

Винахід відноситься до способу обробки, переважно відновлення, подрібненого матеріалу в псевдозрідженому шарі, зокрема, дрібнозернистої руди, згідно з яким згаданий подрібнений матеріал підтримують в псевдозрідженому шарі за допомогою обробляючого газу, що проходить знизу вгору, і за рахунок цього обробляють, а також до ємкості для здійснення способу.

Подібний спосіб відомий, наприклад, з US-A - 2,909,423, WO 92/02458 і EP-A-0 571 358. У цьому способі оксидвмісний матеріал, наприклад, дрібнозернисту руду, відновлюють в псевдозрідженому шарі, що підтримується відновним газом всередині відновного реактора з псевдозрідженим шаром, за допомогою відновного газу, який через соплову решітку подають у відновний реактор з псевдозрідженим шаром, і який проходить через відновний реактор знизу вгору, в той час як оксид-вмісний матеріал входить у відновний реактор в приблизно поперечному напрямі відносно потоку відновного газу. Для створення псевдозрідженого шару необхідно, щоб проходячий через нього відновний газ мав певну швидкість, яка є функцією розміру частинок матеріалу, які завантажуються.

Із-за відносно високої швидкості відновного газу, яка необхідна у всіх відомих способах, відбувається значне винесення дрібних часток оксид-вмісного матеріалу, а на пізніх стадіях процесу відновлення - винесення відновленого оксид-вмісного матеріалу з псевдозрідженого шару, причому згадані дрібні частинки утримуються після цього у відновному газі. Щоб видалити згадані дрібні частинки з відновного газу - з одного боку для того, щоб мати можливість подальшого використання частково окисленого відновного газу, наприклад, в попередніх відновних реакторах, а з іншого боку - для повернення в процес оксид-вмісного матеріалу або вже відновленого матеріалу і уникнення його втрат - відновний газ, який містить дрібні частки, пропускають через пиловідділювач, наприклад циклони, а відділений пил повертають зворотно в псевдозріджений шар. Пиловідділювач[^] або циклони, відповідно, переважно розташовані всередині реакторів (для порівняння US-A - 2,909,423); однак вони можуть бути також встановлені зовні реакторів.

На практиці виявилось, що частково відновлені або повністю відновлені дрібнозернисті частки оксид-вмісного матеріалу мають тенденцію до злипання або спікання, взаємного і/або зі стінками реакторів або циклонів, а також із з'єднувальними або транспортувальними трубопроводами. Це явище називають "налипанням" або "засміченням". Процеси налипання або засмічення є функціями температури і міри відновлення оксид-вмісного матеріалу. Таке налипання або накопичення частково або повністю відновленого оксид-вмісного матеріалу на стінках відновних реакторів або на інших частинах установки може викликати збої в роботі, внаслідок чого тривала безперервна робота установки без відключення стає неможливою. Як з'ясувалося, практично неможлива безперервна робота установки більше за один рік.

Видалення накопичень або нагару вимагає величезних трудовитрат і великих фінансових витрат, зокрема, витрат на оплату праці, і приводять до втрат через зниження продуктивності установки. Часто ці накопичення відділяються довільно, внаслідок чого вони або падають в псевдозріджений шар, порушуючи параметри технологічного процесу, або - якщо накопичення відриваються від циклону - засмічують канали рециркуляції пилу, що ведуть від циклону до псевдозрідженого шару, внаслідок чого подальше відділення пилу, від відновного газу стає повністю неможливим.

На практиці один з недоліків відомих способів з псевдозрідженим шаром полягає в недостатній гнучкості, і основні проблеми полягають у відділенні і подачі потоку обробляючого газу, зокрема, в описаних вище відомих технологічних процесах - у відділенні і подачі потоку відновного газу. Інший недолік відомих способів полягає в тому, що на кожній технологічній стадії, тобто стадіях попереднього нагріву, часткового відновлення і остаточного відновлення, в більшості випадків два або декілька потоків продукту, що виходять з апаратів, призначених для цих технологічних стадій, повинні шлюзуватися, що зумовлює істотне зростання витрат на транспортування і на оснащення засобами шлюзування. Крім того, кожна стадія процесу повинна бути в оснащена двома системами які подають газ, що на практиці створює основні труднощі при наявності гарячих газів, які містять пил.

У доповнення до цього, із-за відносно високої швидкості відновного газу спостерігається значне його споживання. Споживається набагато більше відновного газу, ніж це необхідно для процесу відновлення як такого, а надмірна кількість служить просто для підтримки псевдозрідженого шару.

Спосіб відновлення металевих руд в псевдозрідженому шарі також відомий з GB-A-1 101 199. У цьому способі технологічні умови вибрані таким чином, що по ходу процесу відновлення, відбувається спікання матеріалу, за рахунок чого утворюються агломерати, які, завдяки їх розміру, не схильні до псевдозрідження. Таким чином, є можливість повністю відділити відновлений матеріал, який вивантажується з реактора з псевдозрідженим шаром в напрямі зверху вниз, від частково відновленого матеріалу, який залишається псевдозрідженим. Більш дрібні частки продукту виводяться через верхню межу псевдозрідженого шару. Таким чином, в цьому процесі також утворюється два потоки продукту, що вимагає значних витрат на обладнання.

Винахід направлений на усунення цих недоліків і труднощів, ставить своєю задачею створення способу описаного вище, типу і ємкості для здійснення цього способу, які забезпечують можливість обробки подрібненого оксид-вмісного матеріалу при мінімальному споживанні обробляючого газу протягом тривалого . періоду часу без загрози збоїв, що викликаються налипанням або засміченням. Зокрема, повинна бути забезпечена можливість зниження кількості обробляючого газу, необхідного для підтримки псевдозрідженого шару, і його витрати, так щоб забезпечити лише мінімальне винесення дрібних часток.

Відповідно до винаходу, ця задача вирішується за рахунок того, що для обробки використовують подрібнений матеріал з широким розподілом розмірів часток, який містить більшу кількість дрібних часток і меншу кількість більш великих часток, і за рахунок того, що поверхневу швидкість ("superficial" - англ., "Leerrohrgeschwindigkeit" - нім.: швидкість у вільному перетині) обробляючого газу в псевдозрідженому шарі підтримують менше, ніж швидкість, яка потрібна, для псевдозрідженого шару більш великих часток згаданого подрібненого матеріалу, при цьому всі частки матеріалу, як великі, так і дрібні, рухаються вгору і вивантажуються через верхню область псевдозрідженого шару.

У разі широкого рівномірного розподілу розмірів зерна поверхневу швидкість в псевдозрідженому шарі підтримують в діапазоні 0,25-0,75 швидкості, яка потрібна для псевдозрідження самих великих часток

згаданого подрібненого матеріалу.

Переважають використовують подрібнений матеріал з частками, які мають середній діаметр в діапазоні від 0,02 до 0,15, більш переважно від 0,05 до 0,10 максимального діаметра згаданого подрібненого матеріалу.

Переважають, поверхневу швидкість обробляючого газу над псевдозрідженим шаром відносно максимального діаметра ємкості, яка містить псевдозріджений шар, визначають для теоретичної вибірки розмірів зерна від 50 до 150мкм, переважно від 60 до 100мкм, для якої переважну поверхневу швидкість в псевдозрідженому шарі підтримують в діапазоні від 0,3м/с до 2,0м/с для відновлення початкових дрібнозернистих руд.

Спосіб отримання розплаву чушкового чавуну або рідких напівфабрикатів сталі із завантажувальних матеріалів, що складаються із залізняку і флюсів і принаймні, що частково включають дрібнозернисту фракцію, з використанням технології обробки за винаходом відрізняється тим, що завантажувальні матеріали піддають прямому відновленню в губчасте залізо в як мінімум одній зоні відновлення з псевдозрідженим шаром, губчасте залізо плавлять в плавильно-газифікаційній зоні при подачі носив вуглеця і кисеньвмісного газу, при цьому утворюється СО- і Н₂-вмісний відновний газ, який вводять в зону відновлення, де він вступає в реакцію, і потім відводять у вигляді експортного газу і подають споживачу.

Ємкість для здійснення способу за винаходом яка відрізняється тим, що містить:

- циліндричну нижню секцію псевдозрідженого шара, що містить псевдозріджений шар і що включає газорозподільне дно, живильний трубопровід для обробляючого газу, а також пристрій завантаження і пристрій вивантаження подрібненого матеріалу, розташовані над газорозподільним дном;

- конічну секцію, розташовану над секцією псевдозрідженого шара таким чином, що вона конічно розширюється вгору від секції псевдозрідженого шару причому нахил стінки конічної секції відносно центральної осі реактора становить 6-15°, переважно 8-10°,

- принаймні частково циліндричну секцію заспокоєння, розташовану над конічною секцією і закриту зверху, з якої виведений відвідний трубопровід обробляючого газу;

- коефіцієнт відношення площі поперечного перерізу секції заспокоєння в циліндричній області до площі поперечного перерізу секції псевдозрідженого шару, становить ≥ 2 .

Ємкість для здійснення способу відновлення руди в псевдозрідженому шарі, яка включає дві циліндричних частини різного діаметра і дуже коротка частина помітно конічної форми, розташована між циліндричними частинами, відома, наприклад, з EP-A - 0 022 098. Однак в цій ємкості є два трубопроводи подачі газу, зокрема, перший - під нижньою циліндричною частиною і другий - в конічній частині. Повністю відновлену руду вивантажують з цього реактора з псевдозрідженим шаром в напрямленні зверху вниз.

Відповідно до винаходу, бажано щоб площа поперечного перерізу зони заспокоєння в циліндричній області була досить велика для того, щоб поверхнева швидкість в цій області була достатньою для відділення часток від газу, які мають розмір зерна більше за 50мкм.

Установка для отримання розплаву чушкового чавуна або рідких напівфабрикатів сталі із завантажувальних матеріалів, що складаються із залізняку і флюсів і принаймні що частково включають дрібнозернисту фракцію, відрізняється принаймні однією ємністю за винаходом виконаною у вигляді відновного реактора, в який входить транспортувальний трубопровід для завантажувальних матеріалів, які містять залізняк і флюси, газовий трубопровід для відновного газу, а також транспортувальний трубопровід для продукту відновлення, що утворюється в реакторі, і газовий трубопровід для доменного газу, і оснащена плавильно-газифікаційним апаратом, в який входить транспортувальний трубопровід, що відводить продукт відновлення з відновного реактора, і який включає живильні трубопроводи для кисеньутримуючих газів і носіїв вуглеця, а також відведення для чушкового чавуну або напівфабрикатів сталі і шлаку, де газовий трубопровід, вхідний у відновний реактор і призначений для відновного газу, що утворюється в плавильно-газифікаційному апараті, виходить з плавильно-газифікаційного апарату, а відновний реактор має конструкцію відновного реактора з псевдозрідженим шаром.

Далі винахід буде описаний більш детально з посиланням на малюнки, де Фіг.1 показує розріз ємності за винаходом, а Фіг.2 являє собою технологічну схему способу відновлення залізняку, в якому можуть використовуватися ємкості за винаходом. Фіг.3 показує у вигляді діаграми деякі варіанти розподілу розмірів часток залізняку, що обробляються за винаходом.

Ємкість 1, яка показана на Фіг.1, утворює реактор з псевдозрідженим шаром, зокрема, відновний реактор, включає циліндричну нижню секцію псевдозрідженого шару 3, яка призначена для прийняття псевдозрідженого шара 2 і на певній висоті забезпечена газорозподільним дном, яке виконане у вигляді соплової решітки 4 і призначене для подачі і рівномірного розподілу відновного газу. Відновний газ проходить через відновний реактор від соплової решітки 4 знизу вгору. Над сопловою решіткою 4 в тій же циліндричній секції псевдозрідженого шару 3 розташовані відвідні і транспортувальні трубопроводи 5, 6, тобто живильні трубопроводи і відвідні трубопроводи для дрібнозернистої руди. Псевдозріджений шар 2 має висоту шару 7 від соплової решітки 4 до рівня відвідного трубопровода 6 для дрібнозернистої руди, тобто до його отвору 8.

До циліндричної нижньої секції псевдозрідженого шару 3 приєднана виступаюча вгору конічна секція 9, причому нахил стінки 10 конічної секції 9 відносно центральної осі реактора 11 складає максимум 6-15°, переважно 8-10°. У цій області безперервне збільшення поперечного перетину 12 конічної секції 9 спричиняє постійне і рівномірне зменшення поверхневої швидкості потоку відновного газу, який тече вгору.

Завдяки тому, що конічна секція 9 мають лише незначний нахил стінки 10, можна отримати потік без турбулентності і без відриву від стінки 10 незважаючи на збільшення поперечного перерізу 12 в згаданій конічній секції 9. Таким чином, виключається турбулентність, яка може спричинити локальне збільшення швидкості відновного газу. Отже, забезпечується постійне і рівномірне зменшення поверхневої швидкості відновного газу через поперечний переріз 12 по висоті конічної секції 9, тобто на кожному її рівні.

До верхнього краю 13 конічної секції 9 приєднана секція заспокоєння 15, що має циліндричну стінку 14 і закрита зверху перекриттям реактора 16, виконаним в формі зрізаної сфери, наприклад, півсфери. Газовий трубопровід 17 для відведення відновного газу розташований по центру перекриття реактора 16. Збільшення

поперечного перерізу конічної секції 9 виконане таким чином, що відношення площі поперечного перерізу 18 секції заспокоєння 15 до площі поперечного перекину 19 секції псевдозрідженого шару 3 становить ≥ 2 .

Газовий трубопровід 17 веде до циклону 20, призначеного для відділення пилу від відновного газу. Трубопровід рециркуляції пилу 21, що виходить з циклону 20, направлений вниз і відкривається в псевдозріджений шар 2. Відведення газу з циклону 20 позначене позицією 22.

Відповідно до винаходу, у відновному реакторі 1 обробляється дрібнозерниста руда, що має широкий рівномірний розподіл розмірів часток при відносно високому вмісті дрібних часток. Наприклад, розподіл розмірів часток може бути наступним:

| маса фракцій | |
|--------------|------|
| до 4мм | 100% |
| до 1мм | 72% |
| до 0,5мм | 55% |
| до 0,125мм | 33% |

Було встановлено, що дрібнозерниста руда приблизно з таким розподілом може без сегрегації зазнавати псевдозрідження в псевдозрідженому шарі 2, причому, і це істотно для винаходу, поверхнева швидкість $v_{\text{пов}}$ завжди нижче, ніж мінімальна швидкість, необхідна для псевдозрідження великих часток дрібнозернистої руди.

Оптимальним робочим діапазоном для $v_{\text{пов}}$ виявилось співвідношення

$$v_{\text{пов}} = (0,25 - 0,75) v_{\text{мин}}(d_{\text{мах}}),$$

де

$v_{\text{пов}}$ - поверхнева швидкість в псевдозрідженому шарі 2 над розподільним дном 4;

$v_{\text{мин}}(d_{\text{мах}})$ - мінімальна швидкість псевдозрідження великих часток фракції, що завантажується.

Як вже було згадано вище, широкий розподіл розмірів часток в дрібнозернистій руді суттєвий для винаходу. Такий розподіл є характерною особливістю початкових дрібнозернистих руд, тобто дрібнозернистих руд, які не зазнавали фракціонування після подрібнення. Деякі приклади розподілу зерна початкового залізняку приведені на Фіг.3. При таких розподілах розмірів часток початкового залізняку завжди є велика частка дрібної фракції, частки якої так малі, що вони не залишаються в псевдозрідженому шарі, а несуться з газом і рециркулюють зворотно через циклони. Дрібна фракція необхідна для забезпечення псевдозрідження дуже великих часток при відносно низькій поверхневій швидкості обробляючого газу.

У винаході використане явище передачі імпульсу до більш великих часток, яке має місце при широкому розподілі розмірів часток. За рахунок цього забезпечується можливість псевдозрідження більш великих часток, навіть якщо поверхнева швидкість відновного газу менше поверхневої швидкості, необхідної для псевдозрідження великих часток. Відповідно до винаходу, забезпечується можливість використання дрібнозернистої руди з природним розподілом розмірів часток (початкової руди), яка має $d_{\text{мах}}$ переважно до 12мм, максимум до 16мм, без якого-небудь попереднього фракціонування.

Використання відновного реактора, виконаного відповідно до критеріїв, сформульованих вище, і використання дрібнозернистої руди, що має відносний високий вміст дрібних часток, забезпечує наступні переваги в режимі псевдозрідження:

- гнучкість системи по відношенню до змін в щільності твердого матеріалу і в розподілі розмірів часток, що відбуваються при зміні сировини, що завантажується;

- нечутливість до дезинтеграції часток і, отже, до змін в вмісті дрібнозернистої фракції, які відбуваються в процесі обробки матеріала від сировини до продукту.

Ємкість 1 з такими ж перевагами може бути використана як ємкість для попереднього нагріву і ємкість для часткового відновлення і повного відновлення.

Установка, в якій використана ємкість 1 яка описана вище, сконструйована за винаходом, більш детально описана нижче з посиланням на Фіг. 2.

Установка для виробництва чушкового чавуну, або напівфабрикатів сталі включає три реактори з псевдозрідженим шаром 1, 1', 1" описаних вище конструкцій, які з'єднані послідовно, де матеріал, який містить оксид заліза, такий, як початкова дрібнозерниста руда, через живильний трубопровід руди 5 подається в перший реактор з псевдозрідженим шаром 1, в якому здійснюється стадія попереднього нагріву і, можливо, часткового відновлення дрібнозернистої руди, а потім передається з реактора з псевдозрідженим шаром 1 в реактор з псевдозрідженим шаром 1', або з 1' в 1", відповідно, через транспортувальні трубопроводи 5, 6. У другому реакторі з псевдозрідженим шаром 1' здійснюється часткове відновлення (стадія часткового відновлення), а в розташованому послідовно після нього реакторі 1" здійснюється остаточне відновлення дрібнозернистої руди в губчасте залізо (стадія повного відновлення).

Повністю відновлений матеріал, тобто, губчасте залізо, через транспортувальний трубопровід 6 передається в плавильно-газифікаційний апарат 25. У плавильно-газифікаційній зоні 26 плавильно-газифікаційного апарату 25 з вугілля і кисневмісного тазу виробляється CO- і H₂-вмісний відновний газ, який через живильний трубопровід відновного газу 27 подається в реактор з псевдозрідженим шаром 1", розташований останнім в напрямі течії дрібнозернистої руди. Потім відновний газ передається протитечією руди з реактора з псевдозрідженим шаром 1" в реактор з псевдозрідженим шаром 1' або з 1' в 1, відповідно, через транспортувальні трубопроводи 28, 29, і виводиться з реактора з псевдозрідженим шаром 1 у вигляді доменного газу через відвідний трубопровід доменного газу 30, після чого охолоджується і очищується у вологому скрубєрі 31.

Плавильно-газифікаційний апарат 25 оснащений живильним трубопроводом 32 для твердих носіїв вуглеводня живильним трубопроводом 33 для кисневмісних газів, а також, можливо, живильними трубопроводами для носіїв вуглеводня таких як вуглеводень, що рідкі або газоподібні при кімнатній температурі, а також для кальцинованих флюсів. Всередині плавильно-газифікаційного апарату 25, нижче

плавильно-газифікаційної зони 26, збирається розплавлений чушковий чавун або розплавлений напівфабрикат стали і розплавлений шлак, які відводяться через відведення 34.

У живильному трубопроводі відновного газу 27, що виходить з плавильно-газифікаційного апарату 25 і входить в реактор з псевдозрідженим шаром, є знепилювальний пристрій, такий як циклон гарячого газу 35, а частки пилу, відділені в цьому циклоні гарячого газу 35, подаються в плавильно-газифікаційний апарат 25 через поворотний трубопровід 36, з використанням азоту як транспортувальної середи, і через пальник при наддуві кисня.

Можливість регулювання температури відновного газу підвищується завдяки наявності трубопровода рециркуляції газу 37, який переважно передбачений в конструкції і який вийде з живильного трубопровода відновного газу 27 і передає частину відновного газу зворотно в згаданий живильний трубопровід відновного газу 27 через скруббер 38 і компресор 39, а саме - в точці, розташованій вище за течією від циклону гарячого газу 35.

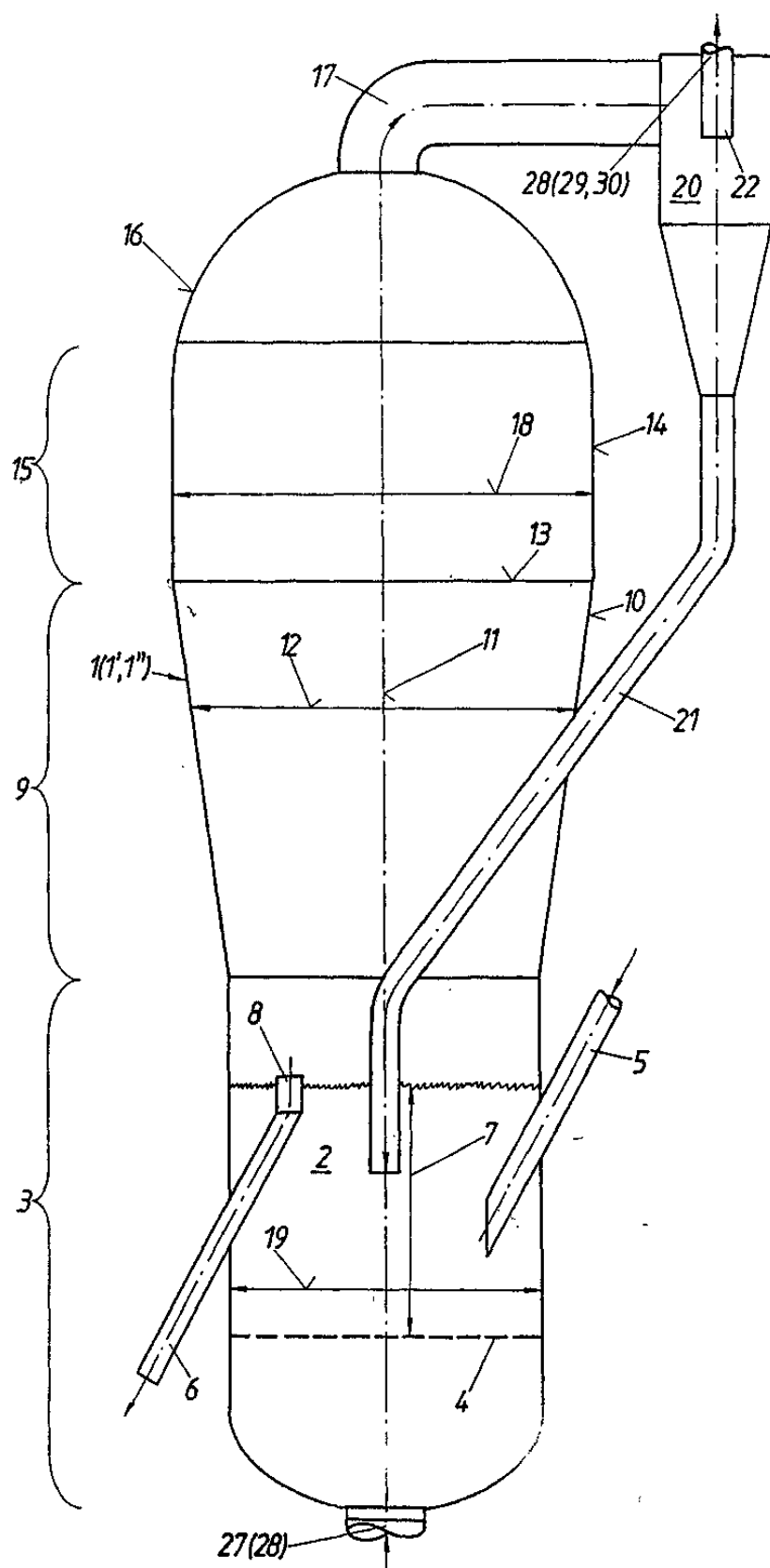


Fig. 1

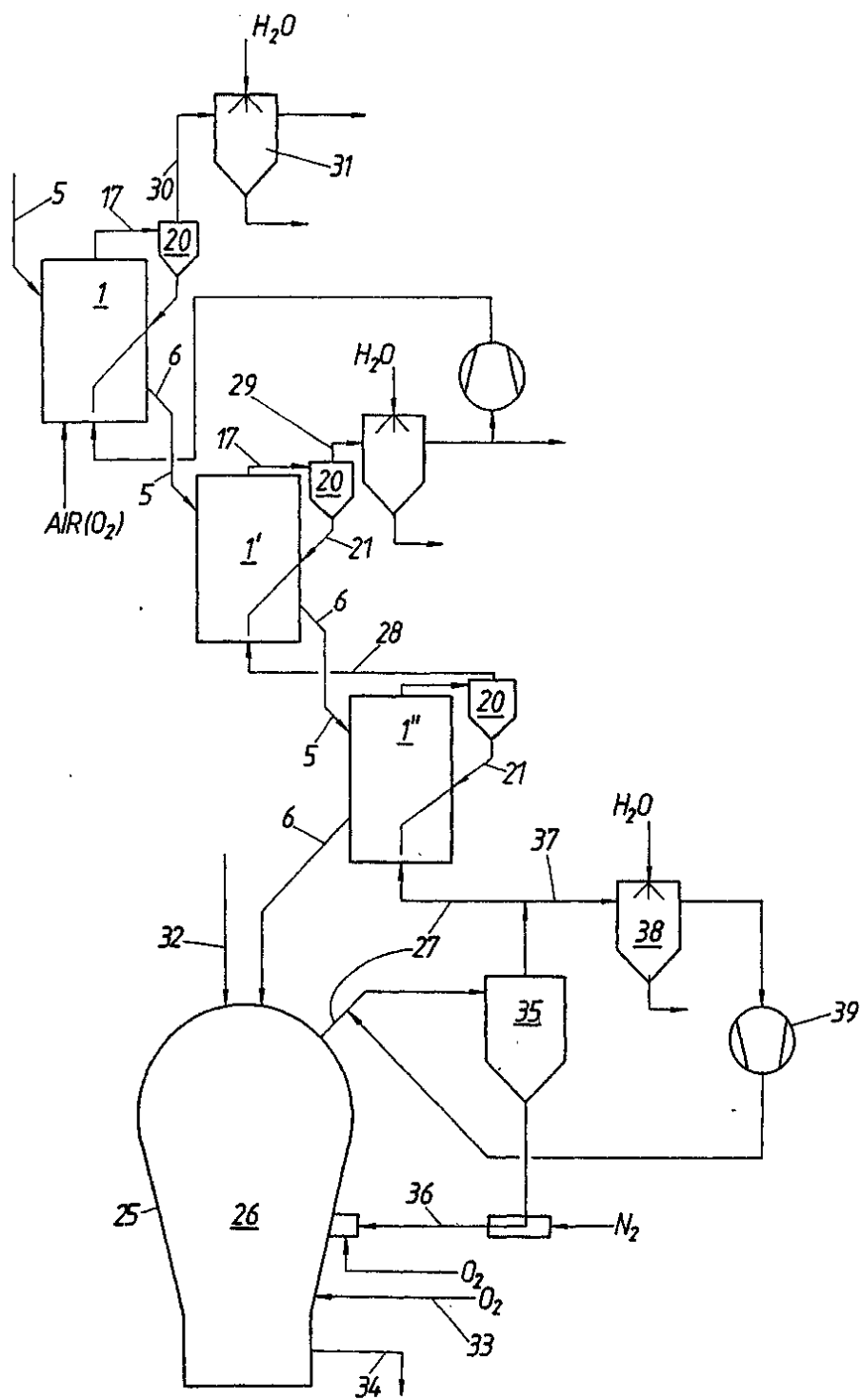
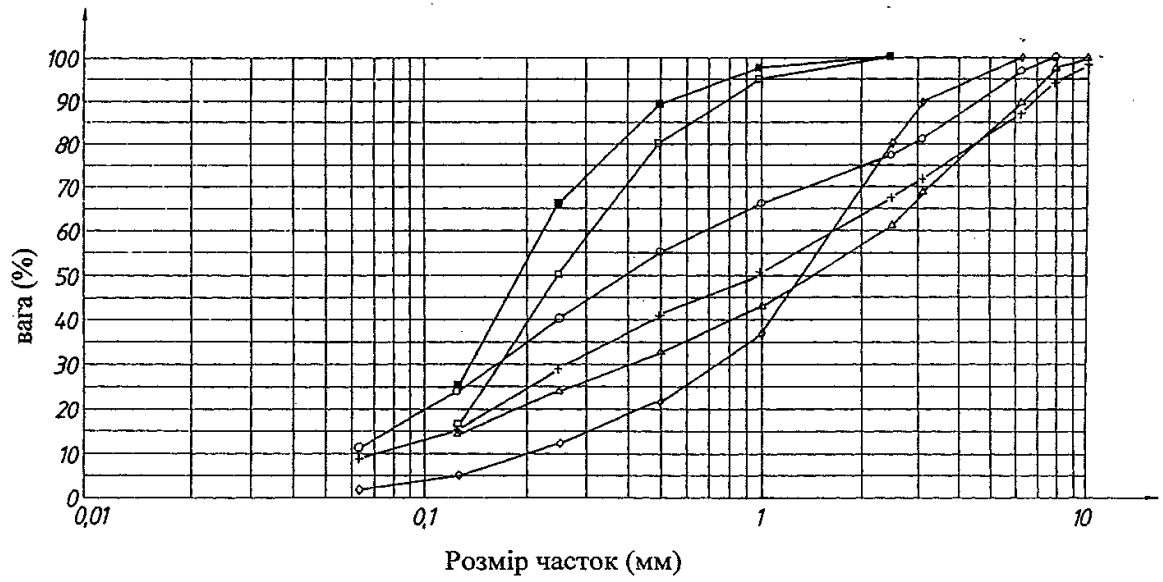


Fig. 2

Розподіл розмірів часток залізняку



Фиг. 3