



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

(11) 976856

(61) Дополнительный к патенту -

(22) Заявлено 02.07.76(21) 2380853/22-02

(23) Приоритет - (32) 04.07.75.

(31) 7507696-8 (33) Швеция.

Опубликовано 23.11.82Бюллетень № 43

Дата опубликования описания 23.11.82.

(51) М. Кл.³

С 21 В 13/12

(53) УДК669.181.

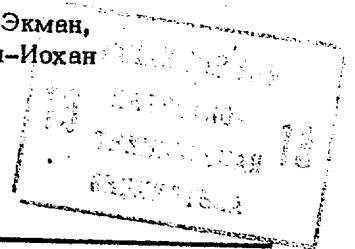
.27(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Иностранцы
Ингвар Антон Олоф Эденволл, Дуглас Северин Экман,
Ханс Ивар Элвандер, Карл Геран Герлинг, Карл-Иохан
Сигвард Хеллестам и Карл-Аксель Мелкерссон
(Швеция)

(71) Заявитель

Иностранная фирма
"Болиден Актиеболаг"
(Швеция)



(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА
ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МАТЕРИАЛА

1

Изобретение относится к способам получения восстановленного продукта из тонкоизмельченных материалов на основе окислов металла, таких как концентраты руд или окисные промежуточные продукты.

Известен способ получения восстановленного продукта по которому тонкоизмельченный сырьевой материал, содержащий окислы железа, частично восстанавливают в реакторе с псевдооживленным слоем, после чего тонкоизмельченный частично восстановленный материал вводят вместе с тяжелыми жидкими углеводородами во второй реактор с псевдооживленным слоем, в котором образуются агломераты, состоящие из частично восстановленного окисла железа и кокса, причем кокс получают из указанного углеводорода и он служит в качестве связующего между тонкоизмельченными частицами восстановленного окисла железа [1].

До появления указанных способов агломерации разработки в данной области техники были направлены на совершенствование различных видов спекания в пламени

2

или мгновенного спекания. Основной принцип методов мгновенного спекания заключается в обеспечении падения тонкоизмельченного окисного материала в вертикально установленной, цилиндрической в общем случае, реакционной камере, выполненной, например, в виде шахты или колонны, в контакте с горячими газами-продуктами сгорания, причем указанный материал нагревают до температуры, при которой в нижней части шахты образуется спеченная масса или расплав окислов. Обработанный материал охлаждают и выгружают из шахты с применением ряда различных способов [2].

Однако мгновенное спекание до сих пор не получило широкого распространения, так как расплавленный окисел воздействует на кирпичную облицовку шахты. Эта проблема, однако, может быть решена за счет охлаждения шахты таким образом, чтобы ее стенки оказывались покрытыми коркой застывшего материала.

Кроме того, возникают трудности в управлении процессом, спекшийся матери-

25

ал легко приобретает такую консистенцию, которая затрудняет восстановление материала в ходе последующего процесса обработки. Возникают серьезные механические проблемы при выгрузке подобного компактного спекшегося материала из нижней части шахты, поскольку спекшийся материал после охлаждения приобретает псевдомонолитный характер, т.е. ведет себя подобно монолитному материалу, будучи при этом продуктом спекания.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ получения металлического расплава из измельченного материала, включающий его загрузку в печь, частичное восстановление газообразными продуктами горения и последующее окончательное восстановление углеродом [3].

Согласно известному способу применяются чистый газ богатый СО, из которого выпадает сажа и осажается на материале, состоящем из окислов железа, при относительно низкой температуре (400-600°C).

Полученный частично восстановленный продукт еще содержит 80-85% от первоначального количества кислорода в исходном сырье. Основная часть восстановительного процесса проводится на следующей высокотемпературной стадии, которая из-за низкой степени восстановления, достигнутой на стадии первого восстановления, требует подачи значительного количества энергии.

Цель изобретения - интенсификация процесса.

Поставленная цель достигается тем, что по способу получения металлического расплава из измельченного железорудного материала, включающему загрузку его в печь, частичное восстановление газообразными продуктами горения и последующее окончательное восстановление углеродом, частичное восстановление осуществляют совместно с расплавленным путем тангенциальной подачи железорудного материала, твердого углеродистого восстановителя и кислородсодержащего газа в факел горения, а довосстановление осуществляют остаточным твердым восстановителем, присутствующим в расплавленном материале.

Предусматривается полное или частичное использование сульфидного сырья для производства частично восстановленного продукта.

На фиг. 1 схематически изображена установка для реализации способа; на

фиг. 2 и 3 - два варианта модифицированных конструкций шахты.

Установка состоит из шахты или колонны 1, в которой окисел железа плавится и частично восстанавливается. Нижняя часть шахты 1 входит непосредственно в реакторную зону 2, в которой частично восстановленный окисел железа окончательно восстанавливается и плавится с образованием расплавленного железа.

Образуемые газы вместе с некоторым количеством пыли и испарившихся или газифицированных компонентов загруженных материалов отводятся из верхней части шахты 1 через выходной трубопровод 3, который позволяет к приспособлениям для очистки указанных газов и извлечения содержащегося в них тепла.

Эти приспособления содержат паровой бойлер 4, циклонное устройство 5 и газоочистительное приспособление 6, спроектированное например на мокрую газоочистку,

из которого очищенные газы (основная часть содержащегося в них тепла извлечена) выводятся через трубопровод 7 в дымовую трубу. Верхняя часть шахты 1 и трубопровод выхлопных газов выполнены из металлических труб, по которым циркулирует кипящая вода. Трубопровод 3 выхлопных газов для удобства снабжен приспособлениями для очистки облицованных стенок труб от отложений. Защитное покрытие можно обеспечить из железокислого материала, намороженного на стенки шахты, оборудованные трубами.

Эти стенки могут быть снабжены шпильками или штырями, введенными в стенку для облегчения намораживания расплавленного материала. Образующий в трубах пар отделяется вместе с паром парового бойлера 4 в колпаке 8, из которого отделенный пар пропускается по трубопроводам 9 и 10 к конденсаторной турбине 11 по перегретой части (не показана) образующей часть бойлера 4. Пропускаемый через турбину пар конденсируется в охладителе 12 и образующий в охладителе конденсат, отводимый по трубопроводу 13, может возвращаться в бойлер 4. Когда пар низкого давления или горячая вода требуются для другого применения, турбина 11 может быть заменена турбиной противодавления.

В своде шахты 1 располагается кольцо из горелок 14 для подачи в шахту 1 тонкоизмельченных окисла железа, угля или другого углеродистого или углеродсодержащего восстановительного реагента,

известняка и/или других шлакообразователей или флюса, возвратной пыли из парового бойлера 4 и циклонного устройства 5 и кислородного или другого газа, предназначенного для процесса горения, например воздуха, или воздуха, обогащенного кислородом. В этом случае кислород содержащий газ, подающийся к горелке 14, получают на установке 15 производства кислородного газа, на которую подается сжатый воздух из компрессора 16, приводимого турбиной 11. Компрессор 16, снабжен трубопроводами ввода 17 и вывода 18 воздуха.

Оксиды железа, уголь известняк и возвратная пыль накапливаются в бункерах 19-22, из которых они выводятся в надлежащих пропорциях и загружаются в смесительный и уравнивающий бункер 23 с помощью ленты конвейера 24. Эта смесь материалов подается из бункера 24 к горелкам 14 по трубопроводам 25 и 26. Кислородный газ подается к горелкам по трубопроводам 27 и 28, из которых он поступает в трубопроводы 26.

Горелки 14, из которых две показаны на фиг. 1, направлены наклонно вниз и по касательной к воображаемой окружности в нижней части шахты 1. Диаметр этой воображаемой окружности составляет приблизительно четверть диаметра шахты, а расположение и угол наклона горелок таковы, что выбрасываемый из них материал направляется на периферию воображаемой окружности в областях, расположенных симметрично по кругу. Дополнительный кислородсодержащий газ для окончательного сжигания материала подается к верхней части шахты 1 по горизонтальным форсункам 29, которые подпитываются из трубопровода 27, отходящего от трубопровода 30. Форсунки 29 направлены тангенциально главным образом для того, чтобы потоки кислородного газа, поступающего из них, были тангенциальны воображаемой окружности, диаметр которой составляет приблизительно треть диаметра шахты.

Во время своего прохождения из горелок 14 вниз по шахте 1 оксиды железа плавятся и частично восстанавливаются, уголь преобразуется в кокс, а известняк выгорает. Возвратная пыль, состоящая главным образом из оксида железа, также плавится и частично восстанавливается. Расплавленный и частично восстановленный оксиды железа вместе с коксом и выгоревшим известняком достигает верхней поверхности слоя материала реакторной

зоны, расположенной в нижней части шахты. В верхней зоне указанного слоя материала расплавленный оксид железа реагирует с коксом с обеспечением дальнейшего частичного восстановления оксида железа с охлаждением. Образующийся в слое материал затем приобретает полужидкую или пастообразную консистенцию.

Железоокисный материал окончательно восстанавливается и плавится в реакторной зоне 2 с дальнейшим потреблением кокса, в результате чего образуется расплавленное железо. Последнее собирается вместе с расплавленным шлаком в нижней части реакторной зоны, откуда они отводятся либо непрерывно, либо периодически через выпускное приспособление 31. Загружаемое количество угля подбирают так, чтобы на ванне железа и шлака поддерживался слой кокса. При прохождении через слой кокса, содержание железа в расплавленном шлаке понижается, при восстановлении образуется кремний, а образовавшееся расплавленное железо науглероживается.

Энергия, требуемая для плавления и окончательного восстановления оксида железа, подается в реакторную зону 2 с помощью электроиндуктивного нагрева содержащегося в ней материала. С этой целью вокруг реакторной зоны 2 установлена индукционная обмотка 32, питаемая переменным током от генератора 33 через преобразователь 34.

При таком индукционном нагреве, вырабатываемая на единицу объема энергия в слое материала возрастает от центра реакторной зоны к ее периферии. Соответственно, загружаемый в слой материал будет перемещаться наклонно вниз и наружу в ходе продолжающегося восстановления оксида железа и плавления (фиг. 1).

Состоящая главным образом из оксида железа пыль отделяется в бойлере 4 и циклонном устройстве 5. Эта пыль выводится на конвейерные ленты 35 и 36 и пропускается с помощью приспособлений (не показаны) к одному из бункеров 19-22, используемому для хранения возвратной пыли. Выделяемые из материала в ходе процесса металлы, такие как свинец и цинк в виде мелкозернистых оксидов и трехокись мышьяка в парообразной форме, проходят через паровой бойлер 4 и циклонное устройство 5 и отделяются в твердом виде в газоочистном устройстве 3. Высаживаемая в газоочистительном устройстве 6 пыль удаляется по трубопроводу 37 на отдельную обработку и таким

образом не возвращается в бункеры 19-22.

Нарабатываемый в шахте 1, трубопроводе 3 отходящих газов и паровом бойлере 4 пар используется для работы турбины 11, которая в дополнение к компрессору 16 также приводит во вращение генератор 33.

За счет регулирования подачи горючего материала, энергия вырабатываемая в шахте 1 мгновенного плавления, может быть отрегулирована так, чтобы количество пара, нарабатываемого в системе, было достаточным для покрытия энергии, требуемой для плавления и восстановления и для работы оборудования 15 по выработке кислородного газа.

Для работы этой установки, имеющей производительность 30 тонн расплавленного чугуна в час, полный процесс требует около 590 кг угля на тонну чугуна с теплотворной способностью 26,4 ГДж/т (6,3 Гкал/т). В этой ситуации процесс становится самообеспечивающимся в отношении энергии, требуемой для плавления и восстановления окислов железа и производства кислородного газа при нормальных условиях эффективности на различных стадиях преобразования энергии, таких как бойлер, турбина, генератор, преобразователь и т.д. Таким образом, процесс характеризуется в первичной энергии в виде угля, составляющей всего 15,6 ГДж (3,7 Гкал) на тонну чугуна. Для сравнения потребность в первичной энергии для обычного доменного процесса составляет 18,2 ГДж/т (4,35 Гкал/т), включая производство кокса. Кроме того, при осуществлении предлагаемого способа может использоваться уголь много худшего качества, чем уголь, применяемый для производства доменного кокса.

Шахта показанная на фиг. 2 имеет верхнюю 38 и нижнюю 39 зоны и является частью установки того же общего типа, что изображенная на фиг. 1, но приспособлена для производства расплавленного чугуна из тонкоизмельченных пиритных концентратов. Нижняя часть шахты непосредственно сливается с реакторной зоной, в которой частично восстановленный окисел железа окончательно восстанавливается и плавится с образованием расплавленного чугуна. В своде шахты 1 располагается кольцо горелок 40, которые в шахту подается тонкоизмельченный концентрат, известняк и/или другие шлакообразователи или флюс, возвратная пыль и кислородсодержащий газ

или некоторые другие газы, такие как воздух или обогащенный кислородом воздух, для поддержания горения или обжига. В этом варианте исполнения устройства твердый материал пропускается к горелкам 40 по трубопроводам 41 и 42, а кислородный газ - по трубопроводу 43 и трубопроводам 44 и 45, ответвляющимся от трубопровода 43. Горелки (показаны только две) направлены наклонно вниз и по касательной к воображаемой окружности, диаметр которой меньше наименьшего размера в сечении шахты, так, чтобы в шахте возникало вихревое движение. Кислородный газ также подается в шахту 1 через горизонтальные форсунки 46, которые подпитываются от трубопроводов 44 через трубопроводы 47, ответвляющиеся от трубопроводов 44. Эти форсунки направлены тангенциально с тем, чтобы поддерживалось создаваемое ими вихревое движение.

Могут быть предусмотрены также дополнительные форсунки 48 и 49 для подачи кислородного газа на требуемые уровни зоны 38 и/или зоны 39, которые подведены от трубопроводов 44 (фиг. 2). Форсунки 50 размещены, по существу, тем же образом, что и горелки 40. Через них в шахту подается твердый углеродистый или углеродсодержащий восстановительный реагент, который поступает из трубопроводов 51 и 52, причем он подвергается преобразованию в кокс при температуре, доминирующей в шахте. В этом варианте газоносителем для восстановительного реагента является кислородный газ, который поступает к форсункам 50 по трубопроводам 53, ответвляющимся от трубопроводов 44.

В ходе прохождения от горелок 40 через зону 38 шахты 1 концентраты обжигаются, а возвратная пыль вместе с обожженными продуктами плавится. При продолжающемся прохождении этих продуктов через зону 39 шахты окисел железа и возвратная пыль частично восстанавливаются в определенной степени. Расплавленный и частично восстановленный окисел железа вместе с образованным из восстановительного реагента коксом и прогоревшим известняком подаются на поверхность 54 слоя материала, присутствующего в нижней части шахты 1 и реакторной зоне 2. Расплавленный окисел железа реагирует в верхней зоне слоя с коксом с одновременным дальнейшим восстановлением и охлаждением. Затем

материал в слое приобретает полужидкое или пастообразное состояние.

Железоокисный материал окончательно восстанавливается и плавится в реакторной зоне 2 с потреблением дальнейшего количества кокса, в результате чего образуется жидкий чугу́н, а расплавленный шлак накапливается в нижней части реакторной зоны. В ходе процесса восстановления образуются газы, содержащие окись углерода, которые проходят вверх через шахту вместе с газами, образующимися в ходе коксования. Эти газы частично окисляются в ходе реагирования с расплавленным окислом материала в зоне 39 и окончательно сгорают с кислородным газом, пропускаемым через форсунки 46, или в случае необходимости, через форсунки 48. Расплавленный чугу́н и шлак выводится через приспособление 31. Количество восстановительного реагента, загружаемое в шахту, подбирают таким, чтобы на ванне чугу́на и шлака поддерживался слой кокса. При прохождении через слой кокса в расплавленном шлаке снижается содержание железа, при восстановлении образуется кремний, а расплавленный чугу́н науглероживается.

Требуемая для осуществления плавления и окончательного восстановления частично восстановленного окисла железа энергия подается в реакторную зону посредством электроиндуктивного нагрева содержащегося в ней материала. Для этого вокруг реакторной зоны предусмотрена индукционная обмотка, которая питается переменным током.

Часть физического тепла выпускаемого шлака может быть извлечена за счет использования указанного тепла для обжига известняка, который впоследствии используется в процессе в качестве шлакообразователя. С этой целью чугу́н и шлак пропускается из выпускного приспособления 31 к шлакоотделяющему приспособлению 55, из которого расплавленные шлак и чугу́н выгружаются по разным каналам.

Часть шлака пропускается в резервуар 56, где он взаимодействует с содержащим известняк материалом, который загружается в резервуар 56 через ввод 57. Затем известняк обжигается, а шлак затвердевает, при выделении двуокиси углерода, выводимой через выпуск 58. Горячая смесь шлака и обожженного известняка размальевывается в устройстве 59 до требуемого размера частиц, за-

тем она загружается в шахту, предпочтительно еще в нагретом состоянии, и либо через бункер для хранения шлакообразователя, либо прямо, поступает к горелкам 40. Остаточный шлак, не используемый для обжига известняка, выгружается по трубопроводу 60.

Из зоны 38 (фиг. 3) может быть использован газ, имеющий относительно высокое содержание серы, из которого может быть извлечена сера в элементарной форме, например, с применением процесса Клауса. Для этого необходимо чтобы газ содержал и H_2S и SO_2 , которые в процессе Клауса реагируют друг с другом с образованием H_2O и S . С этой целью используется смесь паров воды и кислородного газа в качестве газа-носителя для материала, поступающего через горелки 40. Подобная смесь загружается также через форсунки 46. Когда в верхней части зоны 38 есть форсунки 48, они могут подавать газ, более обогащенный паром, чем тот, который поступает через форсунки 46. Газ-носитель, используемый для загружаемого через трубопроводы 51 и 52 восстановительного реагента, состоит, по существу, полностью из кислорода, который подается по трубопроводам 60, от которых могут ответвляться трубопроводы 61 для питания форсунок 62. Последние могут быть расположены тем же образом, что и форсунки 49 на фиг. 2, и служат для, по меньшей мере, частичного сжигания горючего газа в верхней части шахтовой зоны 39. Выгоревший газ отбирается из зоны 39 через выпускной трубопровод 63 с тем, чтобы предотвратить разбавление обжигового газа. Остаточное теплосодержание выводного газа может быть извлечено в паровом бойлере тем же путем, что и показанное, на фиг. 1.

Благодаря простоте устройства для реализации предлагаемого способа и тому, что установка не требует наличия коксопроизводящих систем спекания, а в некоторых случаях даже и отдельных обжиговых систем, капитальные затраты оказываются существенно ниже, чем сопряженные с обычным доменным процессом, даже для относительно небольших установок в расчете на тонну емкости.

Пример. В зону обжига шахты загружают 20 440 кг/ч концентрата сульфида свинца, имеющего 75 вес.% свинца. В печь за тот же период загружают 1500 кг известняка, 310 кг кокса,

170 кг тяжелого топливного масла и 6000 кг возвратной пыли, по существу в виде сульфатов свинца. Потребность в кислороде составляют $3000 \text{ нм}^3/\text{ч}$ в расчете на 100% O_2 .

Расплавленный в пламени и частично восстановленный материал, из которого в пересчете на содержащийся свинец 30 вес.% окислились до PbO , имеет температуру 1200°C при достижении реактора индуктивного нагрева, соединенного с нижней частью шахты. Каждый час выпускают из реактора 15000 кг расплавленного свинца при 800°C и 2700 кг шлака при 1250°C . Из шахты еже часно выводят 4100 нм^3 газа, имеющего температуру 1200°C . Газ содержит 52 об.% SO_2 и 4400 кг пыли в виде PbO , причем указанная пыль сульфатируется двуокисью серы в газе и отделяется в бойлере и газоочистительном аппарате, после чего она возвращается в шахту в виде возвращающейся в шахту в виде возвратной пыли, содержащей сульфат свинца. Еже часно в бойлере нарабатывается пар высокого давления, имеющий энергосодержание 2100 кВтч. Этот пар используют для привода паровой турбины мощностью 690 кВтч электроэнергии, из которых 130

кВтч идут для производства кислородного газа, а 560 кВтч – для работы реактора.

5 Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

10 Способ получения металлического расплава из измельченного железорудного материала, включающий загрузку его в печь, частичное восстановление газообразными продуктами горения и последующее окончательное восстановление углеродом, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса, 15 частичное восстановление осуществляют совместно с расплавлением путем тангенциальной подачи железорудного материала, твердого углеродистого восстановителя и кислородсодержащего газа в факел горения, а довосстановление осуществляют остаточным твердым восстановителем, присутствующим в расплавленном материале.

Источники информации, 25 принятые во внимание при экспертизе
1. Патент США № 3607217, кл. 75-4 1974.
2. Патент США № 1930010, кл. 75-4, 1958.
3. Авторское свидетельство СССР № 45304, кл. С 21 В 13/02, 1935. 30

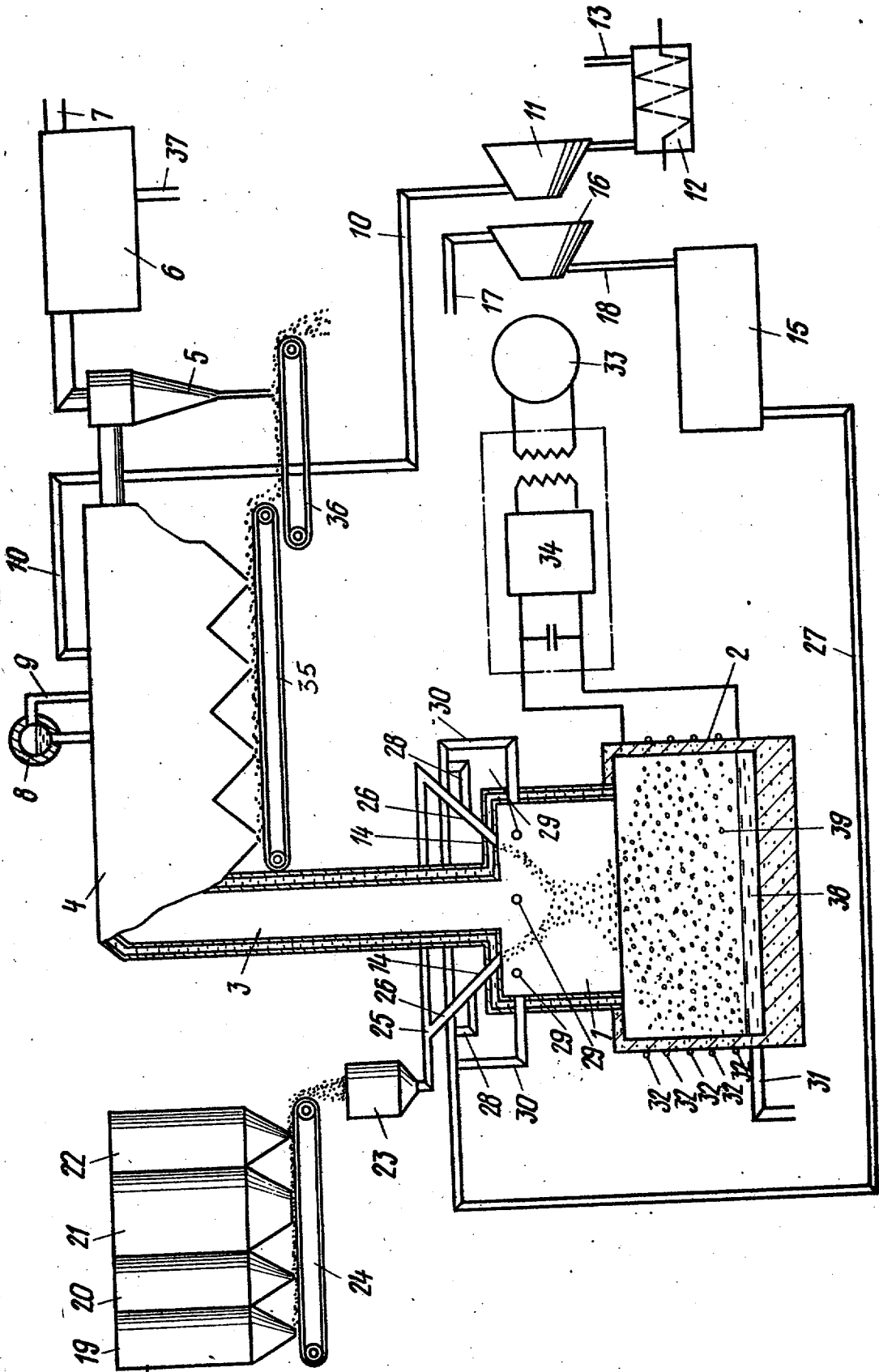


Fig. 1

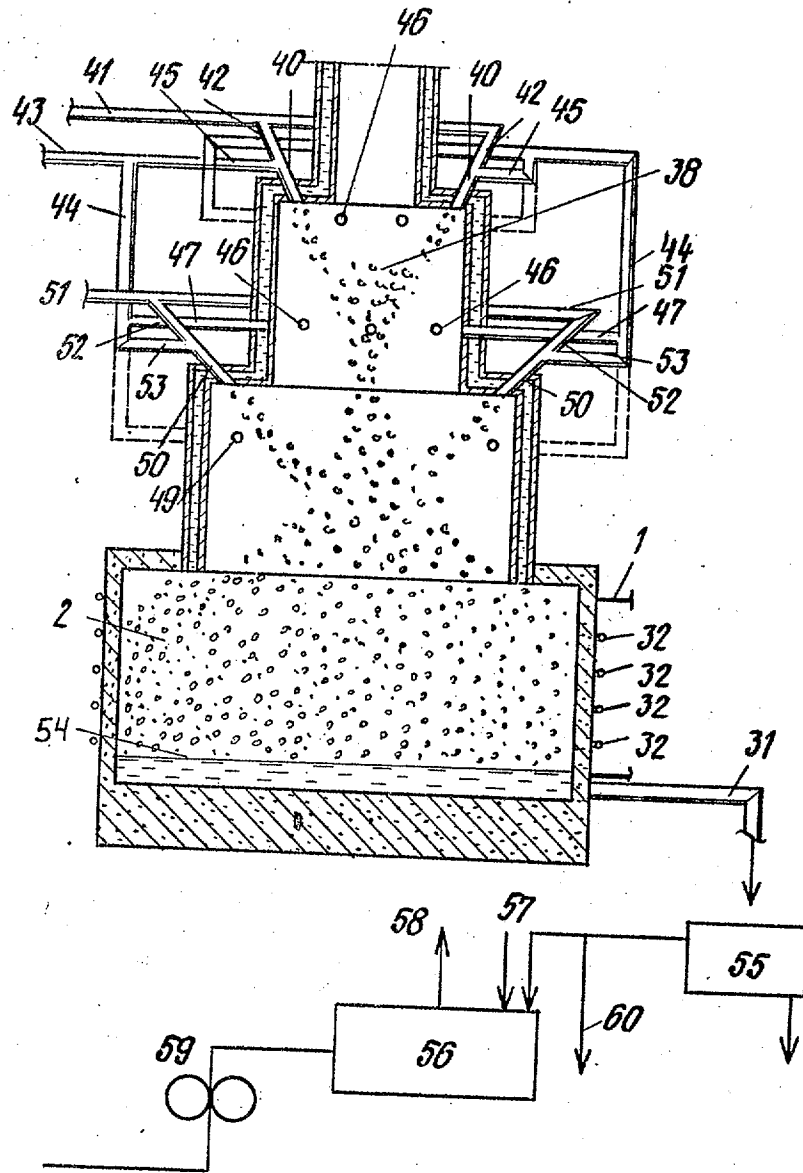
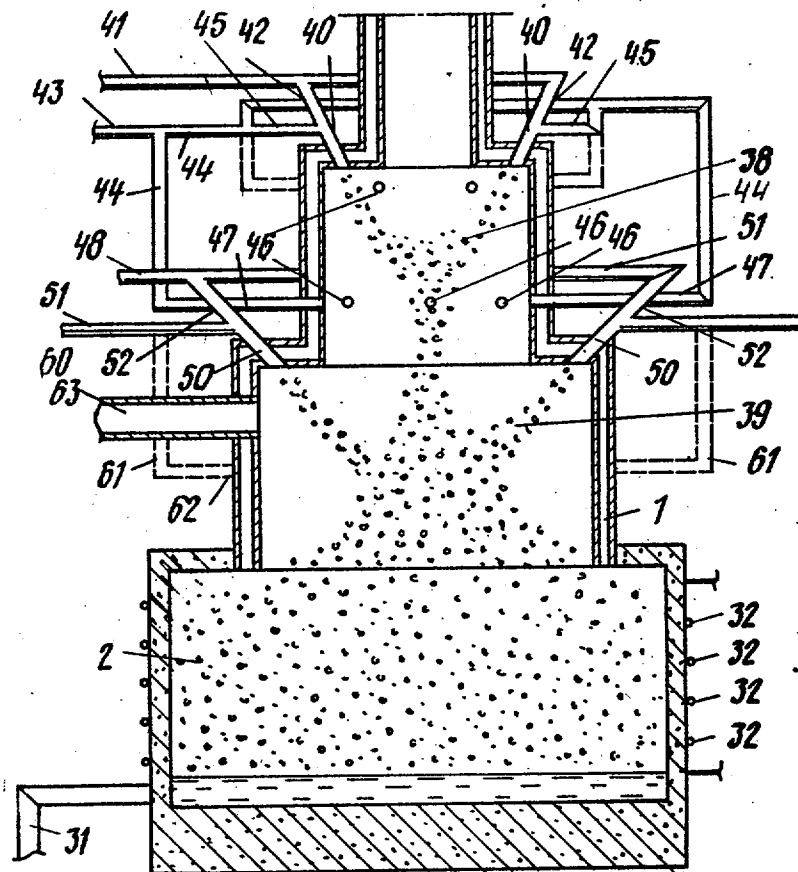


Fig. 2



Фиг. 3

Составитель Л. Панникова

Редактор Н. Егорова Техред Ж. Кастелевич Корректор О. Билак

Заказ 9028/80

Тираж 587

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4