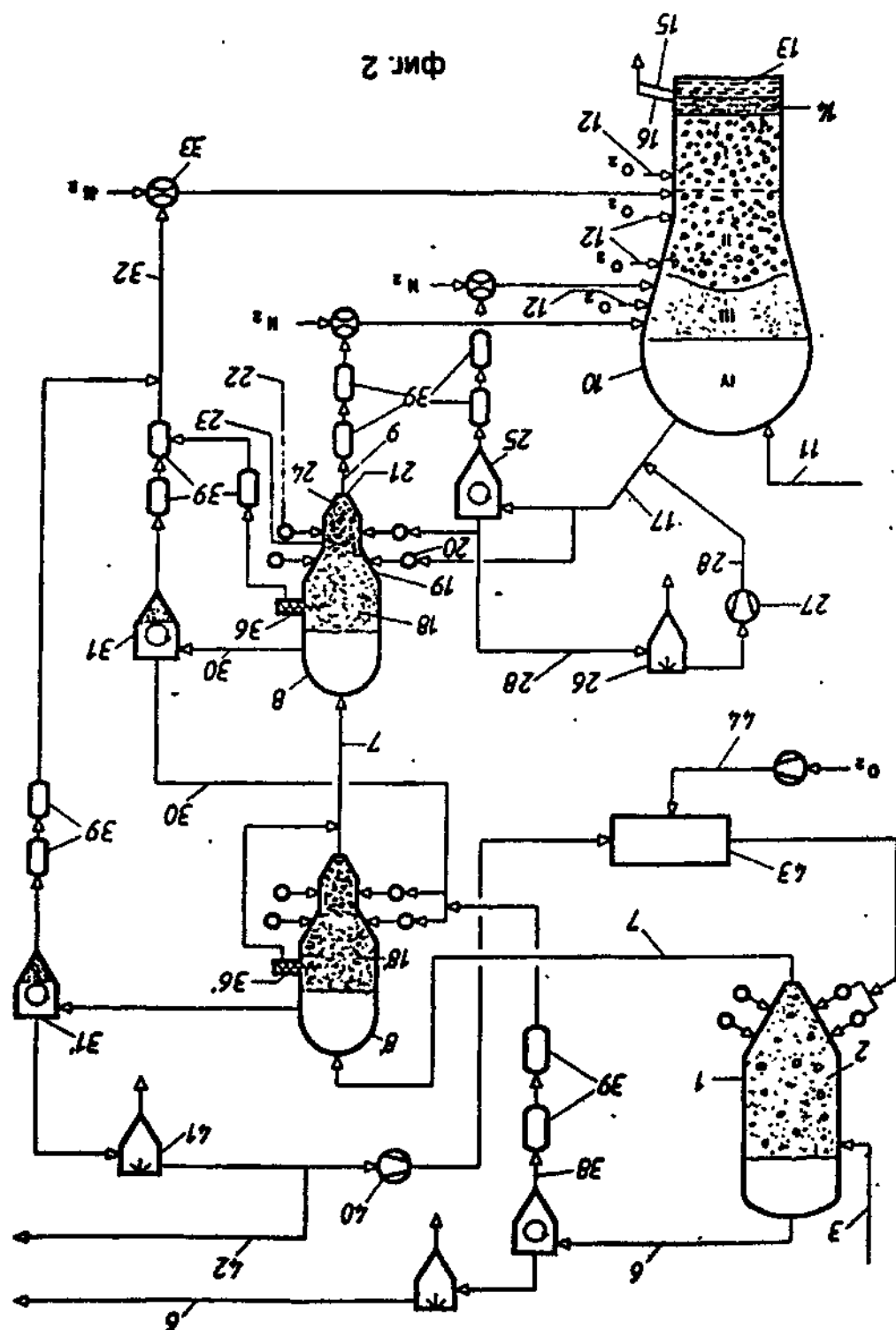
Теплотворная способность 4200 кДж/ $Nm^3$ .

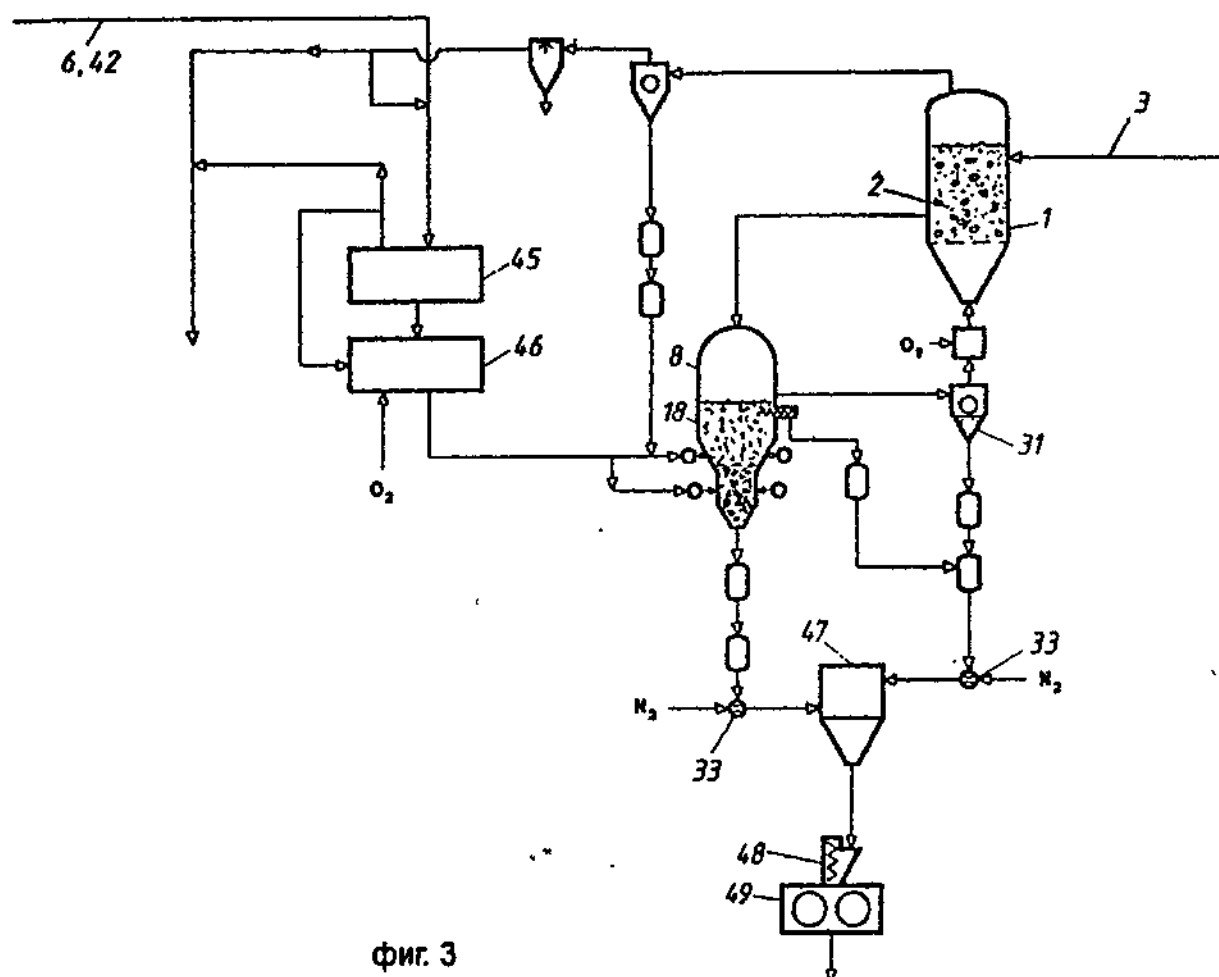
Потребность в мощности электрического тока, необходимого в установке для получения горячебрикетированного железа, составляет 23 МВт. Готовый к употреб-

реблению газ, полученный на установке  
для изготовления горячебрикетированно-

го железа соответствует термической  
мощности 145 МВт







фиг. 3

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор М.Самборська

Замовлення 505

Тираж

Підписне

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

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