

Изобретение относится к металлургии, в частности, к способам и устройствам для получения жидкого чугуна или предпродуктов стали из кусковых исходных материалов, содержащих железную руду.

Наиболее близким к заявляемому является способ получения жидкого чугуна или предпродуктов стали по патенту, согласно которому, исходные материалы восстанавливают в восстановительной шахтной печи с помощью газа, причем полученные восстановленные частицы железа переплавляют в плавильной печи с подачей угля и содержащего кислород газа при одновременном образовании восстановительного газа и восстановительный газ подают в восстановительную зону шахтной печи. Другими словами, в этом способе при применении неметаллургического угля предусматривается дополнительная подача тепла в плавильную печь путем сжигания отделяемых из восстановительного газа частиц угля.

Недостатком этого известного способа является то, что он не обеспечивает возможности использования мелкой руды и/или рудной пыли, например, окисной мелкой железной пыли, в значительных количествах образующейся при перевозках руды и на металлургических предприятиях, поскольку не предусматривает создание специальных условий для преобразования указанных материалов, которые исключили бы возможность вторичного окисления металла.

Из этого же патента известно устройство для получения жидкого чугуна или предпродуктов стали, содержащее восстановительную шахтную печь для кусковой железной руды, плавильную печь с горелками и газопроводом отвода газа.

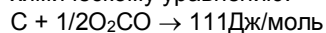
Это устройство также не обеспечивает возможности использовать мелкую руду и/или рудную пыль.

Задачей настоящего изобретения является дальнейшее совершенствование описанного выше способа и создание такого устройства, с помощью которого можно было бы перерабатывать также мелкую руду и/или рудную пыль, как, например, получаемую на металлургических заводах окисную мелкую железную пыль, и именно преимущественно в таком количестве, которое соответствует 20 - 30% обычного применения окисной руды в приведенном выше способе.

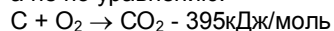
Согласно изобретению, эта задача решается тем, что в известном способе получения жидкого чугуна или предпродуктов стали из кусковых, содержащих железную руду исходных материалов, согласно которому эти материалы восстанавливают в восстановительной шахтной печи с помощью газа, причем полученные восстановленные частицы железа переплавляют в плавильной печи с подачей угля и содержащего кислород газа при одновременном образовании восстановительного газа и восстановительный газ подают в восстановительную зону шахтной печи, дополнительно к исходным материалам используют мелкую руду и/или рудную пыль, например, получаемую на металлургическом заводе окисную мелкую железную пыль, причем мелкую руду и/или рудную пыль подают с твердыми углеродистыми материалами по меньшей мере в одну действующую в плавильной

печи пылеугольную горелку и подвергают субстехиометрическому горению.

При этом существенно, что сгорание в пылеугольной горелке поддерживают таким, чтобы не возникали нарушающие основной процесс компоненты, т.е. реакцию горения поддерживают субстехиометрической по химическому уравнению:



а не по уравнению:



Благодаря этому исключается появление нежелательного для процесса восстановления CO_2 , тогда как образующийся CO переходит затем в технологический газ, а сжиженные частицы пыли переходят в шлак на поверхности ванны плавильной печи. Для этого работу горелки необходимо отрегулировать таким образом, чтобы отношение молярный кислород/топливо, здесь CO_2 к C , составляло более 0,5, предпочтительно 0,6.

Предпочтительный вариант способа по изобретению отличается тем, что восстановленный газ охлаждают и очищают от пыли, а отделенную от газа пыль подают обратно в плавильную печь через пылеугольную горелку вместе с мелкой рудой или рудной пылью и твердыми углеродными материалами. Этим обеспечивается переработка не только содержащейся в восстановительном газе пыли, но мелкой руды или рудной пыли.

Согласно предпочтительному варианту исполнения изобретения, мелкую руду или рудную пыль подают в полученный в плавильной печи неочищенный восстановительный газ и в нем предварительно нагревают и восстанавливают, после чего мелкую руду или рудную пыль вместе с пылью восстановительного газа, отделяют от него и подают в пылеугольную горелку. Этим обеспечивается хорошее смешивание и предварительный нагрев и восстановление смеси мелкой руды с углеродистыми материалами.

При этом целесообразно примешивать твердые углеродные материалы вместе с мелкой рудой или рудной пылью к восстановительному газу.

Следующий предпочтительный вариант исполнения изобретения **отличается** тем, что твердые углеродистые материалы подают непосредственно в пылеугольную горелку, вследствие чего уменьшается влияние этого потока материалов на процесс отделения пыли от восстановительного газа и ее подачу в плавильную печь.

Предпочтительно мелкую руду или рудную пыль подают вместе с твердыми углеродистыми материалами непосредственно в пылеугольную горелку, что позволяет полностью исключить такое влияние.

Согласно еще одному предпочтительному варианту исполнения изобретения, мелкую руду или рудную пыль подают вместе с твердыми углеродистыми материалами, с отделенной от газа пылью через расположенную перед горелкой уравнительную шлюзовую систему в горелку. В результате обеспечивается хорошее смешивание мелкой руды с углеродистыми материалами и отделяемой от газа пылью без существенного влияния на отделяющую пыль систему.

Для предотвращения образования продуктов дегазации в системе, отделяющей пыль от газа, в качестве твердого углеродистого материала применяют предпочтительно кокс.

При непосредственной подаче углеродистых материалов в горелку целесообразно использовать в качестве твердого углеродистого материала уголь, в частности, получаемую в способе по п.1 угольную пыль.

Таким образом, способ по изобретению обеспечивает переработку оксидной мелкой железной пыли, рудной пыли и мелкой железной руды, образующейся при перевозке и на металлургическом заводе, без перестройки основного металлургического производства, т.к. не вносит изменений в параметры основного процесса. При этом можно также отказаться от обычного агломерирования, поскольку способ позволяет вводить эти компоненты в процесс в их исходном состоянии.

Поставленная задача решается также тем, что известное устройство для получения жидкого чугуна или предпродуктов стали, содержащее восстановительную шахтную печь для кусковой железной руды, плавильную печь с горелками и газопроводом отвода газа, дополнительно содержит загрузочное устройство для мелкой руды или рудной пыли, а также загрузочное устройство для твердых углеродистых материалов, которые соединены линией с, по меньшей мере, одной горелкой плавильной печи.

Предпочтительный вариант исполнения изобретения отличается тем, что газопровод, выводящий газ из плавильной печи, снабжен циклоном и подведен к восстановительной шахтной печи, причем циклон через шлюзовую систему, устройство для подачи пыли, например инжектор, и через линию подачи соединен с горелкой плавильной печи, а загрузочное устройство для мелкой руды или рудной пыли соединено загрузочной линией с газопроводом, предусмотренным между плавильной печью и циклоном, причем предпочтительно загрузочное устройство для твердых углеродных материалов соединено с загрузочной линией для мелкой руды или рудной пыли. Такая конструкция обеспечивает подвод мелкой руды или рудной пыли, а также необходимых твердых углеродистых материалов к горелке плавильной печи и их переработку после предварительной обработки в циклоне.

Другой целесообразный вариант исполнения изобретения отличается тем, что загрузочное устройство для твердых углеродистых материалов связано отдельной загрузочной линией с линией подачи, соединяющей устройство для подачи пыли с горелкой. Этим исключается загрузка твердых углеродистых материалов через циклон, что позволяет уменьшить влияние этого дополнительного потока на работу циклона.

Следующий предпочтительный вариант исполнения изобретения отличается тем, что общая для загрузочного устройства для мелкой руды или рудной пыли и загрузочного устройства для углеродистых материалов загрузочная линия введена в шлюзовую систему между циклоном и горелкой. Этим исключается загрузка не только твердых углеродистых материалов, но и мелкой руды или рудной пыли через циклон, что еще

более уменьшает влияние этих дополнительных потоков на работу циклона.

Наконец, целесообразно, чтобы общая для загрузочного устройства для мелкой руды или рудной пыли и загрузочного устройства для углеродистых материалов загрузочная линия была введена в шлюзовую систему между циклоном и горелкой, введена в линию подачи между устройством для подачи пыли и горелкой. В том случае влияние загрузки твердых углеродистых материалов и мелкой руды или рудной пыли на систему очистки восстановительного газа исключается полностью.

Для компенсации разницы давлений в различных частях устройства любая из загрузочных линий может содержать шлюзовую систему, включающую, по меньшей мере, один напорный шлюзовый клапан и пылесборник, а также при необходимости плоскую заслонку.

Заявленные способ и устройство объясняются детальнее ниже с помощью нескольких приведенных на чертеже вариантов исполнения изобретения, где: на фиг.1 схематично приведена основная схема устройства для осуществления способа по изобретению; на фиг.2 - схема устройства, в котором загрузочная линия выходит в расположенную между циклоном с горячим газом и горелкой шлюзовую систему, а именно в последний предусмотренный в этой шлюзовой системе пылесборник; на фиг.3 - схема устройства, в котором загрузочная линия выходит между инжектором и горелкой в ведущую от инжектора к горелке линию; на фиг.4 - схема устройства, в котором к циклону 5 ведет отдельная загрузочная линия для мелкой руды и/или пыли и имеется также отдельная линия для подачи угольной пыли в линию, ведущую от инжектора к горелке, причем в каждой из загрузочной линии предусмотрена отдельная шлюзовая система.

Каждое из устройств, показанных на фиг.1 - 4, состоит из шахтной печи 1 в качестве устройства для восстановления, восстановительная зона которого содержит подвод 2 для загрузки кусковых, содержащие окись железа исходные материалы, при необходимости вместе с добавками. Шахтная печь 1 соединена с плавильной печью 3, связанной газопроводом 4 с шахтной печью 1. В газопроводе 4 предусмотрено устройство для очистки газа 5, выполненное в виде циклона с горячим газом. Для охлаждения восстановительного газа к газопроводу 4 перед циклоном 5 подключен трубопровод 6 для подачи охлаждающего газа.

Плавильная печь 3 имеет подвод 7 для твердых, кусковых углеродистых материалов и подвод 8 для газа, содержащего кислород. В плавильной печи 3 ниже зоны плавления 9 образуется ванна для жидкого шлака и жидкого чугуна, для выпуска которых предназначены отдельные выпускные отверстия 10, 11 (фиг.1) или общее выпускное отверстие 10 (фиг.2, 3 и 4).

Восстановительная зона шахтной печи 1 соединена с плавильной печью 3 трубопроводом 12 через разгрузочный шнек 13. К шахтной печи 1 примыкают отвод 14 для образующегося в зоне восстановления газа и устройство для очистки газа 15.

Циклон с горячим газом 5 посредством

шлюзовой системы 16 связан с, по меньшей мере, одной горелкой 17 плавильной печи 3 через приводимый в действие с помощью газообразного азота инжектор 18. Шлюзовая система 16 образована из емкостей для пыли 19 и расположенных между ними заслонок 20 - это газо- и материалоплотные запорные органы, плоских заслонок 21, а также, по меньшей мере, одного дозирующего органа, например, барабанного шлюза 22, и вставной заслонки 23. Между инжектором 18 и горелкой установлены еще одна вставная заслонка 23 и далее шаровой кран 24.

Согласно приведенному на фиг.1 варианту исполнения, к газопроводу 4, связывающему плавильную печь 3 и циклон с горячим газом 5, подключена загрузочная линия 25 для подачи смеси коксовой пыли и мелкой руды и/или рудной пыли. Для подачи мелкой руды и/или рудной пыли, а также коксовой пыли имеются отдельные барабанные шлюзы 26, 27 сборников 28, 29 перед общим смесительным бункером 30, который через шлюзовую систему 31, состоящую из плоских заслонок 21, емкостей с пылью 19 и расположенных между ними запорных шлюзовых клапанов 20, а также следующего дозирующего органа 22, связан с газопроводом 4. За следующим дозирующим органом 22, например, барабанным шлюзом, к загрузочной линии 25 подключен подвод азота 32.

Согласно приведенному на фиг.2 варианту исполнения, загрузочная линия 25 выходит в расположенную между циклоном с горячим газом 5 и горелкой 17 шлюзовую систему 16, а именно, в последний предусмотренный в этой шлюзовой системе 16 пылесборник 19.

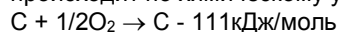
Согласно приведенному на фиг.3 варианту исполнения, загрузочная линия 25 выходит между инжектором 18 и горелкой 17 в ведущую от инжектора к горелке линию подачи 33, посредством чего также исключается влияние на работу циклона 5.

Согласно приведенному на фиг.4 варианту, к циклону 5 ведет отдельная загрузочная линия 25 для мелкой руды и/или пыли и имеется также отдельная линия 25 для подачи угольной пыли в линию подачи 33, ведущую от инжектора 18 к горелке 17, причем в каждой загрузочной линии 25, 25 предусмотрена отдельная шлюзовая система 31, 31.

Реализуется способ получения жидкого чугуна или предпродуктов стали и работает устройство для его осуществления следующим образом.

Кусковые, содержащие железную руду исходные материалы, при необходимости вместе с добавками, загружают через подвод 2 в восстановительную зону восстановительной шахтной печи 1, где осуществляют их восстановление с помощью поднимающегося вверх восстановительного газа. Восстановленная в шахтной печи 1 в зоне восстановления кусковая руда вместе с сжигаемыми в зоне восстановления добавками по соединяющему шахтную печь 1 с плавильной печью 3 трубопроводу 12 подается в плавильную печь 3, например, с помощью разгрузочного шнека 13, где ее расплавляют при подаче в плавильную печь 3 угля по трубопроводу 7 и содержащего кислород газа по трубопроводу 8. При этом образуется восстановительный газ,

который по трубопроводу 4 через циклон 5 подают в восстановительную зону шахтной печи 1. Дополнительно к исходным материалам в плавильную печь 3 с помощью инжектора 18 подают мелкую руду и/или рудную пыль, например, получаемую на металлургическом заводе окисную мелкую железную пыль, которую вместе с твердыми углеродистыми материалами подают в пылеугольную горелку 17 плавильной печи 3, где эта смесь преобразуется во время субстехиометрической реакции горения, которая происходит по химическому уравнению:



Возникающий в результате субстехиометрической реакции CO переходит в восстановительный газ. Плавящиеся вследствие теплоты сгорания частицы пыли поступают в шлак на поверхности ванны. Газ, образующийся в зоне восстановления шахтной печи, выводится через отвод 14, и после прохождения через устройство для очистки газа 15 часть его по трубе 6 подается в качестве охлаждающего газа в газопровод 4.

Шлюзовая система 16 с емкостью для пыли 19, заслонками 20, 21, 23 и шлюза 22, служит для преодоления разности давления между циклоном с горячим газом 5 и горелкой 17, а именно зоной более низкого давления в горелке 17. Восстановительный газ проходит через циклон 5 и освобождается от содержащейся в нем пыли, которая затем подается через шлюзовую систему 16 к горелке 17 плавильной печи 3 через приводимый в действие с помощью газообразного азота инжектор 18.

В газопровод 4, предусмотренный между плавильной печью 3 и циклоном с горячим газом 5, подается смесь коксовой пыли и мелкой руды и/или рудной пыли через загрузочную линию 25, причем происходит смешивание, предварительный нагрев и предварительное восстановление подаваемой смеси в циклоне с горячим газом 5, который затем работает как восстановительный циклон. Вследствие применения коксовой пыли избегают образования продуктов дегазации в шлюзовой системе 16. Мелкая руда и/или рудная пыль, а также коксовая пыль, подаются через отдельные барабанные шлюзы 26, 27 сборников 28, 29 в общий смесительный бункер 30, из которого смесь через шлюзовую систему 31, состоящую из расположенной в загрузочной линии плоских заслонок 21, емкостей с пылью 19 и расположенных между ними запорных шлюзовых клапанов 20, а также следующего дозирующего органа 22, подается в газопровод 4. С помощью шлюзовой системы 31 устраняется разность давления между смесительным бункером 30 и газопроводом 4.

Таким образом, в описанных способе и устройстве окисную мелкую железную пыль, мелкую руду и/или рудную пыль смешивают с углеродистыми материалами и затем полученную смесь сжигают в пылеугольной горелке по стехиометрической реакции, благодаря чему удается переработать указанные мелкодисперсные железосодержащие компоненты, которые в значительных количествах образуются на металлургическом производстве. При этом их переработка не требует перестройки основного металлургического производства, т.к.

не вносит изменений в параметры основного процесса.

Устройство, показанное на фиг.2, работает в целом так же, как и уже описанное устройство, однако этот вариант является предпочтительным в том случае, в частности, когда необходимо загружать большое количество мелкой руды. Здесь эта руда подается в последний пылесборник 19 шлюзовой системы 16, благодаря чему исключается влияние ее подачи на работы циклона с горячим газом 5.

В варианте, изображенном на фиг.3, мелкая руда и углеродсодержащий материал подаются в питающую горелку 17, линию подачи 33 уже после инжектора 18. Особое преимущество этого варианта состоит в том, что вместо коксовой пыли можно использовать угольную пыль, так как дегазация угля происходит лишь в плавильной печи и не может помешать отводу пыли в циклоне 5 или шлюзовой системе 16.

Согласно приведенному на фиг.4 варианту исполнения мелкая руда и/или рудная пыль загружается в ведущий к циклону 5 газопровод 4 через загрузочную линию 25 отдельно от угольной пыли, а угольная пыль отдельно загружается в ведущую от инжектора 18 к горелке 17 линию подачи 33 через отдельную загрузочную линию 25, причем в отдельных шлюзовых системах 31, 31 достигается подготовка к различным давлениям газопровода 4 и линии подачи 33. При этом преимущество восстановления рудной пыли в циклоне сочетается с преимуществом загрузки угля, так что здесь так же, как в приведенном на фиг.3 варианте, возможно использование угольной пыли, возникающей при просеивании и сушке угля.

Пример 1. Пример реализации способа по приведенному на фиг.1 варианту:

анализ пыли в восстановленном газе на выходе плавильной печи был следующий, вес. %:

Fe	31,8
C	50,5
CaO	3,0
MgO	0,8
SiO ₂	8,3
Al ₂ O ₃	5,6

Содержание пыли в восстановительном газе составило 150г/м³ (в нормальных условиях).

Анализ используемой мелкой руды (влажной) для руды из Сан Исидора (Бразилия) приведен в нижеследующей таблице, вес. %:

Fe ₂ O ₃	92,02 (65,41%)
CaO	0,09
MgO	0,05
SiO ₂	1,16
Al ₂ O ₃	0,47
MnO	0,05
Потери при отжиге	2,85
Влажность	3,08
Остатки, прочие	0,32

Распределение величин зерен мелкой руды составило, вес. %:

< 20мкм	2
20 - 63мкм	16
125 - 63мкм	35
250 - 125мкм	39
> 250мкм	8

Была загружена и расплавлена мелкая руда, составляющая 30 весовых процентов используемого Fe.

Анализ используемого кокса был следующий,
вес. %:

C	97,2
H	0,12
N + O	1,71
S	0,97
C _{fix}	88,10
Содержание золы	11,3

Предварительное восстановление мелкой руды в газопроводе 4 и в циклоне 5 составило 53 весовых процента. Для восстановления в горелке 17 применялись 50кг кокса и 311м³ (в нормальных условиях) O₂ на одну тонну мелкой руды.

Было получено 9,3т чугуна/час с общим расходом руды 14,8т/час. Полученный в плавильной печи 3 чугуна имел наряду с железом следующие компоненты (в вес. %):

C	3,9 - 4,2
Si	0,4 - 0,6
P	0,012
Mn	0,1
S	0,04 - 0,06

Пример 2. При одинаковой загрузке мелкой руды согласно приведенному на фиг.4 варианту вместо кокса использовался уголь.

Анализ применяемого угля:

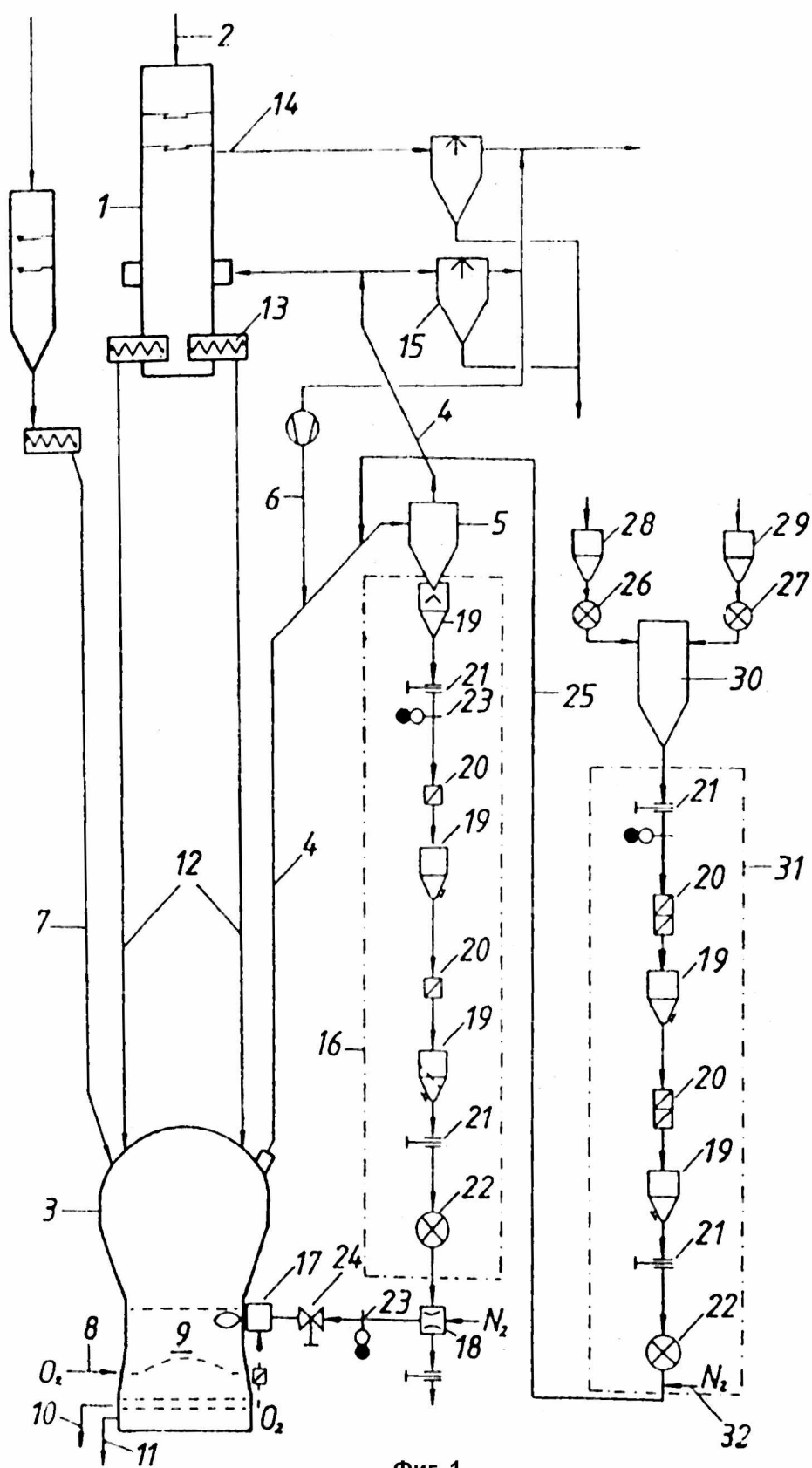
C	81,4%
H	4,8%
N	1,4%
O	5,8%
S	0,5%
C _{fix}	62,9%
Содержание золы	6,2%

Расход угля составил 376кг и расход O₂ 460м³ на тонну мелкой руды.

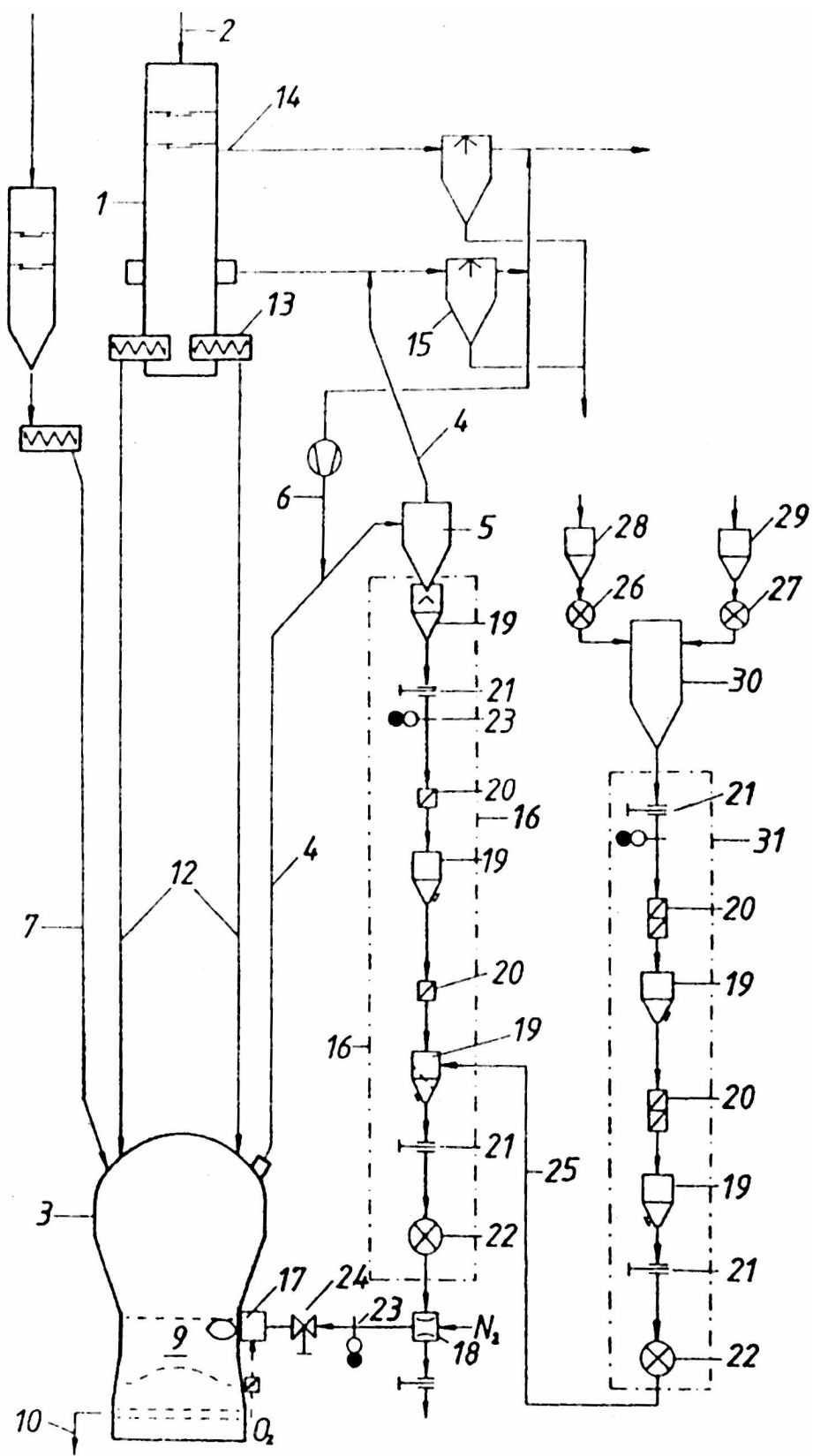
Было получено 9,1т чугуна/час с общим расходом руды 14,5т/час. Полученный в плавильной печи чугуна имел наряду с железом следующие компоненты, вес. %:

C	3,9 - 4,2
Si	0,4 - 0,6
P	0,01
Mn	0,1
S	0,04 - 0,06

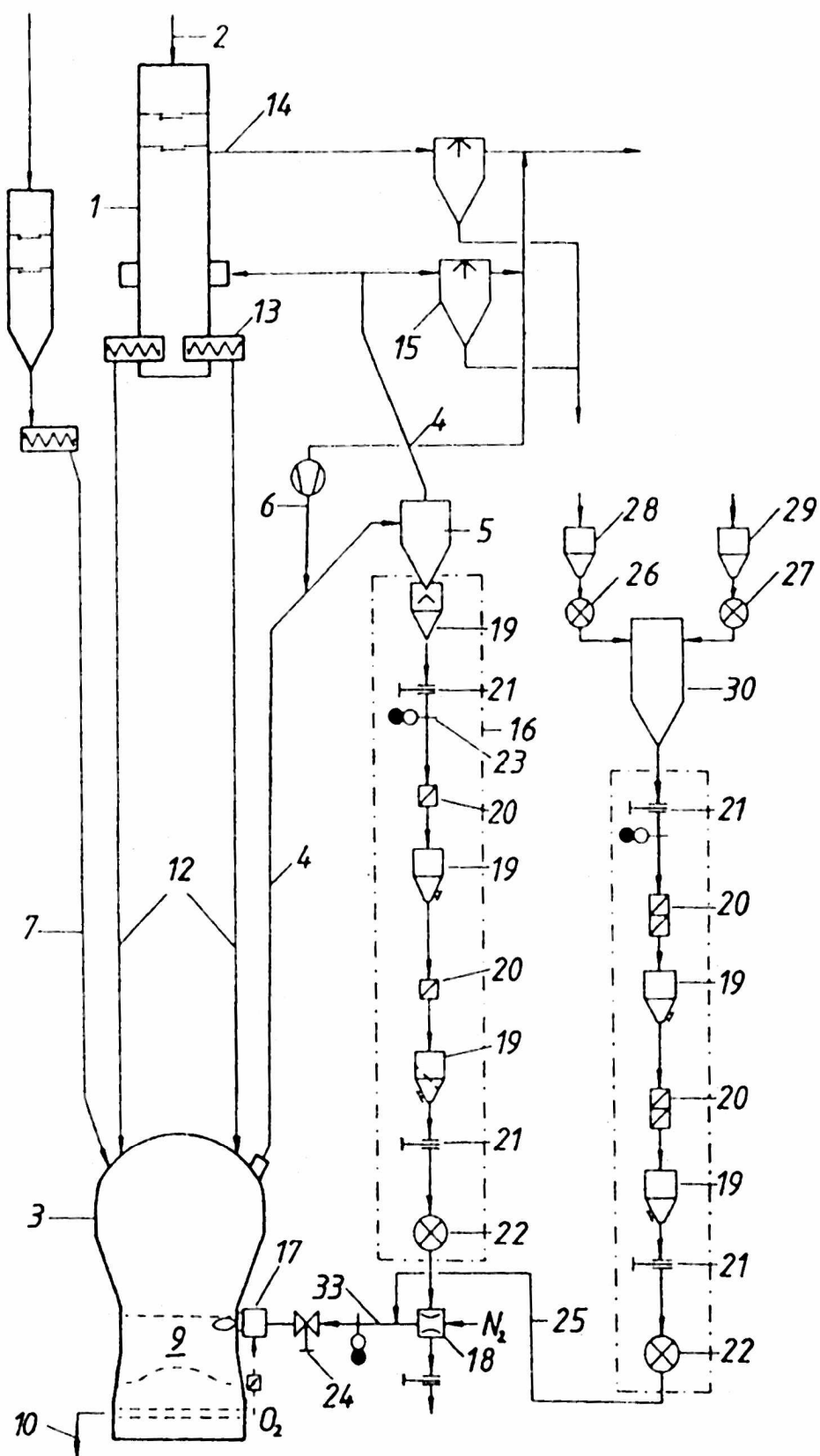
Таким образом, настоящее изобретение решает задачу использования мелкой руды и/или рудной пыли, как, например, получаемой на металлургических заводах мелкой окисной железной пыли, преимущественно в таком количестве, которое соответствует 20 - 30% обычного применения окисной руды.



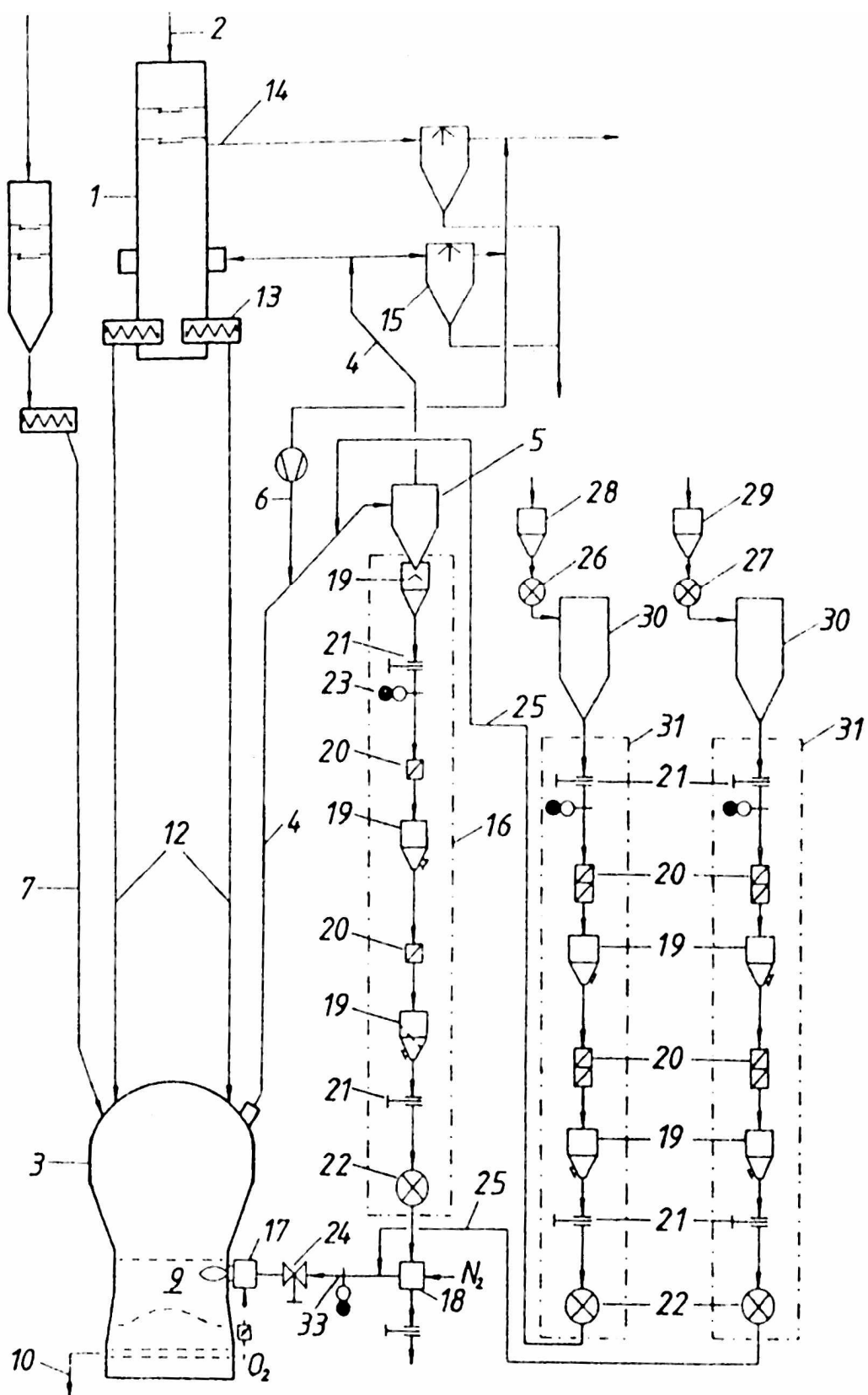
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4