

Цей винахід відноситься до способу виробництва металевих порошків з використанням газового розпилення, і, зокрема, сталевих порошків для адитивного виробництва. Спосіб відноситься, зокрема, до охолодження і транспортування металевого порошку, одержаного в пристрої газового розпилення, а більш конкретно до безперервних процесів охолодження і транспортування металевого порошку. Цей винахід відноситься до установки для виробництва металевих порошків і, зокрема, до установки для охолодження і транспортування металевого порошку.

Існує зростаюча потреба в металевих порошках для адитивного виробництва, і процеси (способи) їх виробництва мають бути модифіковані відповідним чином.

Відоме плавлення металевого матеріалу і заливання розплавленого металу в проміжний розливний пристрій, сполучений з пристроєм газового розпилення. Розплавлений метал нагнітають через сопло в камеру з контрольованою атмосферою і діють на нього струменями газу, які розпилюють рідкий метал на дрібні металеві краплі. Останні тверднуть з утворенням дрібних твердих частинок, які падають на дно камери і накопичуються доки розплавлений метал не буде повністю розпилений. Потім одержаний порошок охолоджують в пристрої газового розпилення до досягнення такої температури, коли він може перебувати в контакт з повітрям без надто швидкого окиснення. Після цього пристрій газового розпилення відкривають для збирання порошку. Зазначене охолодження є тривалим процесом, що не узгоджується з необхідністю виробництва великої кількості металевого порошку. Крім того, необхідно покращити транспортування порошку.

Тому, завдання цього винаходу полягає в усуненні недоліків використовуваного обладнання і технологічних процесів, властивих відомим аналогам, шляхом забезпечення способу ефективного охолодження і транспортування металевого порошку.

Для вирішення цього завдання першим об'єктом цього винаходу є спосіб виробництва металевих порошків, який включає:

- (i) вивантаження металевих частинок з камери пристрою газового розпилення в конвеєр,
- (ii) одночасне охолодження і транспортування металевих частинок у вигляді псевдозрідженого шару, утвореного в конвеєрі.

Спосіб відповідно з винаходом може також характеризуватись необов'язковими (додатковими) ознаками, перерахованими нижче, які беруться до уваги окремо або у поєднанні, а саме:

- металеві частинки безперервно вивантажуються з камери пристрою газового розпилення,
- металеві частинки вивантажуються з камери пристрою газового розпилення безпосередньо на конвеєр,
- металеві частинки вивантажуються з множини камер пристроїв газового розпилення,
- металеві частинки, які вивантажені з камери пристрою газового розпилення, мають температуру нижче 300 °C,
- псевдозріджений шар в конвеєрі утворений за рахунок подачі повітря в конвеєр,
- псевдозріджений шар в конвеєрі утворений шляхом подачі повітря, щонайменше, в одну ділянку конвеєра і за рахунок подачі інертного газу, щонайменше, в одну ділянку конвеєра,
- псевдозріджений шар в конвеєрі є барботажним псевдозрідженим шаром,
- металеві частинки в конвеєрі охолоджуються до температури нижче 150 °C,
- перед проведенням стадії вивантаження здійснюється перша стадія охолодження металевих частинок в нижній ділянці камери з подачею повітря з боку днища камери і утворенням барботажного псевдозрідженого шару металевих частинок.

Другим об'єктом винаходу є установка, яка містить:

- пристрій газового розпилення, який містить камеру,
- конвеєр, сполучений з камерою пристрою газового розпилення і містить нижній канал для проходження газу, верхній канал для транспортування порошкового матеріалу, пористу стінку, яка розділяє нижній і верхній канали по суті по всій їх довжині, впускний трубопровід для псевдозріджувального газу, підключений до нижнього каналу, і регулятор потоку газу, сполучений з впускним трубопроводом, який забезпечує подачу газу для псевдозрідження, охолодження і транспортування металевих частинок, які підлягають вивантаженню з камери.

Установка відповідна винаходу може також характеризуватись необов'язковими (додатковими) ознаками, перерахованими нижче, які беруться до уваги окремо або у поєднанні, а саме:

- нижній канал містить дві окремі секції, кожна з яких забезпечена своїм власним впускним трубопроводом для псевдозріджувального газу і регулятором потоку газу,
- верхній канал містить дві секції, розташовані по суті вертикально відносно зазначених секцій нижнього каналу і розділені газонепроникною перегородкою, встановленою в поперечному напрямку у верхній частині верхнього каналу,
- конвеєр сполучений з камерою пристрою газового розпилення за допомоги нижньої ділянки пристрою перетікання, при цьому зазначена нижня ділянка пристрою перетікання розміщена в одній секції верхнього каналу конвеєра,
- установка містить множину пристроїв газового розпилення і один єдиний конвеєр, сполучений з камерами зазначеної множини пристроїв газового розпилення,

- конвеєр містить множину трубопровідних гілок, при цьому кожна із зазначених трубопровідних гілок сполучена щонайменше з однією камерою пристрою газового розпилення,

- пристрій газового розпилення містить газові інжектори, розміщені біля днища камери, і регулятор потоку газу, сполучений з газовими інжекторами для псевдозрідження металевих частинок, які накопичуються на нижній ділянці камери, і утворення барботажного псевдозрідженого шару металевих частинок.

Як видно, цей винахід заснований на використанні технології псевдозріджених шарів для одночасного охолодження і транспортування порошку, який вивантажується з камери для газового пристрою розпилення. Якщо псевдозріджений шар на нижній ділянці пристрою газового розпилення збільшується, псевдозріджений порошок можна безперервно вивантажувати з пристрою газового розпилення без порушення процесу розпилення і одночасно охолоджувати і транспортувати без порушення псевдозрідженого стану.

Інші характерні особливості і переваги винаходу будуть більш детально розкриті в нижченаведеному описі винаходу.

Винахід буде легше зрозуміти з наведеного нижче опису, який служить лише для пояснення і жодною мірою не розглядається як опис, що обмежує винахід. Опис супроводжується посиланнями на креслення.

Фіг. 1 - установка згідно з першим варіантом цього винаходу, яка містить два пристрої газового розпилення і конвеєр.

Фіг. 2 - установка у відповідності з другим варіантом цього винаходу, яка містить два пристрої газового розпилення і конвеєр.

Фіг. 3 - ілюстрація можливих режимів псевдозрідження.

Фіг. 4 - пристрій газового розпилення відповідно до варіанта винаходу.

Слід зазначити, що терміни "нижній", "внизу", "внутрішній", "всередині", "зовнішній", "назовні", "вище за ходом руху потоку", "нижче за ходом руху потоку", які використовуються в описі винаходу, відносяться до розташування і орієнтації різних елементів установки, змонтованої на підприємстві.

На Фіг. 1 і Фіг. 2 представлена установка відповідна винаходу, яка в основному складається з пристрою 1 газового розпилення і конвеєра 22.

Пристрій для газового розпилення являє собою пристрій, призначений для розпилення потоку рідкого металу на дрібні краплі металу за рахунок зіткнення цього потоку з газовим потоком, який має високу швидкість. Пристрій газового розпилення в основному складається з закритої камери 2, в якій підтримується захисна атмосфера. Камера має верхню ділянку, нижню ділянку, верхню стінку і днище.

Верхня ділянка розпилювальної камери містить звукувальний пристрій, сопло 5, розміщене зазвичай в центрі верхньої стінки камери, через яке нагнітається потік розплавленого металу. Сопло охоплене зовні газовою форсункою 4, призначеною для випускання з високою швидкістю струменя газу, спрямованого на потік рідкого металу. Газова форсунка переважно утворена кільцевим щільним отвором, через який проходить газ, який подається під тиском. Газова форсунка переважно сполучена з регулятором 5 потоку газу для регулювання витрати і/або тиску газу перед подачею струменя газу в камеру. Як регулятор потоку (витрати) газу може бути використаний компресор, повітродувка, дозатор, звуження перерізу труби або будь-який відповідний пристрій.

Нижня ділянка камери розпилення є переважно збиральником для накопичення металевих частинок, які падають з верхньої ділянки камери. Зазвичай нижня ділянка камери виконана з можливістю полегшення збирання і вивантаження порошку через випускний отвір, розташований в днищі камери. Для цього днище зазвичай виконане у вигляді перевернутого конуса або перевернутого зрізаного конуса.

Конвеєр виконаний з можливістю псевдозрідження металевих частинок, які підлягають вивантаженню з камери, і одночасного охолодження і транспортування металевих частинок у вигляді псевдозрідженого шару 24, переважно у вигляді барботажного псевдозрідженого шару. Такий вид транспортування і охолодження є вигідним, оскільки в цьому випадку для переміщення повітря потрібні мінімальні витрати енергії, при цьому можуть бути відвернуті викиди пилоподібних частинок і може бути забезпечений безперервний режим роботи.

Як показано на Фіг. 3, існують різні режими псевдозрідження. Псевдозрідження є робочим процесом, в якому тверді частинки переходять у флюїдоподібний стан, перебуваючи у завислому стані в газі або в рідині. Поведінка твердих часток відрізняється залежно від швидкості текучого середовища. В системах газ-тверді частинки, як це має місце у цьому винаході, зі збільшенням швидкості потоку, шар твердих частинок переходить з нерухомого стану (нерухомий шар) в стан мінімального псевдозрідження, потім псевдозрідження з барботажом газових бульбашок (барботажний шар) і режим подібного до поршня шару в якому турбулентність стає більш інтенсивною, а рух твердих частинок стає більш активним. Зокрема, при збільшенні швидкості потоку вище за мінімальну швидкість, що забезпечує псевдозрідження, спостерігаються явища нестабільності з утворенням газових бульбашок і наскрізних каналів для проходження газу. На цій стадії псевдозріджений шар знаходиться в режимі барботажного шару, який є переважним режимом

для цього винаходу, оскільки забезпечує покращену циркуляцію твердих частинок всередині шару, швидке охолодження і рівномірну температуру в псевдозрідженому шарі. Швидкість газу, яку необхідно забезпечити для одержання заданого режиму і бажаної температури псевдозрідженого шару, залежить від різних параметрів, таких як властивості застосовуваного газу, розмір і густина твердих частинок, перепад тиску газу, зумовлений пористою стінкою або розміром конвеєра. Швидкість газу може бути легко самостійно обрана фахівцем в цій галузі техніки. Крім того, у барботажному режимі шар не поширюється далеко за межі об'єму твердої фази, що дозволяє зберігати допустимі габарити пристрою газового розпилення. Ідея реалізації барботажного псевдозрідженого шару описана у книзі: Д. Кунії, О. Левеншпіль. Технологія псевдозрідження. Видання друге, 1991 (див., зокрема, Вступ, с. 1-2).

Завдяки барботажному псевдозрідженому шару металеві частинки дуже швидко і ефективно охолоджуються до робочої температури псевдозрідженого шару при збереженні рівномірного розподілу частинок за розмірами в межах шару.

Для утворення псевдозрідженого шару конвеєр 22 містить нижній канал 25 для проходження псевдозріджувального газу, верхній канал для переміщення порошку і пористу стінку, яка розділяє нижній і верхній канали по суті по всій їх довжині.

Пориста стінка дозволяє псевдозріджувальному газу проходити через неї. Пориста стінка виконана так, що створює достатній перепад тиску газу при проходженні через пористу стінку, щоб забезпечити рівномірний розподіл газу по всьому поперечному перерізу верхнього каналу. Пориста стінка може бути виготовлена з багатошарової тканини брезентової або з пористого вогнетривкого матеріалу.

Псевдозріджувальний газ нагнітається в нижній канал через впускний канал 29 для псевдозріджувального газу, сполучений з регулятором 28 потоку газу. Впускний канал для псевдозріджувального газу може бути виконаний у вигляді впускного трубопроводу, а регулятор потоку газу у вигляді газодувки. Регулятор потоку газу регулює витрату газу, що нагнітається в нижній канал, і, отже, швидкість газу у верхньому каналі, враховуючи, що величина поверхні пористої стінки відома. В такий спосіб можна регулювати витрату газу так, щоб металеві частинки у верхньому каналі перебували у псевдозрідженому стані. Якщо як регулятор потоку використовується газодувка, швидкість потоку газу регулюють так, щоб контролювати витрату псевдозріджувального газу, що нагнітається в нижній канал. Регулятор потоку газу сполучений з джерелом газу. Джерелом газу може бути впускний газовий трубопровід, що забезпечує подачу свіжого газу, і/або трубопровід, що забезпечує рециркуляцію газу.

Рівномірне розподілення газу по всьому поперечному перерізу верхнього каналу дозволяє використовувати для всього конвеєра лише одну газодувку 28. Це спрощує конструкцію і технічне обслуговування установки.

Конвеєр 22 переважно містить поблизу верхнього каналу 26 щонайменше один клапан 30 регулювання тиску, що дозволяє ефективно регулювати тиск псевдозріджувального газу у верхньому каналі. Клапан 30 регулювання тиску переважно сполучений з верхнім каналом за допомоги циклону 31, встановленого в камері 32 для розміщення циклону. Завдяки цьому псевдозріджувальний газ, що виходить із верхнього каналу через клапан регулювання тиску, фільтрується, тобто, частинки псевдозрідженого шару, які захоплюються разом з потоком псевдозріджувального газу, відокремлюються від газу і падають назад у псевдозріджений шар. Камера для розміщення циклону переважно розташована вище рівня верхньої стінки верхнього каналу для мінімізації захоплення твердих частинок в циклон.

Переважно конвеєр 22 містить ряд клапанів 30 регулювання тиску, розподілених по довжині верхнього каналу. Це обмежує рух газу в горизонтальному напрямку над псевдозрідженим шаром і, таким чином, додатково стабілізує псевдозріджений шар. Більш переважно зазначений ряд клапанів регулювання тиску встановлений у поєднанні з перегородками 33. Кожна з цих перегородок розташована в поперечному напрямку у верхній частині верхнього каналу і в проміжку між двома послідовно розташованими клапанами регулювання тиску. Ці перегородки, які створюють перешкоду для газу, додатково обмежують рух газу в горизонтальному напрямку над псевдозрідженим шаром.

Конвеєр 22 містить, на одному з його кінців, пристрій перетікання 34 для вивантаження порошку на ділянку 23 просіювання і/або ділянку упаковки. Пристрій перетікання конвеєра може бути розміщений наприкінці верхнього каналу, як показано на Фіг. 1. В цьому випадку, тільки-но рівень псевдозрідженого шару досягне рівня пристрою перетікання, порошок перетікає на ділянку просіювання 23 і/або ділянку упаковки. Пристрій перетікання 34 конвеєра може бути розташований вище кінця конвеєра, як показано на Фіг. 2. В цьому випадку він сполучений з верхнім каналом конвеєра через вертикальну трубу 35. Нижче описаний шлях транспортування порошку при вивантаженні з конвеєра в цьому випадку. Використовувана для цього схема взаємного розташування компонентів є дуже зручною для живлення ділянки просіювання і/або ділянки упаковки, які не можуть бути повністю розміщені нижче конвеєра.

Для приведення в дію конвеєра 22 псевдозріджувальний газ вводиться з заданою витратою нижче пористої стінки 27, яка розділяє нижній канал 25 і верхній канал 26 конвеєра.

Псевдозріджувальний газ проходить через пористу стінку і потім між металевими частинками, які вивантажуються з пристрою газового розпилення, які покривають пористу стінку і утворюють шар псевдозрідження. Коли швидкість псевдозріджувального газу в порожнинах, які існують між частинками, стає досить високою, частинки починають рухатися і потім піднімаються вгору, при цьому кожна частинка втрачає точки постійного контакту з сусідніми частинками. В результаті у верхньому каналі формується псевдозріджений шар 24.

Оскільки поведінка псевдозрідженого шару металевих частинок подібна до текучого середовища, то він зберігає рівень у верхньому каналі, і при вивантаженні псевдозрідженого шару з конвеєра через трубу перетікання 34 на ділянку просіювання і/або на ділянку упаковки вздовж конвеєра утворюється безперервний потік порошку. Якщо труба перетікання конвеєра встановлена на кінцевій ділянці верхнього каналу, безперервний потік порошку встановлюється, тільки-но рівень псевдозрідженого шару досягає рівня труби перетікання конвеєра. В тому випадку, якщо труба перетікання конвеєра сполучена з верхнім каналом за допомоги спрямованої вгору труби 35, тиск в псевдозрідженому шарі у верхньому каналі конвеєра встановлюється трохи вище атмосферного тиску, завдяки чому псевдозріджений шар переміщується по спрямованій вгору трубі, аж до труби перетікання. Наприклад, для сталевих частинок надлишковий тиск відносно атмосферного тиску може бути встановлений в інтервалі від 200 до 600 мбар на метр спрямованої вгору труби.

У разі, якщо надходження порошку з пристрою газового розпилення переривається, рівень псевдозрідженого шару в конвеєрі буде зменшуватися до досягнення рівня розташування труби перетікання конвеєра. На цій стадії потік через трубу перетікання конвеєра припиняється. І навпаки, якщо з якоїсь причини труба перетікання конвеєра на деякий час буде перекрита, рівень псевдозрідженого шару в конвеєрі буде збільшуватися. В цьому випадку надходження порошку з пристрою газового розпилення, можливо, має бути припинене лише в тому випадку, якщо рівень псевдозрідженого шару досягне верхньої стінки верхнього каналу.

Крім того, транспортування порошку з допомогою розглянутого конвеєра може бути дуже легко активоване і припинене. Для цього вхід для псевдозріджувального газу має бути негайно відкритий і закритий.

Конвеєр 22 сполучений, переважно на віддаленні від труби перетікання конвеєра, з камерою 2 і пристроєм 1 газового розпилення.

Камера 2 може бути камерою розпилення, тобто камерою, в якій потік розплавленого металу піддається дії високошвидкісного потоку газу. Камера може бути також будь-якою іншою камерою пристрою газового розпилення, придатною для збирання металевих частинок, одержаних в камері розпилення.

Конвеєр може бути безпосередньо сполучений з камерою розпилювального пристрою. В цьому випадку металеві частинки проходять безпосередньо з камери в конвеєр. В якості альтернативи конвеєр може бути сполучений з камерою пристрою газового розпилення опосередковано. В цьому випадку металеві частинки при транспортуванні з пристрою газового розпилення в конвеєр спочатку проходять через інше обладнання і/або місткість контейнера.

Відповідно до варіантів винаходу, ілюстрованих на Фіг. 1 і Фіг. 2, пристрій газового розпилення виконаний з можливістю псевдозрідження металевих частинок, які накопичуються в нижній частині камери, з утворенням барботажного псевдозрідженого шару металевих частинок і безперервного їх вивантаження в конвеєр.

Відповідно до детального відображення установки на Фіг. 4 пристрій газового розпилення містить газові інжектори 6, встановлені в днища камери, здатні псевдозріджувати металеві частинки, які накопичуються в нижній частині камери, і здатні утворювати барботаажний псевдозріджений шар металевих частинок. Завдяки такому псевдозрідженому шару може бути ефективно здійснена перша стадія охолодження металевих частинок з доведенням їх до температури нижче температури можливого окиснення через інтенсивний теплообмін між газом і металевими частинками. Металеві частинки, які накопичуються в нижній частині камери, підтримуються при робочій температурі псевдозрідженого шару, гарячі частинки, які падають з верху камери, дуже швидко перемішуються у псевдозрідженому шарі і охолоджуються до робочої температури. Крім того, оскільки ця перша стадія охолодження здійснюється безпосередньо всередині камери, в якій підтримується захисна атмосфера, металеві частки на першій стадії охолодження не окиснюються.

Завдяки барботаажному псевдозрідженому шару металеві частинки дуже швидко і ефективно охолоджуються до робочої температури псевдозрідженого шару при збереженні рівномірного розподілу частинок за розміром всередині шару.

В контексті опису винаходу термін "встановлені в днища камери" означає, що інжектори газу 6 розміщені в нижній частині камери досить близько до днища 7 камери, так що, псевдозріджуються по суті, всі частинки, вироблені в пристрої газового розпилення. Затверділі бризки з вихідного нерозпорошеного потоку металу і/або крупні частинки, можливо, не можуть бути псевдозріджені і можуть падати нижче інжекторів газу, тобто нижче границі псевдозрідженого шару. Відстань між

днищем камери і газовими форсунками переважно не перевищує 10 см, більш переважно 4 см, а ще більш переважно знаходиться в інтервалі від 1 до 3 см.

Газові інжектори 6 вдувають газ в напрямку від днища камери до верхньої стінки камери, в результаті чого частинки металу, які знаходяться на днищі камери, піднімаються вгору з утворенням псевдозрідженого шару.

Газові інжектори можуть містити отвори в нижній стінці камери. Газ може бути введений через ці отвори для псевдозрідження шару порошку.

Газові інжектори можуть мати трубопроводи 8, які проходять крізь бічну стінку камери. Частина таких газових інжекторів, розміщених всередині камери, може слідувати формі днища камери, перебуваючи на близькій відстані від нього, як показано в прикладі, який ілюструється на Фіг. 1.

Газові інжектори можуть бути утворені металевими пористими пластинами, пластинами зі спеченого металу або полотном. Газові інжектори переважно є розподільниками газу, які містять такі елементи, як трубки з великою кількістю невеликих перфораційних отворів для розподілу нагнітального газу. Використання таких розподільників газу є переважним для швидкостей потоку газу, які перевищують 10 см/с, оскільки вони створюють відповідні перепади тиску газу. Переважним є використання пористих розподільників газу. Такий тип розподільників газу забезпечує розподіл газу в шарі металевих частинок за допомоги тисяч дрібних пор.

Кожен розподільник газу може бути забезпечений ущільнювальним кільцем (компресійним фітінгом), що дозволяє вводити і видаляти розподільник газу з пристрою газового розпилення під час його роботи.

Газові інжектори сполучені з регулятором 9 потоку газу. Останній регулює витрату газу, який вдувається через газові інжектори а, отже, і швидкість газу в камері, враховуючи, що площа перерізу камери відома. Таким чином, витрату газу можна регулювати так, що металеві частинки псевдозріджуються, а утворений псевдозріджений шар підтримується в режимі барботажного шару. Як регулятор потоку газу може бути використана газодувка. Швидкість, що створюється газодувною, регулюється для контролю витрати газу, який нагнітається через газові форсунки. Регулятор потоку газу сполучений з джерелом подачі газу. Як джерело подачі газу може бути використаний впускний газовий трубопровід 10, який забезпечує подачу свіжого газу і/або пристрій для видалення газу, який забезпечує газ для рециркуляції, як описано нижче.

Пристрій 1 розпилення газу переважно містить засіб відведення газу 11 для компенсації надходження газу через газові інжектори 6 і газову форсунку 4. Засіб відведення газу переважно розташований у верхній ділянці камери так, що він не впливає на псевдозріджений шар і/або так, що частинки, які опиняються вище псевдозрідженого шару через випліскування газових бульбашок, падають під дією гравітації назад в шар перед досягненням ділянки з високою швидкістю газу, яка може захоплювати їх в засіб відведення газу. Засіб відведення газу може бути виконаний у вигляді одного трубопроводу або множини трубопроводів, приєднаних з одного боку до камери і з іншого боку до пристрою 12 для видалення пилу. Пристрій для видалення пилу видаляє дрібні частинки з відведеного газу. Пристроєм для видалення пилу може бути електрофільтр, рукавний фільтр або циклонний сепаратор. Циклонний сепаратор є переважним для використання, оскільки характеризується відносно низьким перепадом тиску і не містить рухомих частин.

Переважно засіб відведення газу 11 виконаний так, що газ, що нагнітається в камеру і відводиться через засіб відведення газу, може бути спрямований на рециркуляцію. Внаслідок цього може бути мінімізоване споживання газу. Відповідно, засіб відведення газу переважно сполучений з газовими інжекторами 6, газовою форсункою 4 або з обома зазначеними компонентами пристрою газового розпилення. Зокрема, пристрій 12 для видалення пилу, сполучений з одного боку з камерою, з іншого боку сполучений з регулятором 5 потоку газу, який сполучений з газовою форсункою 4, або з регулятором 9 потоку газу, який сполучений з газовими інжекторами 6, або з обома компонентами.

В прикладі, ілюстрованому на Фіг. 4, один пристрій для видалення пилу 12, виконаний у вигляді циклонного сепаратора, сполучений з регулятором 5 потоку газу, призначеного для дії струменя газу на потік металу, що забезпечує можливість рециркуляції вдувного газу в камеру для розпилення металу. Інший пристрій 12 для видалення пилу, виконаний також у вигляді циклонного сепаратора, сполучений з регулятором 5 потоку газу, інжектованого з боку днища камери, і, отже, газ, використовуваний для псевдозрідження шару порошку, може бути спрямований на рециркуляцію. В обох випадках для очищення газу, що спрямовується на рециркуляцію, можуть бути використані фільтри. Можливі інші варіанти здійснення рециркуляції газу.

Сполучення між засобом відведення газу 11 і газовими інжекторами 6 переважно здійснюється через проміжний теплообмінник 13. В цьому випадку газ може бути охолоджений до температури, при якій він має бути введений в камеру в тому випадку, якщо відведення тепла в сполучних елементах є недостатнім для доведення газу до необхідної температури і/або якщо є бажаною рекуперація тепла.

Сполучення між засобом відведення газу 11 і газовими інжекторами 6 може також містити впускний газовий трубопровід 10 у разі, якщо газ має бути введений в систему, зокрема, для того, щоб компенсувати його втрату.

Сполучення між засобом відведення газу 11 і газовою форсункою 4 переважно здійснюється через теплообмінник 13. Відповідно, газ може бути охолоджений до температури, при якій він має бути спрямований у вигляді струменя на потік розплавленого металу в тому випадку, якщо втрати тепла в сполучних елементах не є достатніми для доведення газу назад до бажаної температури і/або бажаною є рекуперація тепла.

Сполучення між засобом відведення газу 11 і газовими інжекторами 4 може також містити впускний газовий трубопровід 10 у разі, якщо газ має бути введений в систему, зокрема, для того, щоб компенсувати втрату газу.

Згідно з одним варіантом винаходу пристрій газового розпилення додатково містить теплообмінник 14, розміщений в нижній частині камери. Зазначений теплообмінник розміщений так, що барботажний псевдозріджений шар 15, утворений в камері, знаходиться в контакт з теплообмінником. Теплообмінник може бути розміщений щонайменше частково, всередині камери, або він може бути виконаний у вигляді охолоджувального кожуха, який охоплює нижню частину камери. Тверді частинки, які утримуються в русі за рахунок подачі газу через газові інжектори 6, вступають в контакт з теплообмінником, де вони віддають одержане тепло теплоносію, що циркулює в теплообміннику. Витрату теплоносія всередині теплообмінника можна регулювати для регулювання швидкості охолодження. Такий теплообмінник спрощує першу стадію охолодження твердих частинок у псевдозрідженому шарі і утримує їх при бажаній температурі. Теплообмінник може також зменшити витрати газу, необхідного для охолодження, або підтримувати тверді частинки при бажаній температурі.

Відповідно до одного варіанта винаходу пристрій 1 газового розпилення додатково містить розміщений нижче камери збиральник 16 крупних частинок. Як зазначено вище, затверділі бризки, які виходять від потоку нерозпорошеного металу, і/або крупні частинки не можуть бути псевдозріджені і можуть падати нижче газових інжекторів, тобто нижче нижнього рівня псевдозрідженого шару на днищі камери. Збиральник крупних частинок може вивантажувати ці небажані тверді частинки з пристрою газового розпилення без порушення функціонування пристрою газового розпилення. Збиральник крупних частинок 16 переважно містить клапан 17 і збиральну камеру 18. Збиральна камера може бути сполучена зі знімною камерою через другий клапан. В результаті знімна камера може бути замінена, не впливаючи на тиск в збиральній камері.

Відповідно до одного варіанта здійснення винаходу, одразу після того, як металеві частинки вироблені і, за потреби, може бути проведена перша стадія їх охолодження в псевдозрідженому шарі, ці частинки вивантажуються через розвантажувальний отвір, розташований в днищі камери. Це може бути зроблено одразу після розпилення завантаженого розплавленого металу або може бути здійснене без порушення процесу розпилення залежно від технічного оснащення вивантажувального отвору.

Згідно з іншим варіантом винаходу пристрій газового розпилення забезпечений в нижній частині камери розпилення пристроєм перетікання 19. Завдання цього пристрою перетікання полягає у вивантаженні порошку з камери 2. Зокрема, псевдозріджений порошок, що знаходиться в нижній частині камери, може вивантажуватися з пристрою газового розпилення у безперервному режимі тільки-но рівень псевдозрідженого шару в камері досягає верхнього кінця трубки 19 перетікання. В такий спосіб, пристрій газового розпилення може працювати безперервно.

Пристрій перетікання 19 переважно розташований щонайменше частково в нижній частині камери і проходить через днище 7 камери. Він може бути виконаний у вигляді вертикального каналу. Більш переважно він є трубою. Її переріз переважно відповідає витраті порошку, який підлягає вивантаженню з камери. Зокрема, переріз труби відповідає витраті рідкого металу, що виходить із сопла так, щоб потім не відбувалося накопичення порошку в нижній частині камери. В тому випадку, коли на днищі камери можуть накопичуватися крупні тверді частинки, які утворилися в пристрої газового розпилення, переріз труби переважно пристосований до витрати розплавленого металу, що виходить із сопла, при цьому крупні частинки не беруться до уваги. Переріз труби переважно постійний, тобто без звужень вздовж довжини труби або на її верхньому кінці, що сприяє рівномірному вивантаженню металевих частинок і дозволяє уникнути закупорювання труби. В одному варіанті винаходу пристрій перетікання або труба, якщо вона може бути використана, забезпечені клапаном для регулювання витрати порошку, який підлягає вивантаженню з камери. В одному варіанті винаходу нижній кінець пристрою перетікання має звужений переріз для додаткового обмеження перетікання газу з конвеєра в пристрій газового розпилення.

Висота пристрою перетікання визначається як вертикальна відстань між верхнім кінцем пристрою перетікання і днищем камери тобто, як довжина вертикальної ділянки пристрою перетікання, яка проходить всередині камери. Висота пристрою перетікання переважно встановлена такою, щоб об'єм псевдозрідженого шару був достатньо великим для охолодження металевих частинок до бажаної температури. Об'єм псевдозрідженого шару визначається по суті перерізом нижньої частини камери і висотою пристрою перетікання. Якщо висота пристрою перетікання мала, об'єм псевдозрідженого шару буде також малим, і частинки знаходяться у псевдозрідженому шарі нетривалий час. Отже,

вивантажені частинки залишаються гарячими. Якщо висота пристрою перетікання досить велика, об'єм псевдозрідженого шару має більші значення, то частинки знаходяться у псевдозрідженому шарі тривалий час, і в результаті охолоджуються частинки, які вивантажуються. Виходячи з цих принципів, фахівець в цій галузі техніки може вибрати висоту пристрою перетікання в залежності від розмірів камери і бажаної температури частинок, які вивантажуються. В одному варіанті винаходу пристрій перетікання або труба, якщо вона може бути застосована, забезпечений засобом регулювання висоти, з допомогою якого висота пристрою перетікання може бути відрегульована в процесі роботи пристрою газового розпилення, зокрема, в процесі регулювання охолодження порошку і, отже, температури порошку, який вивантажується з камери.

Завдяки пристрою перетікання час знаходження частинок у псевдозрідженому шарі є однаковим, незалежно від розмірів твердих частинок, на відміну від інших рішень, подібних до розміщення клапана або труб в днищі камери, через які, першочергово можуть бути вивантажені крупні частинки перед їх охолодженням до робочої температури псевдозрідженого шару. Крім того, оскільки кількість газу, що виходить з камери через пристрій перетікання, мала, то основна частина вдувного газу, використовується для псевдозрідження шару, що сприяє високій стабільності псевдозрідженого шару. Крім того, пристрій перетікання не містить механічних частин, що обмежує абразивне зношування пристрою через взаємодію з твердими частинками.

Згідно з одним варіантом винаходу пристрій перетікання 19 забезпечений нависаючим зверху ковпачком 20. Відповідно, відвертається попадання в пристрій перетікання металевго порошку, який падає з верхньої частини камери. Ковпачок розміщений досить високо над верхнім кінцем пристрою перетікання і тому не створює перешкод для потоку порошку, який вивантажується через пристрій перетікання.

Відповідно до одного варіанта винаходу пристрій перетікання 19 і переважно ділянка пристрою перетікання, яка виходить за межі камери, додатково забезпечена впускним газовим трубопроводом 21. Отже, в пристрій перетікання може бути введений газ, переважно газ, використовуваний для псевдозрідження порошку всередині камери. Це сприяє утримувannya порошку, який вивантажується, в псевдозрідженому стані і відвертає приплив в камеру атмосфери, присутньої нижче по ходу руху потоку відносно пристрою перетікання.

Металеві частинки вивантажуються з пристрою газового розпилення в конвеєр через завантажувальний отвір, розташований у верхньому каналі 26 конвеєра. У варіантах, що ілюструються на Фіг. 1 і Фіг. 2, завантажувальний отвір є отвором введеного в конвеєр пристрою перетікання 19. Зокрема, у верхній канал 26 введений нижній кінець пристрою перетікання. Конвеєр може бути сполучений з множиною пристроїв перетікання і таким чином з множиною пристроїв газового розпилення. В цьому випадку пристрої перетікання розподілені по всій довжині конвеєра. У разі використання множини клапанів регулювання тиску вони переважно розміщені між пристроями, перетікання, а поблизу і вище за потоком відносно пристрою перетікання переважно розміщені перегородки, які перешкоджають проходженню газу.

Конвеєр 22 переважно являє собою закритий ізольований пристрій, який через порошок сполучається в зовнішнім середовищі лише через зазначений завантажувальний отвір і пристрій 34 перетікання конвеєра, а відносно псевдозріджувального газу лише через впускний трубопровід 29 для псевдозріджувального газу і клапани 30 регулювання тиску.

Конвеєр 22 переважно розташований горизонтально. Конвеєр може додатково містити множину трубопровідних гілок, кожна з яких сполучена щонайменше з однією камерою пристрою для газового розпилення. Ці елементи і/або трубопровідні гілки можуть знаходитись на різних рівнях. Отже, транспортування може бути просто пристосоване до рельєфу поверхні місця розташування установки.

На Фіг. 5 представлений інший варіант виконання конвеєра 22. Цей варіант відрізняється від ілюстрованих на Фіг. 1 і Фіг. 2 тим, що конвеєр виконаний з можливістю роботи з двома різними псевдозріджувальними газами. Отже, металеві частинки, які вивантажуються з пристрою газового розпилення, можуть бути охолоджені спочатку в умовах інертної атмосфери, щоб запобігти їх окисненню, а потім транспортуються з допомогою газу.

Відповідно до цього варіанта конвеєр містить щонайменше дві окремі секції, а саме, секцію з інертним газом і секцію з повітрям. В секції 36 з інертним газом розташований отвір для завантаження конвеєра порошком, зокрема, завантажувальний отвір пристрою 19 перетікання пристрою газового розпилення. Секція 37 з повітрям розташована між секцією 36 з інертним газом і пристроєм 34 перетікання.

Нижній канал 25 містить дві окремі секції, секцію з інертним газом і секцію з повітрям. Секції розділені перегородками, які запобігають перетіканню газу, що вдувається в одну секцію і в іншу секцію. Кожна з секцій нижнього каналу, які заповнюються інертним газом і повітрям, має власний впускний трубопровід 29 для псевдозріджувального газу і регулятор 28 витрати газу. Отже, в кожную секцію можуть нагнітатися різні гази, і витрату газу кожної секції можна регулювати незалежно. Відповідно до одного переважного варіанта винаходу інертний газ вдувається в секцію з інертним газом конвеєра, а повітря вдувається в секцію з повітрям. Відповідно, металеві частинки, які

вивантажуються з пристрою газового розпилення, починають охолоджуватися в інертній атмосфері, що запобігає їх окисненню. Коли частки надходять в секцію з інертним газом, вони вже охолоджені достатньою мірою і можуть бути транспортовані до секції з повітрям, тобто в шар, що псевдозріджувальний повітрям.

Подібним чином, верхній канал 26 переважно містить дві секції, розташовані по суті вертикально відносно секцій нижнього каналу і розділені перегородкою 33, яка перешкоджає проходженню газу, і розташованої в поперечному напрямку у верхній частині верхнього каналу. Перегородка для газу обмежує щонайменше частково переміщення газів псевдозрідження над псевдозрідженим шаром в горизонтальному напрямку, і таким чином змішування атмосфер двох секцій. Секція, заповнена інертним газом, верхнього каналу містить завантажувальний отвір, зокрема отвір пристрою перетікання 19 пристрою газового розпилення, яким металеві частинки вивантажуються з пристрою газового розпилення. Секція з повітрям переважно забезпечена клапаном регулювання тиску 30 і циклоном 31, розміщеним в камері 32 циклону. Наявність клапана регулювання тиску лише для секції з повітрям запобігає перетіканню повітря з секції з повітрям в секцію з інертним газом.

Як показано на Фіг. 5, конвеєр може містити множину секцій з інертним газом і множину секцій з повітрям. Секції з інертним газом знаходяться поблизу завантажувальних отворів або пристроїв 19 перетікання пристроїв газового розпилення, а секції з повітрям розташовані між секціями з інертним газом між однією з секцій з інертним газом і пристроєм 34 перетікання конвеєра. В ілюстрованому прикладі кожна секція має свій впускний трубопровід 29 для подачі газу псевдозрідження і розміщення регулятора 28 витрати газу. Тим не менш, можливо, наприклад, щоб всі секції з інертним газом були сполучені з одним єдиним впускним трубопроводом 29 для псевдозріджувального газу і/або одним єдиним регулятором 28 витрати газу, і щоб всі секції з повітрям були сполучені з одним єдиним впускним трубопроводом 29 псевдозріджувального газу і/або одним єдиним регулятором 28 потоку газу.

Відповідно до основної ідеї винаходу ефективні охолодження і транспортування металевого порошку уможливорюються завдяки способу виробництва металевого порошку, який включає:

- (i) вивантаження металевого порошку з камери пристрою газового розпилення в конвеєр,
- (ii) одночасне охолодження і транспортування металевих частинок у вигляді псевдозрідженого шару, утвореного в конвеєрі.

Переважно, такий спосіб призначений для безперервного виробництва металевих порошків, як це буде детальніше описано нижче.

Металом, що підлягає розпиленню, може бути, зокрема, сталь, алюміній, мідь, нікель, цинк, залізо, сплави. Сталь включає, наприклад, вуглецеву сталь, леговані сталі і нержавіючі сталі.

Метал може бути підведений до пристрою газового розпилення в твердому стані, і розплавленим в проміжному розливному пристрої, сполученим з пристроєм газового розпилення за допомоги сопла. Метал може бути розплавлений на попередній стадії і залитий в проміжний розливний пристрій.

Відповідно до одного варіанта винаходу розплавленим металом, який підлягає розпиленню, є сталь, одержана за допомоги технологічного процесу, який включає використання доменної печі. В цьому випадку чавун, випущений з доменної печі, транспортують в конвертер (кисневий конвертер), за необхідності, після подачі в установку десульфуризації чавуну. Розплавлену сталь потім випускають з конвертера в ківш, який забезпечує рекуперацію тепла, переважно транспортують в установку доведення металу (LMF). В такий спосіб розплавлена сталь може бути очищена в LMF, переважно, шляхом розкиснення, і початкове легування розплавленої сталі може бути здійснене шляхом додавання феросплавів або силіцидних сплавів, нітридних сплавів, чистих металів або суміші зазначених речовин. У певних випадках, в яких повинні бути вироблені витратні композиції порошку, розплав сталі може бути, додатково, оброблений в дегазаторі з вакуумною камерою (VTD), в резервуарі для вакуумно-кисневого зневуглецювання (VOD) або в дегазаторі для вакуумно-дугового зневуглецювання (VAD). Зазначене обладнання забезпечує додаткове зниження вмісту, зокрема водню, азоту, сірки і/або вуглецю.

Очищену розплавлену сталь потім заливають в множину індукційних печей. Кожна індукційна піч може працювати незалежно від інших печей. Одна піч може бути вимкнена для технічного обслуговування або ремонту, тоді як інші індукційні печі можуть працювати. В піч можуть бути завантажені феросплави, скрап (металеві відходи), залізо прямого відновлення (DRI), силіцидні сплави, нітридні сплави або чисті речовини, елементи в кількостях, які відрізняються в одній індукційній печі від їх кількості в інших печах.

Кількість індукційних печей вибирають відповідно до витрати розплавленої сталі, яка надходить з конвертера, або очищеної розплавленої сталі, яка надходить із сталерозливального ковша металургійної печі і/або відповідно до бажаної витрати сталевих порошків, який осаджується в нижній частині пристроїв газового розпилення.

В кожній індукційній печі легування розплавленої сталі має здійснюватися шляхом додавання феросплавів або силіцидних сплавів, нітридних сплавів, чистих металів або суміші зазначених речовин для приведення складу сталі у відповідність до складу бажаного сталевих порошків.

Після цього, розплавлена сталь, що має бажаний склад, вивантажується з кожної індукційної печі в спеціально призначену для цього місткість, сполучену, щонайменше, з одним пристроєм газового розпилення. Використовуваний термін "спеціально призначений" означає, що зазначена місткість обрана для використання разом з даною індукційною піччю. Проте з однією обраною індукційною піччю може бути використана множина місткостей. З метою більшої ясності слід зазначити, що кожна індукційна піч має свій власний безперервний виробничий потік, з використанням щонайменше однієї місткості, сполученої, щонайменше, з одним пристроєм газового розпилення. У разі використання таких паралельних і незалежних безперервних виробничих потоків спосіб виробництва сталевих порошків є гнучким і легко пристосовним, і може бути легко здійснений як безперервний.

Згадана місткість є, головним чином, місткістю для зберігання, яка може бути місткістю з контрольованою атмосферою, здатною нагрівати розплавлену сталь і перебувати під тиском.

Атмосферою в кожній із зазначених спеціально підібраних місткостей переважно є аргон, азот або їхня суміш, що дозволяє запобігати окисненню розплавленої сталі.

Сталь, яку заливають в кожну місткість, нагрівається вище температури переходу сталі в рідкий стан і підтримується при цій температурі. Завдяки перегріванню сталі відвертають закупорювання сопла 3 пристрою газового розпилення. Крім того, зниження в'язкості розплавленого складу сприяє одержанню порошку з високим ступенем сферичності частинок за відсутності супутніх утворень і з належним розподілом частинок за розміром.

Нарешті, якщо спеціально підібрана місткість знаходиться під надлишковим тиском, розплавлена сталь може витікати з місткості щонайменше в один з пристроїв газового розпилення, сполучених з цією місткістю.

Згідно з іншим варіантом винаходу, металом, що підлягає розпиленню, є сталь, одержана за допомоги технологічного процесу, що здійснюється в електричній дуговій печі. В цьому випадку вихідні матеріали, такі як скрап, металеві мінерали і/або металеві порошки надходять в дугову електричну піч (EAF) і розплавляються з утворенням при контрольованій температурі гарячого рідкого металу з домішками і включеннями, які відводяться у вигляді окремого шару рідкого шлаку. Рідкий гарячий метал відводиться з печі EAF в ківш, переважно в ківш з пасивним нагріванням, і потім направляється в установку для рафінування рідкого металу, в якій цей метал переважно завантажується в піч для витримання рідкого металу з індуктивним нагріванням. В зазначеній печі здійснюється стадія очищення, зокрема, вакуумно-киснева декарбонізація для видалення з рідкого металу вуглецю, водню, кисню, азоту і інших небажаних домішок. Ківш з очищеним рідким металом потім може бути переміщений вище закритої камери, яка знаходиться під контрольованим розрідженням, з інертною атмосферою і містить нагрівальний проміжний розливний пристрій пристрою газового розпилення. Ківш сполучають з живильним трубопроводом, а через зазначений живильний трубопровід в проміжний нагрівальний розливний пристрій пристрою газового розпилення надходить очищений рідкий метал.

Як альтернатива, ківш з рафінованим рідким металом переміщують з установки для рафінування в іншу місткість-тримач з індуктивним нагріванням, розміщену біля входу пристрою газового розпилення, який містить ділянку заливання з контрольованими розрідженням і атмосферою інертного газу для проміжного розпилювального пристрою газового розпилення. Зазначену місткість-тримач з індуктивним нагріванням потім вводять в приймальну ділянку, де розрідження і атмосфера приведені у відповідність із зазначеними параметрами зони заливання. Потім місткість вводять в ділянку заливання і рідкий метал заливається з контрольованою витратою в нагрівальний проміжний розливний пристрій і розпилюється за допомоги пристрою газового розпилення.

В обох варіантах рідкий метал в проміжному розливному пристрої підтримується при температурі розпилення в процесі його нагнітання через сопло 3 в камеру 2 з контрольованою атмосферою і піддається в камері дії струменів газу, які розпилюють його на дрібні металеві краплі.

Газом, який вдувається через газову форсунку 4 для розпилення потоку металу, переважно є аргон або азот. Ці гази підвищують в'язкість розплавленого металу повільніше за інші гази, наприклад, гелій, що сприяє утворенню твердих частинок меншого розміру. Вони також контролюють чистоту хімічного складу, що дозволяє уникнути наявності небажаних домішок і мають важливе значення для належної морфології порошку. З використанням аргону можуть бути одержані частинки меншого розміру порівняно з використанням азоту, оскільки молярна вага азоту становить 14,01 г/моль порівняно з величиною 39,95 г/моль для аргону. З іншого боку, питома теплоємність азоту становить 1,04 дж/г·К порівняно з величиною 0,52 для аргону, тому азот сприяє збільшенню швидкості охолодження частинок.

Потік газу впливає на розподіл частинок за розміром і на мікроструктуру металевих порошків. Зокрема, що більше витрата газу, то вища швидкість охолодження. Відповідно, співвідношення газу і металу, яке визначається як співвідношення між витратою газу ($\text{м}^3/\text{год.}$) і витратою металу ($\text{кг}/\text{год.}$) переважно підтримується в інтервалі від 1 до 5, більш переважно від 1,5 до 3.

Металеві частинки, одразу після їх утворення в результаті розпилення розплавленого металу в камері, можуть бути піддані першій стадії охолодження в пристрої газового розпилення, зокрема, в

нижній частині камери шляхом вдування газу з боку днища камери з утворенням псевдозрідженого барботажного шару 15 металевих частинок. Ця стадія переважно здійснюється одночасно зі стадією розпилення і переважно здійснюється безперервно і одночасно зі стадією розпилення. Отже, пристрій газового розпилення може працювати безперервно.

При здійсненні першої стадії охолодження металеві частинки охолоджуються до температури нижче температури їх окиснення. Для сталевого порошку, металеві частинки охолоджуються нижче 300 °С, переважно нижче 260 °С, ще більш переважно до температури в інтервалі від 150 до 260 °С. Після проведення такої стадії охолодження порошок може бути оброблений на повітрі на подальших стадіях технологічного процесу. Залежно від чутливості складу сталі до окиснення і/або чистоти сталі, процес охолодження газу може регулюватися. Порошок переважно не охолоджують надто сильно, наприклад, до температури 150 °С, щоб обмежити витрату газу, необхідну для охолодження порошку в пристрої газового розпилення. При роботі у безперервному режимі витрату газу регулюють так, щоб псевдозріджений шар підтримувався при постійній температурі і при цьому відбувалося вивантаження з камери частини металевих частинок, і в шар безперервно додавалися нові гарячі частинки. В цьому випадку псевдозріджений шар підтримується при температурі нижче 300 °С, переважно нижче 260 °С, ще більш переважно при температурі в інтервалі від 150 до 260 °С.

Газом, що вдувається через газові інжектори 6 для псевдозрідження і охолодження шару порошку, переважно є аргон або азот, а більш переважно такий газ, що використовується для розпилення потоку розплавленого металу. Газ переважно вдувається зі швидкістю в інтервалі від 1 до 80 см/с, і в цьому випадку для переміщення потоку газу потрібна невелика потужність, і, отже, споживання енергії може бути зменшене. Витрата газу переважно регулюється з допомогою регулятора 9 потоку газу, такого як газодувка.

Газ, що вдувається, переважно відводиться з розпилювальної камери для підтримування в камері постійного тиску. Для цього відповідним чином регулюється витрата газу в засобі відведення газу 11. Тиск в камері 2 переважно встановлюється в діапазоні від 5 до 100 мбар. Вдувальний газ зазвичай направляють на рециркуляцію. В цьому випадку газ переважно охолоджують після відведення з камери.

Одразу після утворення металевих частинок і здійснення, за необхідності, першої стадії охолодження вони вивантажуються з пристрою газового розпилення (стадія i). Ця стадія переважно здійснюється одночасно зі стадією розпилення і проводиться, за потреби, з першою стадією охолодження. Безперервне вивантаження може виконуватися через пристрій 19 перетікання (трубку).

Як зазначено вище, конвеєр може бути безпосередньо або опосередковано сполучений з камерою пристрою газового розпилення. Отже, металеві частинки можуть бути вивантажені з камери в конвеєр безпосередньо або опосередкованим шляхом.

Крім того, конвеєр може бути сполучений з множиною пристроїв газового розпилення і металеві частинки можуть бути вивантажені з багатьох камер газових пристроїв.

На другій стадії (стадія ii) металеві частинки, вивантажені з пристрою газового розпилення, одночасно охолоджуються і транспортуються конвеєром у вигляді псевдозрідженого шару. Зазначена друга стадія переважно здійснюється одночасно зі стадією вивантаження (стадія i) і/або одночасно зі стадією розпилення і з застосовуваною, за потреби, першою стадією охолодження.

Псевдозріджувальним газом може бути повітря, якщо порошок був підданий першій стадії охолодження в пристрої газового розпилення і не окиснюється при контактуванні з повітрям. Якщо є необхідність захисту порошку від атмосфери, псевдозріджувальним газом може бути інертний газ, подібний аргону або азоту. В цьому випадку інертний газ переважно спрямовується на рециркуляцію. Відповідно до варіанта, що ілюструється на Фіг. 5, інертний газ використовується для охолодження і транспортування металевих частинок на першій стадії охолодження і на стадії транспортування, а повітря використовується для транспортування і, за необхідності, проведення додаткового охолодження металевих частинок на другій стадії охолодження і на стадії транспортування.

Температура і витрата газу або газів, використовуваних для псевдозрідження шару частинок в конвеєрі, переважно регулюються так, що металеві частинки, які досягають виходу конвеєра або входу на ділянку класифікації, охолоджені до температури нижче 150 °С. В зв'язку з цим на ділянці класифікації може бути використане звичайне просте обладнання для просіювання на протилежність використанню обладнання, стійкого до високої температури.

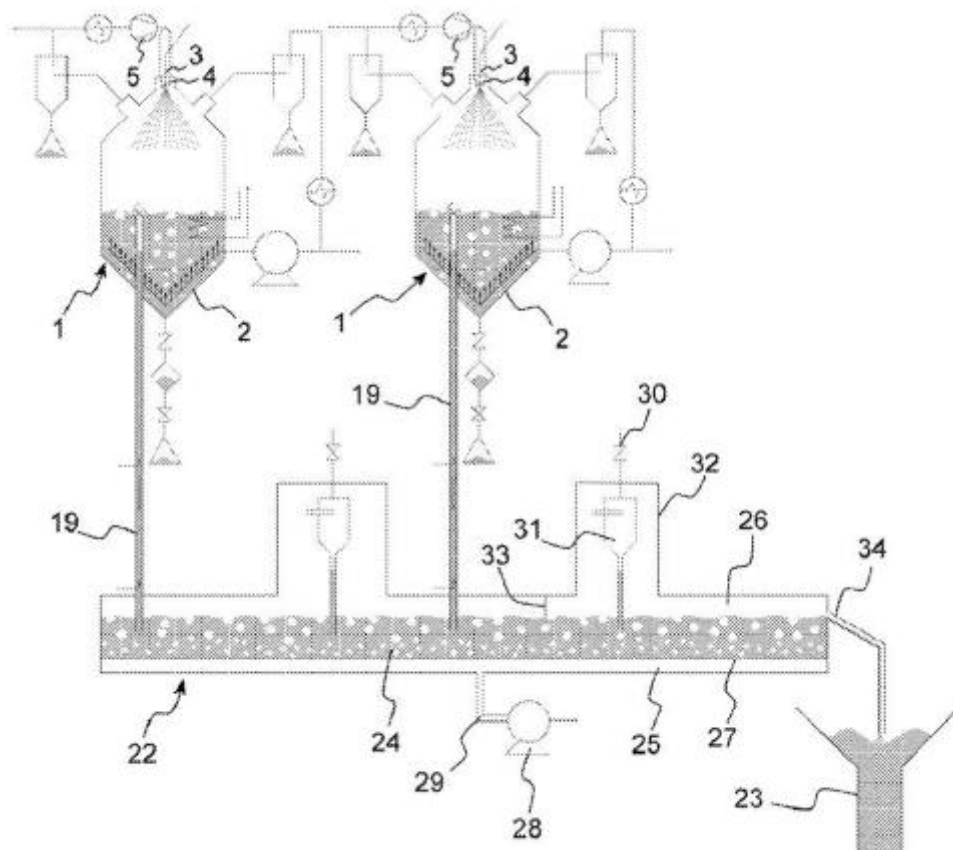


Fig. 1

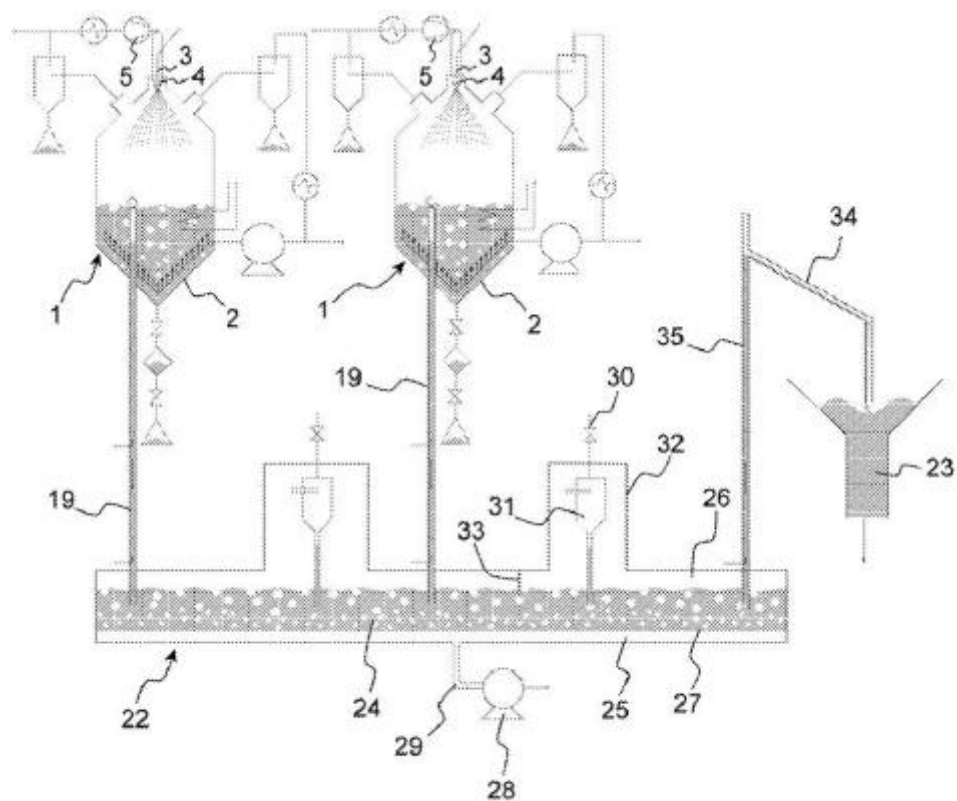
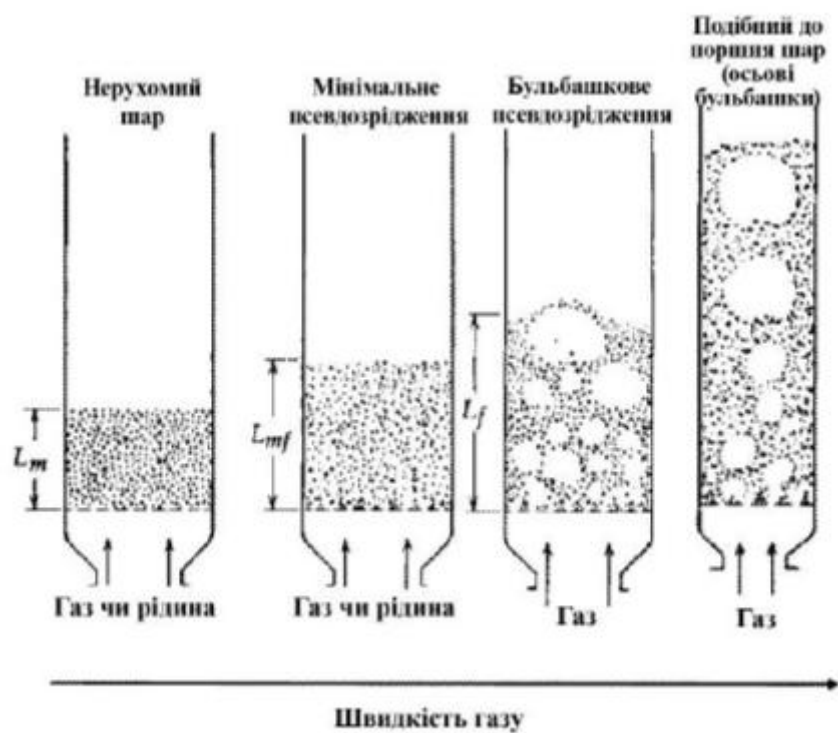
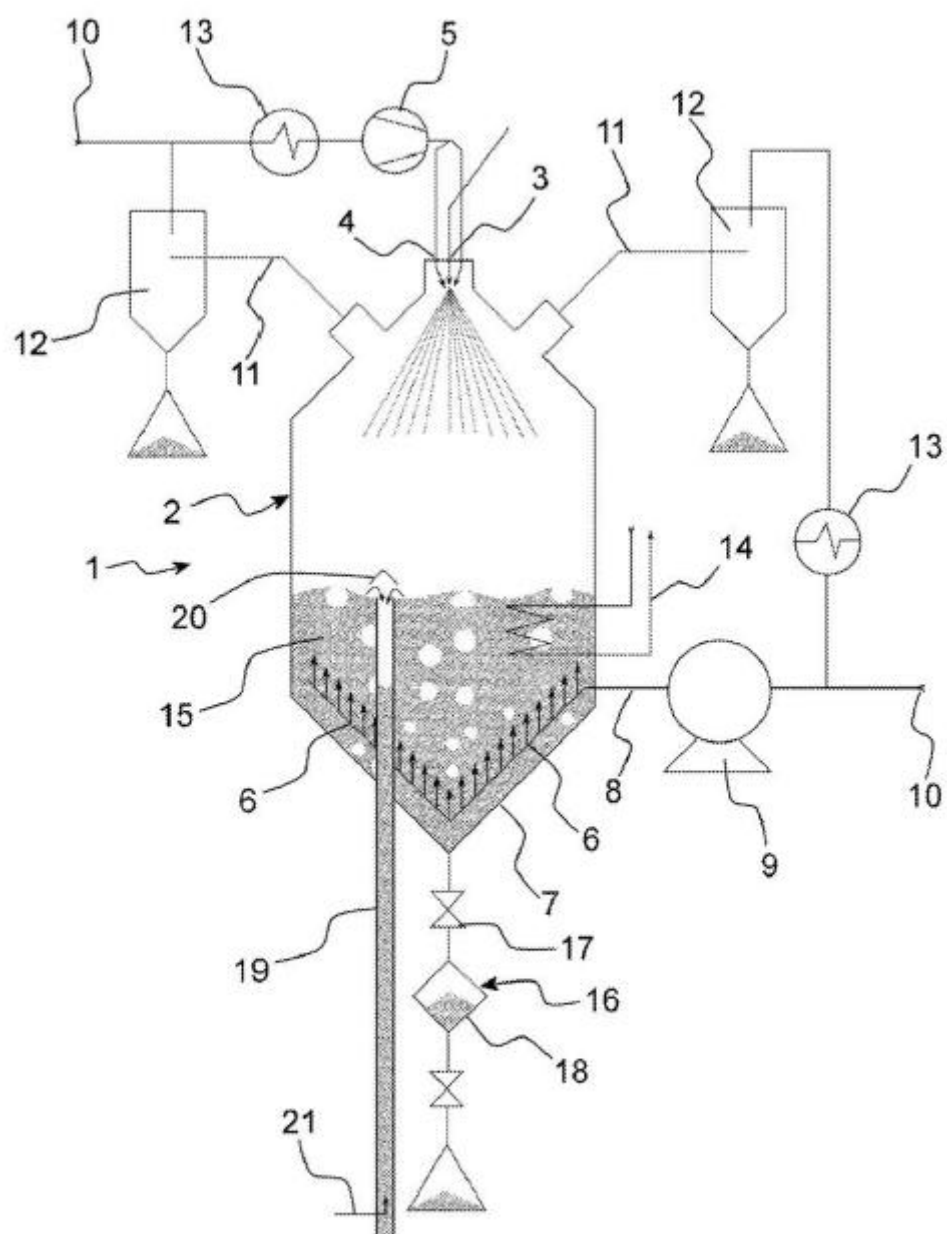


Fig. 2



Фіг. 3



Φir. 4

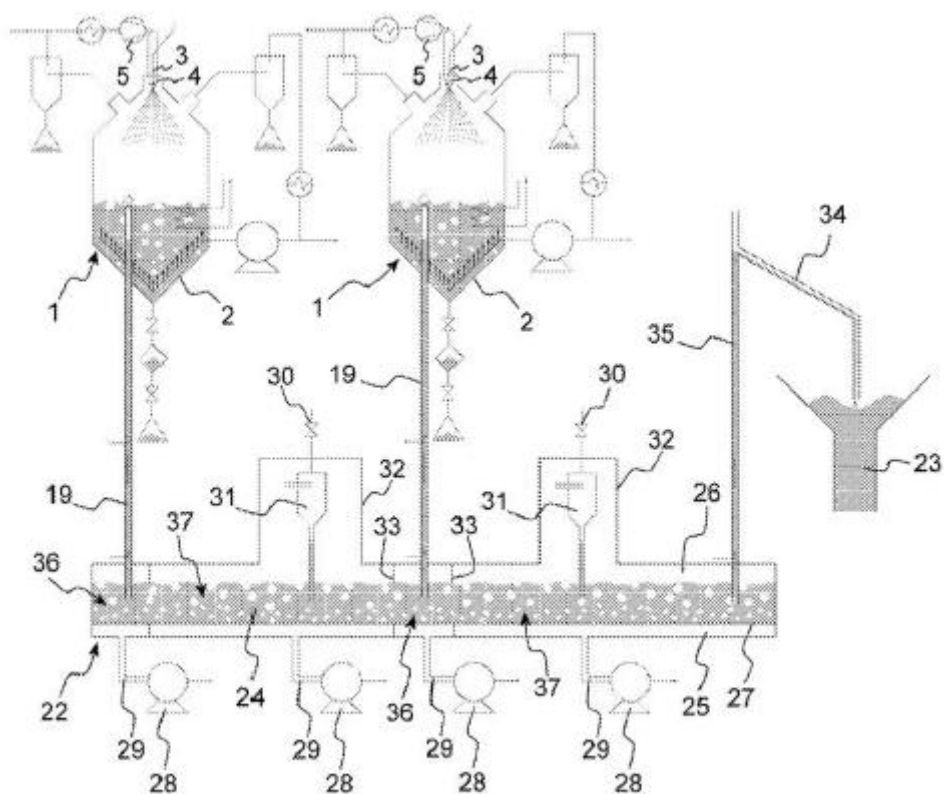


Fig. 5