

Цей винахід належить до виробництва металевих порошків і, зокрема, виробництва сталевих порошків для адитивного виробництва способом газового розпилення. Цей винахід належить, зокрема, до резервуара розпилювачів розплавленого металу. Він також належить до способу одержання металевих порошків.

Попит на металеві порошки для адитивного виробництва зростає, і, отже, виробничі процеси мають відповідно адаптуватися.

Зокрема, з WO 2020041370 відоме плавлення металевого матеріалу в електродугової печі, очищення рідкого металу в ковші і переміщення ковша з рідким металом до розпилювальної станції, яка містить зону розливання в умовах контрольованого вакууму і інертної атмосфери, яка містить в собі нагрітий проміжний ківш (промківш) газового розпилювача. Потім рідкий метал заливають у проміжний ківш з контрольованою швидкістю, щоб підтримувати мінімальний рівень металу в проміжному ковші, продовжуючи при цьому контролювати температуру рідкого металу в ковші за допомоги індукційного нагрівання.

Контроль атмосфери, тиску і використання повітряних шлюзів в розпилювальній станції ускладнюють процес. Крім того, враховуючи малі швидкості потоку в розпилювачі, рідкий метал виливається з ковша дуже повільно. За таких умов дуже складно підтримувати температуру розплавленого металу і уникати його застигання.

Таким чином, завданням цього винаходу є усунення недоліків пристроїв і способів відомого рівня техніки шляхом пропозиції резервуара розпилювачів розплавленого металу, якими можна легко керувати і які можуть працювати безперервно.

З цією метою першим об'єктом цього винаходу є резервуар розпилювача розплавленого металу, який містить:

- проміжний ківш, що має:
 - днище і бічну стінку, які по суті обмежують центральну порожнину, днище якої має центральну частину і периферію;
 - щонайменше одну зону випускання у вигляді відкритої зверху виїмки в бічній стінці, яка містить:
 - днище, яке розташоване щонайменше на рівні периферії днища центральної порожнини,
 - випускний отвір в днищі і,
 - запірний пристрій для випускного отвору,
 - розтруб, крайка якого орієнтована в напрямку днища проміжного ковша, при цьому розтруб, по суті, є центрованим відносно проміжного ковша і проходить щонайменше на 50 % вище днища проміжного ковша, і має в своїй верхній частині газовий інжектор.
- Запропонований в цьому винаході резервуар може також мати наведені нижче додаткові відмітні ознаки, які розглядаються окремо або в комбінації:
- розтруб додатково містить в своїй верхній частині датчик тиску,
 - резервуар додатково містить зону подачі у вигляді відкритої зверху виїмки в бічній стінці проміжного ковша,
 - резервуар додатково містить датчик рівня, розташований поряд із проміжним ковшем для визначення рівня розплавленого металу в зоні випускання,
 - днище зони випускання знаходиться на рівні периферії днища центральної порожнини,
 - днище зони випускання знаходиться нижче рівня периферії днища центральної порожнини,
 - днище центральної порожнини містить центральну плоску частину на першому рівні і периферію на нижчому рівні,
 - днище центральної порожнини являє собою центральний купол,
 - бічна стінка проміжного ковша виконана з вогнетривів,
 - бічна стінка проміжного ковша містить щонайменше один індукційний нагрівач, вбудований у вогнетриви,
 - бічна сторона проміжного ковша містить індукційний нагрівач, вбудований у вогнетрив зони випускання,
 - резервуар містить щонайменше дві зони випускання,
 - щонайменше дві зони випускання рівномірно розподілені вздовж бічної стінки проміжного ковша,
 - запірний пристрій є запірним стрижнем,
 - запірний пристрій являє собою шиберний затвор,
 - розтруб виконаний з можливістю поступального переміщення відносно проміжного ковша вздовж вертикальної осі,
 - резервуар додатково містить підйомний пристрій, здатний переміщувати розтруб у вертикальному напрямку,
 - зона випускання частково відокремлена від центральної порожнини, так що розплавлений метал може текти між центральною порожниною і зоною випускання лише через канал, який з'єднує днище зони випускання з днищем центральної порожнини,
 - крайка розтруба має, по суті, ту саму форму і розмір, що і бічна стінка центральної порожнини, так що розтруб може закривати центральну порожнину, не перекриваючи зону випускання,
 - зона випускання має кришку,
 - співвідношення об'єму зони випускання і об'єму резервуара менше 0,4,
 - форма і розміри розтруба такі, що щонайменше нижня частина розтруба вміщується в центральну порожнину,
 - розтруб має прямокутну форму з верхньою частиною і чотирма сторонами,
 - щонайменше дві зони випускання примикають до двох протилежних сторін розтруба,
 - розтруб має округлу форму з верхньою частиною і заокругленою бічною стороною,
 - щонайменше дві зони випускання розташовані вздовж округлої сторони розтруба,
 - розтруб додатково виконаний з можливістю обертання навколо вертикальної осі відносно проміжного ковша і,
 - вертикальна вісь збігається з віссю симетрії розтруба.

Другим об'єктом цього винаходу є установка, яка містить розпилювач, що містить розпилювальне сопло, причому установка додатково містить запропонований в цьому винаході резервуар, випускний отвір якого з'єднаний з розпилювальним соплом розпилювача.

Третім об'єктом винаходу є спосіб виробництва металевих порошків, який передбачає:

(i) заливання розплавленого металу в запропонований в цьому винаході резервуар, випускний отвір якого з'єднаний з розпилювальним соплом розпилювача,

(ii) підтримання рівня розплавленого металу, по суті, на заданому рівні в зоні випускання проміжного ковша шляхом збільшення тиску газу в розтрубі в міру випускання розплавленого металу через розпилювальне сопло.

Запропонований в цьому винаході спосіб може також мати наведені нижче додаткові відмітні ознаки, які розглядаються окремо або в комбінації:

- спосіб додатково включає етап (iii) заливання розплавленого металу в проміжний ківш при одночасній підтримці рівня розплавленого металу, по суті, на заданому рівні в зоні випускання проміжного ковша шляхом зниження тиску газу в розтрубі,

- етапи (ii) і (iii) повторюються послідовно.

Очевидно, що винахід заснований на проміжному ковші і розтрубі, сконструйованими так, що рівень розплавленого металу в зонах резервуара над розпилювальними соплами може підтримуватися, по суті, на заданому рівні, переважно, по суті, на постійному рівні, навіть коли розплавлений метал заливається в проміжний ківш партіями. Отже, відповідний статичний тиск рідкого металу в розпилювальному соплі розпилювачів і, отже, витрату можна підтримувати на заданому рівні або, по суті, на заданому рівні, переважно на постійному рівні або, по суті, постійному рівні. Конструкція резервуара також дозволяє легко уникати окиснення розплавленого металу і підтримувати задану температуру розплавленого металу.

Інші відмітні ознаки і переваги цього винаходу будуть описані більш докладно в наведеному нижче описі.

Винахід стане більш зрозумілим після прочитання нижченаведеного опису, який наводиться виключно з метою пояснення і не має обмежувального характеру з посиланнями на додані до опису фігури, на яких показано:

на Фіг. 1 - вид зверху резервуара першого варіанта здійснення винаходу;

на Фіг. 2 - вид у перерізі резервуара, показаного на Фіг. 1;

на Фіг. 3 - вид зверху резервуара другого варіанта здійснення винаходу;

на Фіг. 4 - вид зверху резервуара третього варіанта здійснення винаходу;

на Фіг. 5 - вид зверху проміжного ковша резервуара, показаного на Фіг. 4, частково заповненого розплавленим металом;

на Фіг. 6 - вид у перерізі резервуара, показаного на Фіг. 1;

на Фіг. 7 - урізаний перспективний вид резервуара, показаного на Фіг. 4, з високим рівнем розплавленого металу;

на Фіг. 8 - урізаний перспективний вид резервуара, показаного на Фіг. 4 з низьким рівнем розплавленого металу.

Слід зазначити, що такі терміни, як "над", "нижче", "верхній", "нижній", "вертикальна вісь" тощо, які використовуються в цій заявці, стосуються положення і орієнтації різних складових елементів резервуара, коли останній встановлений на заводі і експлуатується або готовий до експлуатації.

Стосовно Фіг. 1-6, запропонований в цьому винаході резервуар 1 насамперед являє собою проміжний ківш 2 і розтруб 3.

Проміжний ківш 2 являє собою широкий відкритий резервуар. Він служить буфером для рідкого металу і, у разі виробництва сталі, пов'язує дискретний процес вторинної металургії в ковші з процесом розпилення, який є переважно безперервним.

По суті, проміжний ківш 2 містить днище 4 і бічну стінку 5. Які по суті обмежують центральну порожнину 6. Під виразом "по суті" тут мається на увазі, що існують варіанти винаходу, в яких не вся поверхня днища і не вся поверхня бічної стінки обмежують центральну порожнину, як докладно описується нижче стосовно виїмок. Днище центральної порожнини і бічна стінка центральної порожнини є частинами відповідно днища 4 і бічної стінки 5 проміжного ковша і позначені посилальними позиціями 4а і 5а. У разі цього винаходу форма центральної порожнини конкретно не обмежена. Вона може бути прямокутною або круглою.

Внутрішні поверхні днища 4 і бічної стінки 5 проміжного ковша переважно виготовлені з матеріалів, таких як-от вогнетриви, які роблять проміжний ківш здатним містити розплавлений метал. Переважно, щоб проміжний ківш містив щонайменше один нагрівач 7, такий як-от індукційний нагрівач, вбудований в бічну стінку 5 проміжного ковша, переважно вбудований у вогнетриви. Більш переважно, щоб проміжний ківш містив множину нагрівачів 7, рівномірно розподілених вздовж бічної стінки 5 проміжного ковша або розташованих в зонах, які більш схильні до охолодження, таких як-от описані нижче зони випускання. Більш переважно, щоб індукційний нагрівач був вбудований у вогнетрив кожної зони випускання.

Проміжний ківш 2 також містить щонайменше одну зону 8 випускання у вигляді відкритої зверху виїмки на бічній стінці 5 проміжного ковша 2. Під виїмкою мається на увазі те, що частина бічної стінки 5 проміжного ковша відсунута від решти бічної стінки всередину або назовні. Таким чином, виїмка може бути зовнішньою виїмкою, як показано на Фіг. 1 і 4, або внутрішньою виїмкою, як показано на Фіг. 3. Для більшої ясності частину бічної стінки, яка відсунута від решти бічної стінки, може бути частиною бічної стінки, взятої по всій товщині, як показано на Фіг. 1, або частиною бічної стінки, взятої в частині товщини бічної стінки, як показано на Фіг. 3. В останньому випадку виїмка є ніби западиною в товщі бічної стінки. Під виразом "відкритий зверху" мається на увазі, що верхня частина виїмки не закрита герметично. Наприклад, вона може бути відкрита для доступу повітря або закрита негерметичною кришкою або просто кришкою.

Для більшої ясності викладення, відкриті зверху виїмки не є частиною центральної порожнини 6. Іншими словами, центральна порожнина 6 обмежена дном 4 і бічною стінкою 5 проміжного ковша, за винятком всіх відкритих зверху виїмок. Кожна зона 8 випускання обмежена відповідною виїмкою на бічній стінці 5 проміжного

ковша і частиною днища 4 проміжного ковша, яка знаходиться у виїмці. Ця частина днища називається дном 11 зони випускання, і її слід відрізнити від днища 4а центральної порожнини. Внутрішні грані днища і бічних стінок зони випускання переважно виконані з вогнетривів, можливо у вигляді тигля.

У разі зовнішньої виїмки, як показано на Фіг. 1 і 4, відкрита зверху виїмка переважно містить дві бічні сторони 9 і задню сторону 10, які всі сформовані в бічній стінці 5 проміжного ковша. Бічні сторони переважно є плоскими. Задня сторона може бути переважно плоскою або закругленою для полегшення руху розплавленого металу у виїмці.

У разі внутрішньої виїмки, як показано на Фіг. 3 відкрита зверху виїмка, переважно містить дві бічні сторони, передню і задню сторону, причому всі вони утворені в бічній стінці 5 проміжного ковша.

Зона 8 випускання є зоною, в якій розплавлений метал випускається з резервуара 1 в розпилювачі. Відповідно, днище 11 зони випускання містить отвір або випускний отвір 12, який призначений для і здатний сполучатися з розпилювальним соплом розпилювача. Зокрема, вона може бути каналом з індуктивним нагріванням.

Переважно існує щонайменше дві зони випускання для того, щоб розвантаження резервуара могло бути безперервним, навіть якщо розпилювальне сопло, з'єднане з випускним отвором, засмітиться, пошкодиться або зносится. Інша перевага наявності множини зон випускання і, отже, множини розпилювачів полягає в прискоренні випорожнення резервуара і зниження ризику зниження температури металу, отже, ризику застигання металу. Отже, зони випускання переважно розташовані на достатній відстані одна від одної, щоб кілька розпилювачів розташовувалися під резервуаром. Більш переважно, щоб зони випускання були рівномірно розподілені вздовж бічної стінки проміжного ковша.

В одному з варіантів здійснення винаходу, показаному на Фіг. 3 і 6, зони 8 випускання частково відділені від центральної порожнини 6, так що розплавлений метал може текти між центральною порожниною і кожною зоною випускання лише каналом 13 (див Фіг. 6), який з'єднує днище 11 зони випускання з днищем 4а центральної порожнини. Тому, легше підняти рівень рідкого металу в зонах випускання вище рівня рідкого металу в центральній порожнині і встановити статичний тиск металу на задане значення. Крім того, це сприяє відвертання утворення мертвого об'єму розплавленого металу в центральній порожнині при випорожненні проміжного ковша під час циклів завантаження/випускання, як це буде докладніше пояснено пізніше. Канал 13 переважно має висоту щонайменше 5 см, більш переважно 5-15 см. Отже, розплавлений метал може легко циркулювати між центральною порожниною і зоною випускання без ризику застигання металу. Канал переважно має висоту не більше 20 см, щоб обмежити мертвий об'єм розплавленого металу в центральній порожнині, коли проміжний ківш випорожнюється під час циклів завантаження/випускання, як це буде більш докладно пояснено пізніше.

Зони випускання можуть бути частково відокремлені від центральної порожнини частиною бічної стінки центральної порожнини, як показано на Фіг. 3. Ця частина бічної стінки може виконуватися з вогнетриву. У переважному варіанті здійснення зони випускання частково відокремлені від центральної порожнини знімним вогнетривким бар'єром 14, як показано на Фіг. 6. По ширині бар'єр проходить між двома бічними сторонами 9 зони випускання і звернений до задньої сторони 10. По висоті він переважно доходить до верху бічної стінки 5а центральної порожнини. Таким чином, полегшується підтримання герметичності центральної порожнини, коли це можна застосувати. Знімний вогнетривкий бар'єр 14 відокремлений від днища 11 зони випускання, утворюючи канал 13. Переважно бар'єр від днища зони випускання щонайменше на 5 см, переважно на 5-15 см. Отже, розплавлений метал може легко циркулювати між центральною порожниною і зоною випускання без ризику застигання металу. Знімний вогнетривкий бар'єр бажано не відокремлювати від днища зони випускання більш ніж на 20 см, щоб обмежити мертвий об'єм розплавленого металу в центральній порожнині, коли проміжний ківш випорожнюється під час циклів завантаження/випускання, як це буде докладно пояснено нижче.

Внутрішня сторона 15 знімного вогнетривкого бар'єра 14, тобто сторона, що звернена до центральної порожнини, переважно має, по суті, ту саму форму, що і бічна стінка 5а центральної порожнини. Нижня сторона знімного вогнетривкого бар'єру 14 переважно закруглена в напрямку внутрішньої сторони, щоб канал 13 був якомога більшого розміру на більшій частині його довжини, що запобігає застигання розплавленого металу. Зовнішній бік 16 знімного вогнетривкого бар'єру, тобто сторона, що звернена до задньої сторони зони випускання, може бути плоскою або закругленою. Верхня сторона переважно є плоскою, подібно до верхньої частини бічної стінки 5а центральної порожнини.

Знімний вогнетривкий бар'єр 14 за необхідності можна зняти з проміжного ковша, наприклад, під час технічного обслуговування. Зокрема, це можна зробити, коли знімний вогнетривкий бар'єр є зношеним і потребує заміни, що може відбуватися частіше, ніж заміна бічної стінки 5а центральної порожнини, через протікання розплавленого металу на рівні знімного вогнетривкого бар'єру. Це також можна зробити, якщо в каналі 13 застигнув розплавлений метал. Для полегшення видалення вогнетривкого бар'єру його бічні сторони можуть містити язичок, що продовжується вертикально вздовж кожної сторони. Язичок входить у паз, який продовжується вертикально вздовж кожної бічної сторони 9 зони випускання.

Дно 4а центральної порожнини містить центральну частину 17 і периферію 18. Днище може бути плоским. В цьому випадку центральна частина 17 і периферія 18 знаходяться в одній горизонтальній площині. Альтернативно, щоб додатково запобігати наявності мертвого об'єму розплавленого металу в центральній порожнині при випорожненні проміжного ковша, днищу центральної порожнини можна надати деяку форму. В одному з варіантів здійснення, показаному на Фіг. 6, днище центральної порожнини містить центральну частину 17, яка є плоскою і знаходиться на першому рівні, а периферію 18, яка знаходиться на нижчому рівні, у вигляді границі, яка не обов'язково є безперервною і може обмежуватися околицями відкритих зверху виїмок і/або околицями зон випускання. Згідно з іншим варіантом здійснення днище центральної порожнини являє собою центральний купол. В цьому варіанті здійснення периферія 18 може обмежуватися периметром центрального купола, який в цьому випадку знаходиться у безпосередньому контакті з днищем зон випускання, або периферія

може мати вид суцільної або переривчастої границі, яка з'єднує периметр центрального купола з днищем 11 зон випускання.

В одному з варіантів здійснення винаходу днище 4а центральної порожнини містить або з'єднане з нагрівачем, наприклад індукційним нагрівачем, для нагрівання і перемішування розплавленого металу, який міститься в центральній порожнині. Днище 4а центральної порожнини може містити пористу пробку для барботування аргону і перемішування розплавленого металу.

Рівень днища 11 кожної зони випускання знаходиться не вище рівня периферії 18 днища 4а центральної порожнини. Отже, статичний тиск металу на рівні випускного отвору можна встановлювати і контролювати, як тільки в резервуарі з'явиться деяка кількість розплавленого металу. Крім того, при випорожненні проміжного ковша можна запобігати наявності мертвого об'єму металу розплавленого в центральній порожнині. Рівень днища кожної зони випускання 11 може перебувати на рівні периферії днища центральної порожнини. Він також може бути нижчим за рівень периферії днища центральної порожнини. В цій останній конфігурації статичний тиск металу на рівні випускного отвору може бути легко збільшений без зміни розмірів проміжного ковша.

Днище кожної зони випускання може бути плоским. Альтернативно, днище може мати іншу форму, наприклад, опуклу форму, для додаткового зливання розплавленого металу. Отже, вираз "рівень днища 11 кожної зони випускання знаходиться максимум на рівні периферії 18 днища 4а центральної порожнини" слід розуміти так, що нижня частина днища 11 знаходиться максимум на рівні периферії 18 днища 4а центральної порожнини. Переважно, щоб ніяка частина днища 11 не була вище рівня периферії 18 днища 4а центральної порожнини, тобто найвища частина днища 11 знаходиться максимум на рівні периферії 18 днища 4а центральної порожнини, щоб запобігати наявності мертвого об'єму розплавленого металу в зоні випускання при випорожненні проміжного ковша.

Днище кожної зони випускання також містить випускний отвір 12, який призначений і здатний з'єднуватися з розпилювальним соплом розпилювача. Випускний отвір переважно розташований в найнижчій частині днища 11 зони випускання. Випускний отвір керується запірним пристроєм 28, так що випускний отвір можна відкривати і закривати за потреби. Запірний пристрій може являти собою, зокрема, запірний стрижень, прикріплений до бічної стінки проміжного ковша, або шиберний затвор.

Оскільки статичний тиск металу на рівні випускних отворів контролюється під час розпилення, зони випускання не можуть бути випорожені наприкінці виробництва при продовженні розпилювання. Це впливає на продуктивність розпилювача. Щоб мінімізувати цей вплив, розмір зон випускання переважно мінімізують. Згідно з переважним варіантом здійснення винаходу максимальна відстань між сторонами зони випускання і випускним отвором становить 40 см. Більш переважно, ця відстань становить 10-30 см. Згідно з іншим варіантом здійснення співвідношення між сумою об'ємів зон випускання і об'ємом резервуара становить менше 0,4, більше переважно, 0,05-0,3.

Проміжний ківш переважно додатково містить зону 19 подачі, таку що проміжний ківш можна легко поповнювати, без перемішування деяких частин резервуара. Зона подачі переважно має форму відкритої зверху виїмки, як зазначено вище, переважно в бічній стінці проміжного ковша. Верхню частину зони подачі можна відкривати для доступу повітря, щоб розплавлений метал можна було переливати з ковша у проміжний ківш, або щоб в зону подачі можна було вставити захисну трубу ковша, яка дозволяє розплавленому металу витікати з ковша у проміжний ківш. В одному з варіантів здійснення винаходу верхня частина зони подачі відкрита для доступу повітря. В цьому випадку окисненню розплавленого металу в зоні подачі можна запобігати, додавши на поверхню металу шлак проміжного ковша або ливарний порошок. В іншому варіанті винаходу зона подачі забезпечена негерметичною кришкою. В іншому варіанті винаходу зона подачі обладнана герметичною кришкою, так що рівень розплавленого металу в зоні подачі можна контролювати шляхом регулювання тиску газу в зоні подачі. В останньому випадку рівень розплавленого металу в зоні подачі можна встановити низьким, щоб зменшити мертвий об'єм.

Зона 19 подачі обмежена відповідною виїмкою в бічній стінці 5 проміжного ковша і частиною днища 4 проміжного ковша, яка знаходиться у виїмці. Ця частина днища називається днищем 20 зони подачі і її слід відрізнити від днища 4а центральної порожнини.

В одному з варіантів здійснення винаходу, проілюстрованому на Фіг. 3 і 8, зона 19 подачі частково відокремлена від центральної порожнини 6, так що розплавлений метал може текти між центральною порожниною і зоною подачі лише каналом 13, як описано вище, який з'єднує нижню частину зони подачі з нижньою частиною 4а центральної порожнини. Отже, полегшується підняття рівня рідкого металу в зонах випускання вище за рівень рідкого металу в центральній порожнині і встановлення статичного тиску металу на задане значення. Крім того, це допомагає відвернути наявність мертвого об'єму розплавленого металу в центральній порожнині при випорожненні проміжного ковша під час циклів завантаження/випускання, як це буде докладно пояснено нижче.

Зона 19 подачі може бути частково відокремлена від центральної порожнини частиною бічної стінки 5а центральної порожнини, як показано на Фіг. 3. Ця частина бічної стінки може виконуватися з вогнетриву. Переважно зона подачі частково відділена від центральної порожнини знімним вогнетривким бар'єром 14, як показано на Фіг. 6 і як описано раніше стосовно зон випускання.

Рівень днища 20 зони подачі переважно знаходиться максимум на рівні периферії 18 днища 4а центральної порожнини. Отже, наявність мертвого об'єму розплавленого металу в зоні подачі можна відвернути коли проміжний ківш повністю випорожняється, наприклад, для ремонту або технічного обслуговування. Рівень днища 20 зони подачі може бути лише на рівні периферії днища центральної порожнини. Він також може бути вище рівня периферії днища центральної порожнини.

Дно 20 зони подачі може бути плоским. Альтернативно, йому може бути надана форма, наприклад, опукла, для додаткового зливання розплавленого металу. Отже, вираз "рівень днища 20 зони подачі переважно

знаходиться щонайменше на рівні периферії 18 днища 4а центральної порожнини" слід розуміти так, що нижня частина днища 20 зони подачі переважно знаходиться щонайменше на рівні периферії 18 днища 4а.

Запропонований в цьому винаході резервуар 1 додатково містить розтруб 3, тобто, порожнистий предмет у формі перевернутого бункера, так що його крайка 21 спрямована до низу. Розтруб розташований над днищем 4 проміжного ковша і, таким чином, його крайка направлена в бік днища проміжного ковша. Розтруб, по суті, розташований по центру проміжного ковша. Під виразом "по суті, по центру" мається на увазі, що розтруб розташований над проміжним ковшем так, що, зокрема, за рахунок вертикального переміщення його можна вставити в центральну порожнину так, щоб між розтрубом і бічною стінкою 5а залишалася, по суті, кільцеве місце центральної порожнини, або він може лежати на бічній стінці 5а центральної порожнини і герметизувати центральну порожнину. Крайку переважно виконують з кераміки або вогнетриву.

Розтруб продовжується щонайменше над 50 % днища проміжного ковша, так що значний об'єм розплавленого металу може бути витіснений під дією розтруба, як це буде більш докладно пояснено пізніше. Якщо розтруб продовжується менше ніж над 50 %, днища проміжного ковша, резервуар не може бути ефективно випорожнений і наповнений під час циклів завантаження/випускання. Іншими словами, розплавлений метал доводиться додавати в резервуар частіше і невеликими порціями. Розтруб переважно продовжується щонайменше над 70 %, більш переважно щонайменше над 80 %, ще більш переважно, щонайменше над 90 % днища проміжного ковша, щоб мінімізувати мертвий об'єм розплавленого металу в резервуарі. Розтруб переважно продовжується щонайменше над 50 %, більш переважно щонайменше над 70 %, 80 % або 90 % днища 4а центральної порожнини проміжного ковша.

Розтруб переважно виконаний з можливістю поступового переміщення відносно проміжного ковша щонайменше вздовж вертикальної осі. Завдяки такій мобільності розтруб можна піднімати над проміжним ковшем, щоб забезпечити доступ до внутрішньої частини розтруба і центральної порожнини. Це особливо зручно для обслуговування і ремонту, а також для заповнення проміжного ковша розплавленим металом або нагрівання резервуара перед початком виробництва. В цьому випадку між проміжним ковшем і розтрубом можна встановити мобільні нагрівачі, наприклад газові пальники, для нагрівання вогнетривів. Рухливість розтруба може бути забезпечена підйомним пристроєм 22, здатним переміщати розтруб щонайменше вертикально.

Розтруб додатково містить в своїй верхній секції газовий інжектор 23. Верхня секція розтрубу визначається як верхня половина розтрубу. Більш переважно газовий інжектор 23 розташований зверху розтруба. Отже, під час експлуатації резервуара в розтруб можна закачувати газ для підвищення тиску в розтрубі і зниження рівня розплавленого металу нижче розтруба, щоб статичний тиск металу на рівні випускних отворів підтримувався, по суті, на заданому рівні, в той час як кількість розплавленого металу в проміжному ковші зменшується. Аналогічним чином, газ може випускатися з розтруба, щоб зменшити тиск у розтрубі і підвищити рівень розплавленого металу під розтрубом, так щоб статичний тиск металу на рівні випускних отворів підтримувався, по суті, на заданому значенні, якщо кількість розплавленого металу в проміжному ковші збільшується. Газ, що нагнітається в розтрубі, переважно являє собою інертний газ для захисту розплавленого металу під розтрубом від окиснення.

Розтруб додатково може у ряді випадків містити в своїй верхній секції датчик 24 тиску. У переважному варіанті датчик 24 тиску розташовується зверху розтруба. Це допомагає вимірювати і контролювати тиск в розтрубі.

Розтруб у ряді випадків може додатково містити датчик рівня. У переважному варіанті датчик рівня розташовується зверху розтруба. Це допомагає контролювати рівень розплавленого металу під розтрубом, щоб рівень не знижувався занадто сильно, запобігаючи тим самим викиду газу за межі розтрубу.

Розтруб може в ряді випадків додатково містити нагрівач, такий як індуктор, плазмовий пальник або газовий пальник. Це допомагає підтримувати задану температуру в центральній порожнині. Розтруб також може містити додаткові прилади, які допомагають контролювати процес, такі як-от камера, датчик температури, датчик витрати тощо. Розтруб також може мати отвір, зокрема для додавання феросплавів, розплавленого металу або додаткових елементів.

Згідно з першим варіантом здійснення розтруба, форма і розмір розтруба такі, що щонайменше нижня частина розтруба входить в центральну порожнину. Переважно розтруб має площу поверхні, яка проектується на горизонтальну площину, меншу, ніж площа поверхні днища центральної порожнини, так що розтруб може розташовуватися в центральній порожнині. Згідно з першим варіантом здійснення, центральна порожнина має прямокутну форму, і розтруб 3 має верхню частину 25 і чотири сторони 26. Прямокутник, утворений чотирма сторонами 26 менше центральної порожнини. Отже, розтруб можна вставляти в центральну порожнину, а його крайку можна занурювати в розплавлений метал, який міститься в центральній порожнині. В цьому варіанті здійснення у випадку двох зон випускання 8 вони переважно примикають до двох протилежних сторін 26 розтруба. В іншому варіанті здійснення, показаному на Фіг. 1 і 2, бічна стінка 5а центральної порожнини 6 проміжного ковша є круглою, і розтруб 3 містить верхню частину 25 і сторону 26, яка є круглою і діаметр якої менше діаметра бічної стінки 5а. Отже, розтруб можна вставляти в центральну порожнину, а його крайку можна занурювати в розплавлений метал, що міститься в центральній порожнині. В цьому варіанті здійснення зони 8 випускання розподілені вздовж кругової сторони 26 розтруба. Зрозуміло, можливі і інші форми, за умови, що щонайменше нижня частина розтруба може входити в центральну порожнину так, що крайка розтруба може бути занурена в розплавлений метал, що міститься в центральній порожнині. Оскільки крайка може бути занурена в розплавлений метал, тиск в розтрубі можна змінювати і, отже, можна змінювати рівень розплавленого металу під розтрубом, щоб компенсувати витрату розплавленого металу в проміжному ковші (як показано на Фіг. 2), або додавання розплавленого металу в проміжний ківш. Це простий і зручний спосіб створення всередині розтрубу герметичної порожнини, не вдаючись до складного герметичного пристрою. Зрозуміло, можливі й інші форми розтрубу і центральної порожнини.

Розтруб переважно виконаний з можливістю поступального переміщення відносно проміжного ковша щонайменше вздовж вертикальної осі, так що відстань між крайкою 21 і днищем 4а центральної порожнини можна регулювати. Це дозволяє контролювати мінімальний рівень розплавленого металу в центральній порожнині під час циклів завантаження/випускання і при випорожненні резервуара. Це допомагає оптимізувати продуктивність резервуара і, отже, продуктивність розпилювача.

В одному з варіантів здійснення крайка розташована над периферією 18 центральної порожнини на більш низькому рівні, ніж центральна частина 17. Таким чином, рівень розплавленого металу може бути знижений нижче за рівень центральної частини, зберігаючи при цьому відповідний статичний тиск металу на рівні випускних отворів. Це мінімізує мертвий об'єм розплавленого металу центральної порожнини при випорожненні проміжного ковша під час циклів завантаження/випускання.

У разі коли проміжний ківш містить знімні вогнетривкі бар'єри 14, крайка 21 розтруба переважно розташовується на нижньому рівні знімних вогнетривких бар'єрів.

В одному з варіантів здійснення розтруб виконаний з можливістю обертання навколо вертикальної осі, яка є його віссю симетрії. Відповідно, розплавлений метал, що міститься в центральній порожнині, можна ефективно перемішувати шляхом обертання частини розтруба, зануреної в розплавлений метал, що запобігає застигання металу на внутрішній або зовнішній стороні розтруба. Таке обертання може бути забезпечене підйомним пристроєм 22, який також здатний переміщувати розтруб вертикально.

В одному з варіантів здійснення розтруб може нагріватися, щоб запобігати застигання металу при контакті.

Поверхня розплавленого металу, що знаходиться в центральній порожнині, але не під розтрубом, можна захистити від атмосфери, додавши на поверхню шлак проміжного ковша або ливарний порошок. Це запобігає застигання розплавленого металу.

Згідно з другим варіантом здійснення розтруба, крайка розтруба має, по суті, ту саму форму і розмір, що і бічна стінка центральної порожнини, так що розтруб може закривати центральну порожнину, не перекриваючи зону(-и) випускання і зону подачі, якщо така є. В цьому випадку розтруб і, зокрема, його крайка, по суті, можуть герметично розташовуватися на бічній стінці 5а центральної порожнини і, зокрема, на верхній частині бічної стінки 5а. У прикладі, показаному на Фіг. 4-8 бічна стінка 5а центральної порожнини 6 проміжного ковша має круглу форму, а розтруб 3 являє собою круглий купол, тобто сферичний ковпак, діаметр якого на рівні його крайки, по суті, такий самий, як і діаметр бічної стінки 5а. Отже, розтруб можна опустити вниз, а його крайку можна розташувати на верхній частині центральної порожнини так, що з'єднання буде по суті, непроникним для повітря. Під виразом "по суті, непроникним для повітря" мається на увазі, що втрати газу є прийнятними доки витрата газу в розтрубі достатня для компенсації втрат і досягнення заданого тиску газу. Зрозуміло, що можливі і інші форми за умови, що крайка розтруба може, по суті, герметично з'єднуватися з бічною стінкою центральної порожнини. Оскільки з'єднання практично герметично, тиск в розтрубі можна змінювати і, отже, можна змінювати рівень розплавленого металу під розтрубом, щоб компенсувати зменшення розплавленого металу в проміжному ковші (як показано на Фіг. 8) або додавання розплавленого металу в проміжному ковші. Це простий і зручний спосіб контролювати тиск у всій центральній порожнині. Це збільшує продуктивність резервуара і, отже, продуктивність розпилювача.

Резервуар у ряді випадків може додатково містити датчик рівня 27, розташований поряд з проміжним ковшем і призначений для визначення рівня розплавленого металу в одній із зон випускання. Отже, рівень розплавленого металу легше контролювати, коригувати і підтримувати під час виробництва на заданому рівні або, по суті, на заданому рівні шляхом регулювання тиску під розтрубом. Таким чином, статичний тиск металу підтримується на заданому рівні або, по суті, на заданому рівні, оскільки можуть виникати обмежені зміни рівня розплавленого металу, зокрема через реакцію контуру регулювання. Оскільки зони випускання є відкритими зверху виїмками, рівень розплавленого металу є однаковим у всіх зонах випускання і може бути достатньо одного датчика рівня.

Датчик рівня може кріпитися на резервуарі, зокрема на одній із зон випускання, більш конкретно на бічній стороні однієї з зон випускання. Альтернативно датчик рівня можна підвісити над однією із зон випускання.

Датчик рівня може, зокрема, бути металевим чутливим електродом, поплавковою системою управління, лазерною системою, вихрострумовим датчиком або радарним датчиком.

З технологічної точки зору запропонований в цьому винаході резервуар розпилювача розплавленого металу легко керується і може працювати безперервно. Зокрема, це дозволяє виробляти металеві порошки шляхом:

(i) заливання розплавленого металу в запропонований в цьому винаході резервуар, випускний отвір якого з'єднаний з розпилювальним соплом розпилювача,

(ii) підтримання рівня розплавленого металу, по суті, на заданому рівні в зоні випускання проміжного ковша шляхом збільшення тиску газу в розтрубі в міру випускання розплавленого металу через розпилювальне сопло.

Під виразом "по суті" тут мається на увазі, що хоча мета винаходу полягає в тому, щоб ідеально підтримувати рівень розплавленого металу на заданому рівні і, отже, ідеально підтримувати витрату розплавленого металу на заданому значенні, можуть виникати обмежені зміни рівня розплавленого металу, зокрема, через реакцію контуру регулювання.

Рівень розплавленого металу переважно підтримують, по суті, постійним, але його, можливо, доведеться регулювати через зміни втрат тиску в розпилювальному соплі, особливо спричинених зношенням або засміченням, або через те, що витрата розплавленого металу має бути збільшена або зменшена за будь-якої причини.

Розпилювальним металом може бути, зокрема, сталь, алюміній, мідь, нікель, цинк, залізо і сплави. Сталь включає, зокрема, вуглецеві сталі, леговані сталі і нержавіючі сталі.

В одному з варіантів здійснення винаходу розпорошений розплавлений метал являє собою сталь, одержану доменним способом. В цьому випадку чавун випускається з доменної печі і транспортується в конвертер (або основну кисневу піч), у ряді випадків після відправлення на станцію десульфурзації гарячого металу. Розплавлений чавун переробляється в конвертері з утворенням розплавленої сталі. Потім розплавлену сталь

випускають з конвертера в рекуперацийний ківш і, переважно, в піч ковшової металургії (LMF). Таким чином, розплавлена сталь може бути очищена в LMF, зокрема, шляхом розкиснення, а первинне легування розплавленої сталі може бути здійснене шляхом додавання феросплавів, або силіцидних сплавів, або нітридних сплавів, або чистих металів, або їх сумішей. В деяких випадках, коли необхідно одержати складні порошкові композиції, розплавлену сталь можна обробити у вакуумному дегазаторі (VTD), в апараті вакуумно-кисневого зневуглицювання (VOD) або у вакуумно-дуговому дегазаторі (VAD). Це обладнання дозволяє додатково обмежити вміст водню, азоту, сірки і/або вуглецю.

Очищену розплавлену сталь потім розливають у множини індукційних печей. Кожна індукційна піч може працювати незалежно від інших печей. Зокрема, її можна вимкнути для технічного обслуговування або ремонту, доки інші індукційні печі продовжують працювати. До неї також можна подавати феросплави, брукт, залізо прямого відновлення (DRI), силіцидні сплави, нітридні сплави або чисті елементи у кількостях, які різняться в різних індукційних печах.

Кількість індукційних печей адаптується до витрати розплавленої сталі, яка надходить з конвертера, або очищеної розплавленої сталі, яка надходить з ковшової металургійної печі, і/або до бажаної витрати сталевих порошків у нижній частині розпилювача.

В кожній індукційній печі легування розплавленої сталі здійснюється шляхом додавання феросплавів, або силіцидних сплавів, або нітридних сплавів, або чистих металів, або їх суміші, щоб привести склад сталі у відповідність до бажаного сталевих порошків.

Потім для кожної індукційної печі розплавлену сталь бажаного складу розливають або переносять в запропонований у цьому винаході спеціальний резервуар, з'єднаний щонайменше з одним газовим розпилювачем.

Згідно з іншим варіантом здійснення винаходу розпилювальний метал являє собою сталь, одержану з допомогою електродугової печі (ЕДП). В цьому випадку сировина, така як-от відходи, металеві мінерали і/або металеві порошки, подається в електродугову піч і плавиться на розігрітий рідкий метал при контрольованій температурі за видаленням домішок і включень у вигляді окремого шару рідкого шлаку. Рідкий нагрітий метал переливається з ЕДП в ківш, переважно в ківш з пасивним підігрівом, і переміщується на станцію рафінування, де його переважно поміщають в резервуар для рафінування з індуктивним нагріванням. Там виконується стадія рафінування, як-от вакуумне кисневе зневуглицювання для видалення з рідкого металу вуглецю, водню, кисню, азоту і інших небажаних домішок. Ківш з очищеним рідким металом потім можна перемістити до запропонованого у винаході резервуара, з'єданого щонайменше з одним розпилювачем.

Після того як розплавлений метал вивантажений у проміжний ківш 2 резервуара відповідно до етапу (i), його нагрівають вище температури ліквідуса і підтримують при цій температурі. Завдяки такому перегріванню відвертається засмічення розпилювальної форсунки. Крім того, перемішування металу, зокрема, індукційним способом сприяє спливанню включень, і в такий спосіб, відвертається засмічення розпилювального сопла. Крім того, зниження в'язкості розплавленої композиції сприяє одержанню порошків високої сферичності без сателітів з правильним гранулометричним складом.

Після того, як розплавлений метал вивантажений у проміжний ківш 2 резервуара відповідно до етапу (i), розтруб резервуара за необхідності переводиться в робоче положення, якщо він ще не знаходиться в цьому положенні. В одному з варіантів здійснення винаходу, показаному на Фіг. 2, щонайменше нижня частина розтруба, переважно щонайменше нижня половина, розташовується в центральній порожнині проміжного ковша. Його крайка 21 занурена в розплавлений метал. Переважно його крайка розташована на висоті не більше 20 см над днищем 4а центральної порожнини, переважно на висоті 5-15 см. В іншому варіанті здійснення винаходу крайка розтруба розташована на бічній стінці проміжного ковша 5 так, щоб, по суті, герметично закривати центральну порожнину, як показано на Фіг. 7 і 8.

Запірний пристрій(-ої) 28 зони(зон) 8 випускання потім може бути відкритий, щоб дозволити розплавленому металу витікати через випускний отвір(-ри) 12 в розпилювальне сопло розпилювача(-ів), з'єдане з резервуаром, і піддаватися дії струменів газу, які розпилюють його на дрібні металеві краплі.

На другому етапі (ii) рівень розплавленого металу підтримується, по суті, на заданому рівні в зоні(-ах) випускання проміжного ковша за рахунок збільшення тиску газу в розтрубі в міру випускання розплавленого металу через розпилювальне сопло. Це здійснюється шляхом контролю рівня розплавленого металу в зоні(-ах) випускання, переважно з допомогою датчика рівня, і інжекції газу в розтруб через газовий інжектор розтрубу. Підвищений тиск газу в розтрубі, який виникає в результаті цього, знижує рівень розплавленого металу під розтрубом, що компенсує випускання розплавленого металу через випускний отвір(-ри), як показано на Фіг. 2 і 8. Таке регулювання може здійснюватися вручну або автоматично з допомогою програмного забезпечення, яке утворює контур регулювання.

Газ, що нагнітається в розтруб, переважно є аргон, азотом або їх сумішшю, щоб уникнути окиснення розплавленого металу.

Якщо і коли виникає необхідність поповнення резервуара розплавленим металом в процесі розпилення, розплавлений метал може доливатись в проміжний ківш, зокрема в зону 19 подачі, одночасно підтримуючи рівень розплавленого металу на заданому рівні в зоні випускання резервуара шляхом зниження тиску газу в розтрубі (етап iii). Це здійснюється шляхом контролю рівня розплавленого металу в зоні(-ах) випускання, переважно з допомогою датчика рівня, і випускання газу з розтруба через газовий інжектор розтруба. В результаті знижений тиск у розтрубі збільшує рівень розплавленого металу під розтрубом, що компенсує додавання в резервуар розплавленого металу. Таке регулювання може здійснюватися вручну або автоматично з допомогою відповідного програмного забезпечення, яке утворює контур регулювання.

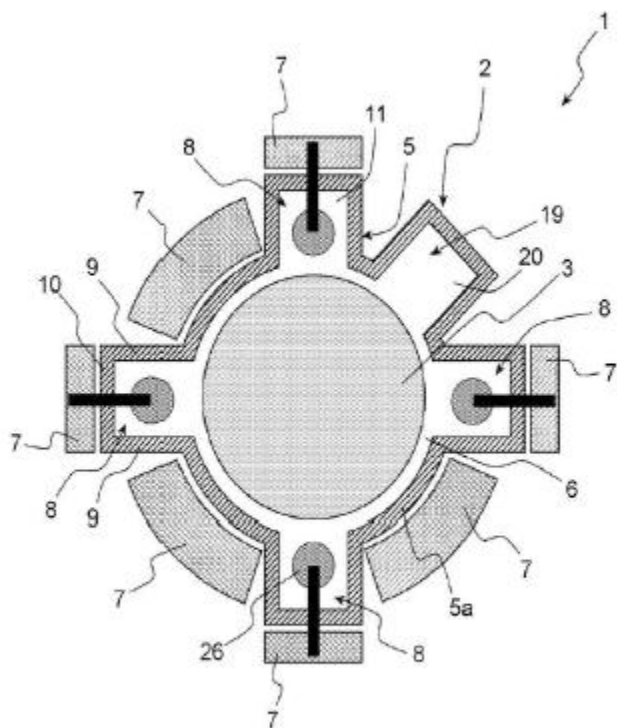
Щоб забезпечити безперервність виробництва необхідно просто послідовно повторювати етапи (ii) і (iii).

В той час, як розплавлений метал випускається через випускні отвори, розплавлений метал, що залишається в проміжному ковші, підтримується при температурі розпилення доки він не буде випущений через випускний отвір(-ри) і не зіткнеться зі струменями газу, які розпорошують його на дрібні краплі металу.

Газ, що впорскується через газовий розпилювач для розпилення потоку металу, переважно є аргонном або азотом. Вони обидва збільшують в'язкість розплаву повільніше за інші гази, як-от, гелій, який сприяє утворенню частинок меншого розміру. Вони також контролюють хімічну чистоту, за винятком небажаних домішок, і відіграють роль у хорошій морфології порошку. З аргонном можна одержати дрібніші частинки, ніж з азотом, оскільки молярна маса азоту становить 14,01 г/моль порівняно з 39,95 г/моль аргону. З іншого боку, питома теплоємність азоту становить 1,04 Дж/(г·К) порівняно з 0,52 у аргону. Тому, азот підвищує швидкість охолодження частинок.

Витрата газу впливає на гранулометричний склад і мікроструктуру металевого порошку. Зокрема, що вища витрата, то вища швидкість охолодження. Отже, 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 межах 1-5, більш переважно 1,5-3.

Після того, як металеві частинки були одержані в результаті розпилення розплавленого металу в камері, їх можна вивантажити, охолодити і транспортувати.



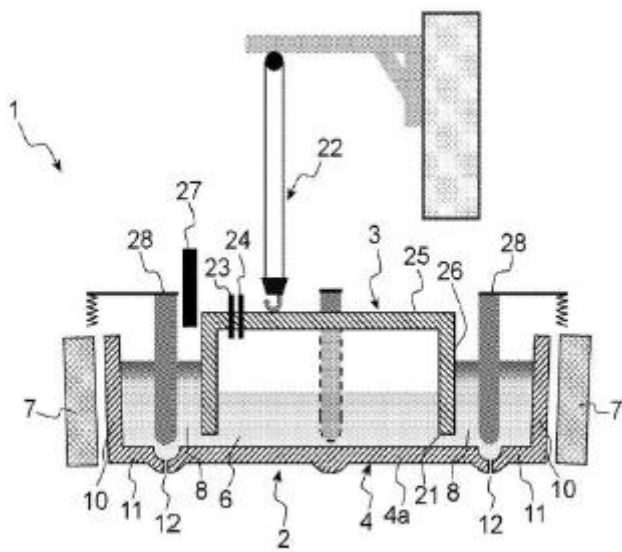


Fig. 2

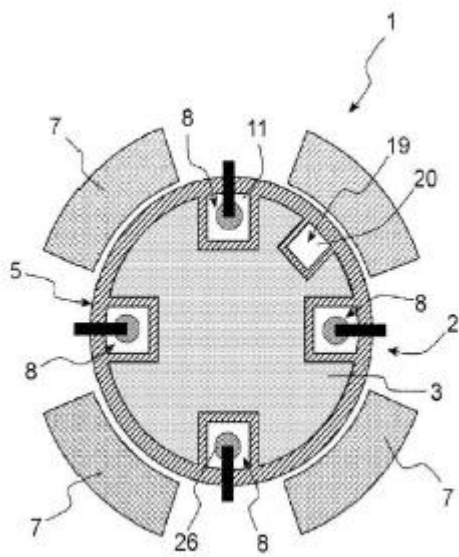
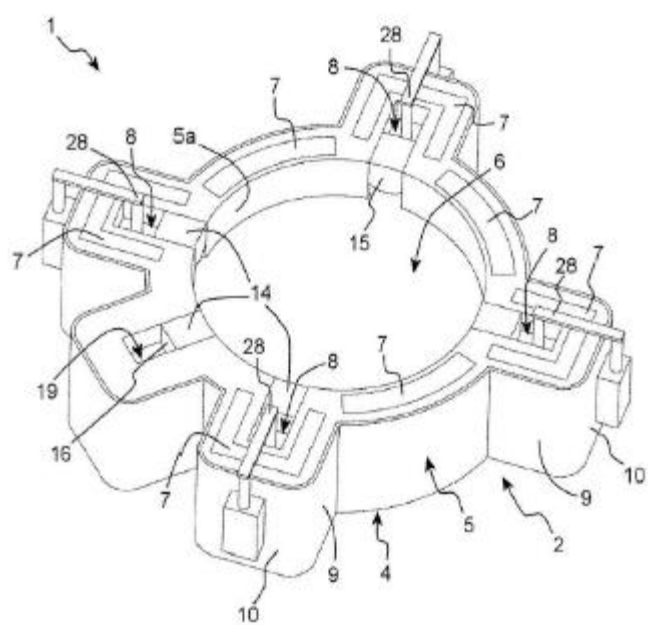
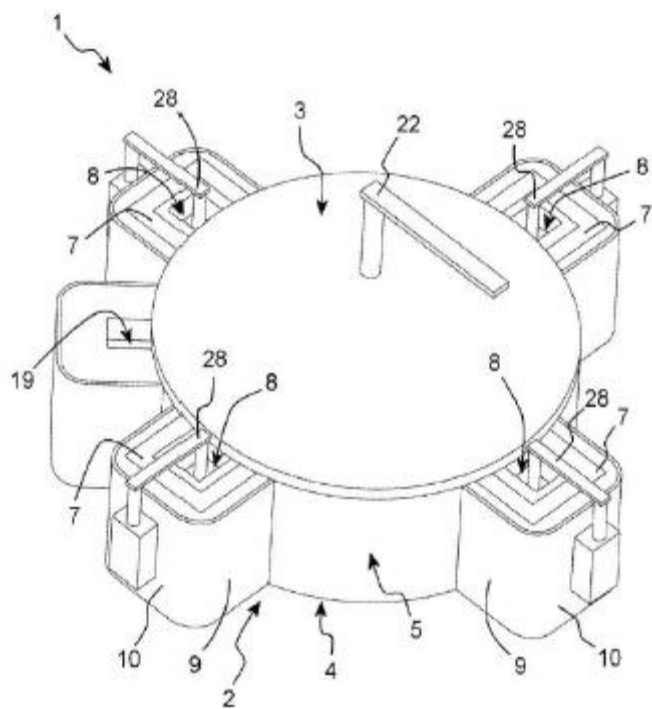


Fig. 3



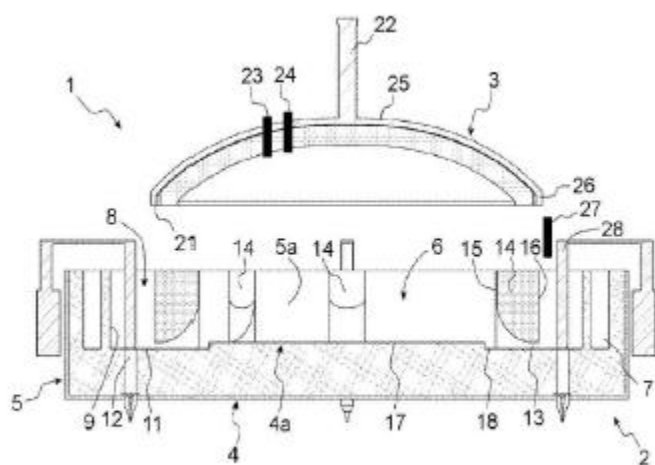


Fig. 6

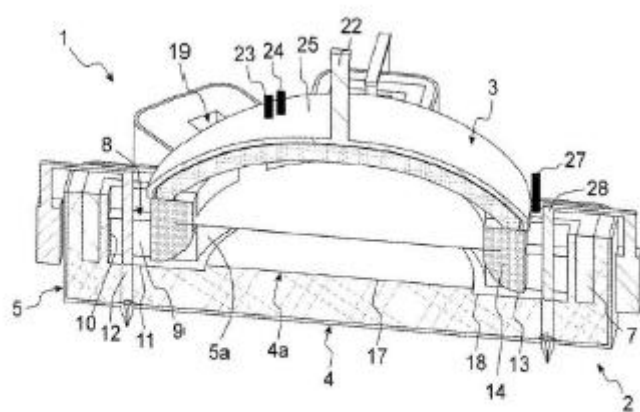


Fig. 7

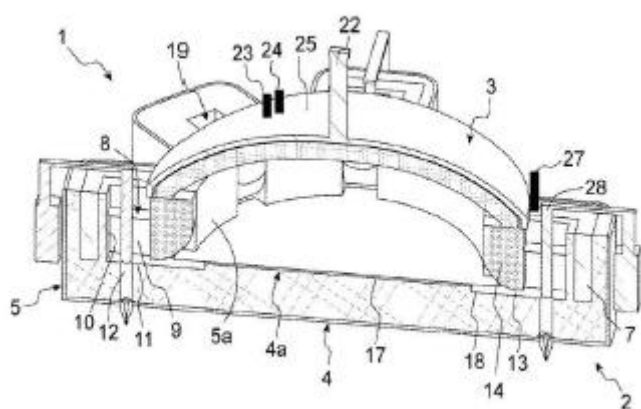


Fig. 8