



УКРАЇНА

(19) **UA**
(51) МПК

(11) **128066**

(13) **C2**

C23C 14/24 (2006.01)

C23C 14/16 (2006.01)

C23C 14/56 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2021 00142	(72) Винахідник(и):	Пас Сержіо (BE), Шміц Бруно (BE), Марнеффе Дідьє (BE), Сільберберг Ерік (BE)
(22) Дата подання заявки:	11.06.2019	(73) Володілець (володільці):	АРСЕЛОРМІТТАЛ, 24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, Luxembourg (LU)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	28.03.2024	(74) Представник:	Слободянюк Тарас Олександрович, реєстр. №217
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	PCT/IB2018/054419	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	DE 69730429 T2, 15.09.2005 JP H09 143692 A, 03.06.1997 WO 2018020296 A1, 01.02.2018 UA 77289 C2, 15.11.2006 UA 99280 C2, 10.08.2012
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	15.06.2018		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	IB		
(41) Публікація відомостей про заявку:	21.04.2021, Бюл.№ 16		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	27.03.2024, Бюл.№ 13		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/IB2019/054860, 11.06.2019		

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВАКУУМНОГО ОСАДЖЕННЯ ПОКРИТТІВ І СПОСІБ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ПІДКЛАДКУ

(57) Реферат:

Винахід стосується установки 1 для вакуумного осадження для безперервного осадження на переміщувану підкладку S покриттів, сформованих з металу або металевого сплаву, при цьому установка містить тигель 4 для випаровування, який є придатним для подачі парів металу або металевого сплаву і містить випарну трубку 7, камеру 2 для осадження, яка є придатною для проходження підкладки S по заданій траєкторії P, і пристрій 3 для нанесення покриттів струменем пари, розташований в камері осадження і з'єднаний з випарною трубкою, при цьому пристрій для нанесення покриттів струменем пари додатково містить розподільну камеру 31, яка містить щонайменше один засіб 33 повторного нагрівання, розташований всередині розподільної камери, і сопло 32 для випускання пари, яке містить нижній отвір, який з'єднує сопло для випускання пари з розподільною камерою, верхній отвір, через яке пара може виходити в камеру для осадження, і дві бічні поверхні, які сходяться одна з одною в напрямку верхнього отвору.

UA 128066 C2

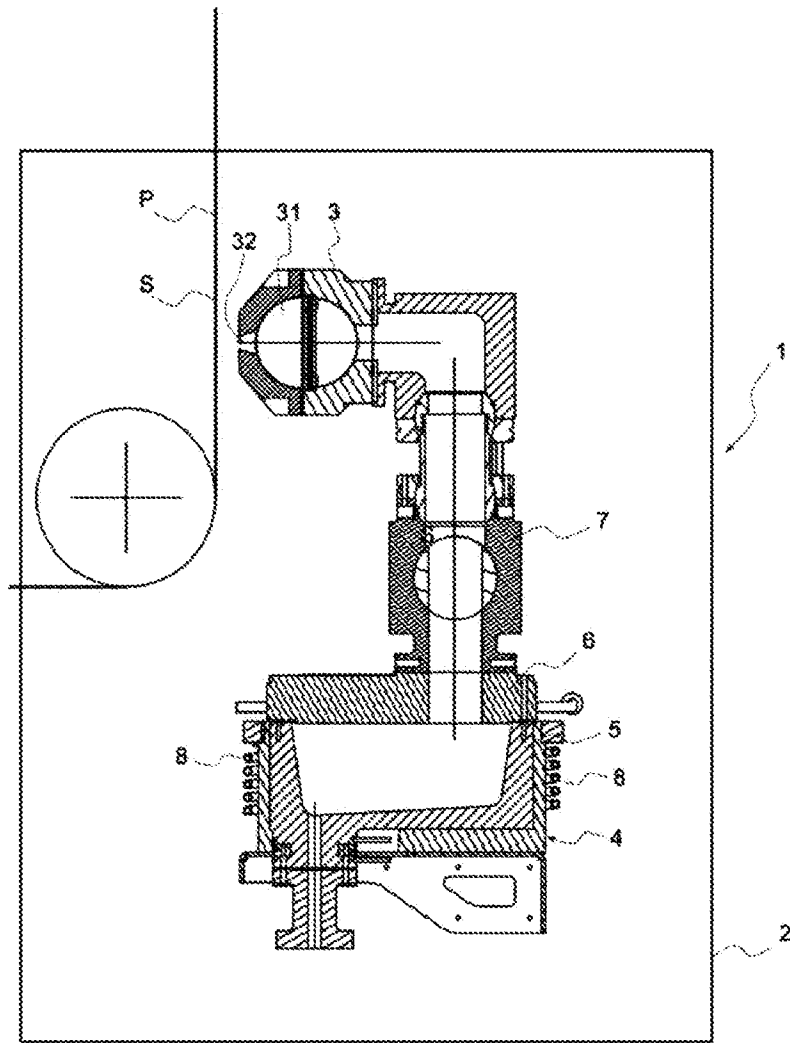


Fig. 1

Винахід стосується установки вакуумного осадження для нанесення на підкладку покриттів, сформованих з металу або металевих сплавів, таких як-от наприклад, цинк і цинк-магнієві сплави, при цьому, більш конкретно, зазначений пристрій призначений для нанесення покриттів на сталеву смугу, але не обмежується цим. Цей винахід також відноситься до способу нанесення покриттів на вищевказану підкладку.

Відомі різні процеси нанесення металічних покриттів, в деяких випадках складаються зі сплавів, на підкладку, таку як-от сталева смуга. Серед них можна згадати нанесення покриттів зануренням у розплав, гальванічне осадження, а також різні процеси вакуумного осадження, такі як-от вакуумне випаровування і магнетронне розпилення.

З документів WO97/47782 і WO2009/047333 відомий спосіб безперервного нанесення покриття на сталеву підкладку, в якому струмінь пари металу, який переміщується зі швидкістю понад 500 м/с, входить в контакт з підкладкою. Проте, було помічено, що пари цинку мають тенденцію до конденсації, що призводить до дефектів типу мікрокрапель в металевому покритті і на його поверхні.

Тому, метою цього винаходу є усунення недоліків установок і процесів попереднього рівня техніки, наприклад, шляхом забезпечення установки для вакуумного осадження, яка запобігає конденсації парів металів або металевих сплавів.

З цією метою першим предметом цього винаходу є установка для вакуумного осадження для безперервного осадження на переміщувану підкладку покриттів, сформованих з металу або металевих сплавів, при цьому установка містить тигель для випаровування придатний для подавання парів металу або металевих сплавів і містить випарну трубку, камеру для осадження, придатну для проходження підкладки по заданій траєкторії, і пристрій для нанесення покриттів струменем пари, який з'єднує випарну трубку з камерою для осадження, при цьому пристрій для нанесення покриттів струменем пари додатково містить в собі:

- розподільчу камеру, яка проходить поперечно від випарної трубки по всій ширині заданої траєкторії і містить щонайменше один засіб повторного нагрівання, розташований всередині розподільчої камери, і

- сопло для випускання пари, яке містить нижній отвір, який з'єднує сопло для випускання пари з розподільчою камерою, верхній отвір, через який пара може виходити в камеру для осадження, і дві бічні поверхні, які з'єднують нижній отвір з верхнім отвором, при цьому бічні поверхні сопла для випускання пари сходяться одна до одної в напрямку верхнього отвору.

Установка за цим винаходом може також мати перелічені нижче необов'язкові ознаки, які розглядаються окремо або у поєднанні:

- сопло для випускання пари є трапецієподібним у поперечному перерізі вздовж площини, перпендикулярній його довжині,

- сопло для випускання пари є рівнораменною трапецією у поперечному перерізі вздовж площини, перпендикулярній його довжині,

- кут основи рівнораменної трапеції має значення більше 60°,

- бічні поверхні сопла для випускання пари експоненціально сходяться одна до одної у напрямку верхнього отвору,

- кут між нижнім отвором і кожною бічною поверхнею має значення більше 60° на виході з сопла для випускання пари,

- відношення ширини нижнього отвору до ширини верхнього отвору сопла для випускання пари становить 1,6-2,4,

- відношення довжини бічної поверхні до ширини нижнього отвору становить 4-8.

Інші характеристики і переваги винаходу будуть описані більш детально в подальшому описі.

Винахід буде більш зрозумілим при читанні подальшого опису, який надається виключно з метою пояснення, і жодним чином не призначений для обмеження, з посиланням на фігури:

- Фіг. 1 ілюструє вид у перерізі варіанта здійснення установки, відповідно з винаходом,

- Фіг. 2 ілюструє поперечний переріз варіанта здійснення пристрою для нанесення покриттів струменем пари, відповідно з винаходом,

- Фіг. 3 ілюструє результати чисельного моделювання, які порівнюють винахід з попереднім рівнем техніки.

Слід зазначити, що терміни "нижче", "під", "всередину", "всередині", "назовні", "зовні", "вище за ходом потоку", "нижче за ходом потоку",..., використовувані в цій заявці, відносяться до розташування і орієнтацій різних складових елементів установки при її монтажі на лінії вакуумного осадження.

Метою цього винаходу є осадження на підкладку покриттів, сформованих з металу або металевих сплавів. Зокрема, мета полягає в тому, щоб одержувати цинкові або цинк-магнієві

покриття. Однак, процес не обмежується цими покриттями, а, переважно, охоплює будь-яке покриття на основі одного металу або металевого сплаву, елементи якого мають тиск парів при температурі ванни, який відрізняється не більше ніж на 10 %, оскільки контроль їх відповідного відносного вмісту є в цьому випадку спрощеним.

5 Таким чином, для зручності позначення можна згадати покриття, виконані з цинку, в якості основного елемента, і з додаткового(их) елемента(ів), такого як-от хром, нікель, титан, марганець, магній, кремній і алюміній, які розглядаються окремо або у поєднанні.

Товщина покриття переважно становить 0,1-20 мкм. З одного боку, нижче 0,1 мкм існує ризик того, що захист

10 підкладки від корозії буде недостатнім. З іншого боку, немає необхідності перевищувати 20 мкм для того, щоб досягти рівня корозійної стійкості, який потрібний, зокрема, в автомобільній або будівельній галузі. Зазвичай товщина може бути обмежена 10 мкм для автомобільних застосувань. Як показано на Фіг. 1, установка 1, відповідно з винаходом, у першу чергу містить камеру 2 для осадження і засіб переміщення підкладки через камеру. Ця камера 2
15 для осадження має герметично закритий корпус, в якому, переважно, підтримується тиск 10^{-8} - 10^{-3} бар*. Вона має вхідну шлюзову камеру і вихідну шлюзову камеру (вони не показані), між якими підкладка S, така як-от, наприклад, сталева смуга, може переміщатися по заданій траєкторії P в напрямку переміщення. Переміщення підкладки S може здійснюватися будь-якими відповідними засобами, в залежності від природи і форми зазначеної підкладки. Зокрема,
20 може використовуватися обертовий опорний ролик, на який може спиратися сталева смуга. У камері 2 для осадження, поряд з лицьовою стороною підкладки S, на яку необхідно нанести покриття, є пристрій 3 для нанесення покриттів струменем пари. Цей пристрій для нанесення покриттів є придатним для спрямування на переміщувану підкладку S струменя пари металевого сплаву, який виходить з тигля 4 для випаровування. Пристрій 3 для нанесення
25 покриттів струменем пари монтується, безпосередньо або ні, на тиглі 4 для випаровування. Останній є придатним для розміщення ванни металу або металевого сплаву, який генерує пару, яка має осідати на підкладці S, і є придатною для подачі парів металу у пристрій для нанесення покриттів струменем пари. Тигель 4 для випаровування переважно розміщується в камері 2 для осадження.

30 Тигель 4 для випаровування в основному складається з місткості 5, кришки 6 і випарної трубки 7, з'єднаної з одного боку з кришкою, а з іншого боку з пристроєм 3 для нанесення покриттів струменем пари. Переважно, клапан, який розташований між випарником і ежектором керує потоком парів металу. Ці різні деталі можуть виготовлятися, наприклад, з графіту.

35 Тигель 4 для випаровування забезпечується нагрівальним засобом 8, що забезпечує утворення пари металу і її подачу у пристрій 3 для нанесення покриттів струменем пари. Тигель 4 для випаровування переважно забезпечується індукційним нагрівачем, перевагою якого є більш легке перемішування і забезпечення однорідності складу металевого сплаву у ванні.

Пристрій 3 для нанесення покриттів струменем пари переважно є пристроєм для нанесення покриттів струменем пари зі швидкістю звуку, тобто пристроєм для нанесення покриттів, який генерує струмінь пари зі швидкістю звуку. Цей тип пристрою для нанесення покриттів також
40 зазвичай називають пристроєм JVD (Jet Vapor Deposition). Читач може звернутися до патентних заявок WO 97/47782 і WO 2009/047333 за більш повним описом подробиць цього типу пристрою.

Пристрій 3 для нанесення покриттів струменем пари, переважно, містить розподільчу камеру 31, забезпечену вузьким соплом 32 для випускання пари, довжина якого близька до ширини підкладки, на яку наноситься покриття. Розподільча камера дозволяє парам металу рівномірно розподілятися по ширині підкладки. Фактично, вона проходить у поперечному напрямку від випарної трубки 7 по всій ширині траєкторії P, тобто по всій ширині підкладки при функціонуванні установки. Переважно, вона проходить паралельно траєкторії P, так, щоб всі
50 точки підкладки знаходилися на однаковій відстані від пристрою для нанесення покриттів струменем пари, що додатково сприяє однорідності нанесення покриття. Переважно, вона виконується у вигляді трубки, яка проходить поперек траєкторії P. Ця камера може виготовлятися, наприклад, з графіту.

55 Розподільча камера додатково містить щонайменше один засіб 33 повторного нагрівання, який розміщується всередині розподільчої камери, тобто у порожнині, обмеженій бічними поверхнями розподільчої камери 31. Цей засіб дозволяє повторно нагрівати пару, яка виходить з випарної трубки після того, як пара розширилася при вході у розподільчу камеру. Тому він запобігає конденсації її у розподільчій камері. Засіб повторного нагрівання проходить по довжині розподільчої камери, переважно по всій довжині. Переважно, засіб виконаний у формі

нагрівального патрона. Кількість і розташування засобу повторного нагрівання можна відрегулювати для оптимізації повторного нагрівання пари.

Сопло 32 для випускання пари в основному являє собою щілинний отвір, який, переважно, можна регулювати по довжині і ширині. Можливість регулювання його ширини дозволяє підтримувати струмінь пари в широкому діапазоні температур поверхні матеріалу випаровуваного металу, тобто в широкому діапазоні швидкостей випаровування. Крім того, можливість адаптації його довжини до ширини підкладки, на яку наноситься покриття, дозволяє звести до мінімуму втрати випаровуваного металу.

Як показано на Фіг. 2, у поперечному перерізі по площині, перпендикулярній його довжині, сопло для випускання пари містить нижній отвір 9, вирізаний у стінці розподільчої камери 31 так, щоб з'єднувати сопло для випускання пари з розподільчою камерою, верхній отвір 10, через який пара може виходити в камеру для осадження, і дві бічні поверхні 11, 12, які з'єднують нижній отвір з верхнім отвором. Верхній отвір 10, переважно, розташовується у площині, паралельній траєкторії Р, так, щоб пари металів або їх сплавів більш рівномірно осідали на підкладці.

Автори винаходу несподівано виявили, що ризик конденсації парів металів або металевих сплавів в пристрої 3 для нанесення покриттів струменем пари і у випарній трубці 7 ефективно запобігається, якщо бічні поверхні 11, 12 сопла 32 для випускання пари сходяться одна до одної у напрямку верхнього отвору. Не пов'язані будь-якою науковою теорією, автори вважають, що це обмеження ширини на виході сопла 32 для випускання пари має ефект локалізації звукового удару на виході сопла 32 для випускання пари, що запобігає конденсації до цієї точки.

Фраза "сходяться одна до одної" означає, що ширина верхнього отвору сопла для випускання пари менше, ніж ширина його нижнього отвору. Це жодним чином не обмежує форму бічних поверхонь. Бічні поверхні можуть бути, наприклад, прямими лініями, вигнутими лініями або їх поєднанням.

Згідно з першим варіантом винаходу, сопло 32 для випускання пари у поперечному перерізі має форму трапеції. У цьому випадку, з огляду на загальну форму сопла, це означає, що менша основа трапеції розташована на виході сопла 32 для випускання пари. Таке лінійне зменшення ширини сопла сприяє рівномірному і поступовому прискоренню струменю пари. З промислової точки зору ця форма також є хорошим компромісом між ефективністю і простотою виготовлення.

Більш переважно, форма сопла 32 для випускання пари у поперечному перерізі являє собою рівнораменну трапецію, тобто трапецію, в якій бічні поверхні 11, 12 мають однакову довжину, а кути основи мають однакову величину. Завдяки дзеркальній симетрії, струмінь пари, який виходить з сопла для випускання пари, є більш рівномірним.

Переважно, кут при основі має значення понад 60° , а більш переважно, понад 80° . Це допомагає сфокусувати струмінь пари на підкладці.

Переважно, співвідношення між нижнім отвором 9 і верхнім отвором 10 сопла для випускання пари становить 1,6-2,4. Було виявлено, що це ефективно локалізує звуковий удар на виході з сопла для випускання пари, мінімізуючи втрати тиску, зумовлені формою сопла.

Переважно, відношення довжини бічної поверхні до ширини нижнього отвору становить 4-8. Завдяки цьому співвідношенню лінії потоку струменя пари встигають стабілізуватися після розриву на стику між розподільчою камерою 31 і соплом 32 для випускання пари.

Згідно з другим варіантом винаходу, бічні поверхні 11, 12 сопла 32 для випускання пари експоненціально сходяться одна до одної у напрямку верхнього отвору 10. Фраза "сходяться експоненціально" означає, що кожна бокова поверхня має у поперечному перерізі експонентну форму. Ця форма сприяє переходу між розподільчою камерою і соплом для випускання пари. Отже, лінії потоку струменя пари менше порушуються на стику між розподільчою камерою і соплом для випускання пари.

Переважно, дві бічні поверхні 11, 12 мають однакову експонентну форму. Завдяки дзеркальній симетрії струмінь пари, який виходить з сопла для випускання пари, є більш рівномірним.

Переважно, кут між нижнім отвором 10 і бічною поверхнею має значення більше 60° на виході з сопла для випускання пари, а більш переважно, більше 80° . Це допомагає сфокусувати струмінь пари на підкладці.

Переважно, відношення ширини нижнього отвору 9 до ширини верхнього отвору 10 сопла для випускання пари становить 1,6-2,4. Було виявлено, що це ефективно локалізує звуковий удар на виході з сопла для випускання пари, мінімізуючи втрати тиску, зумовлені формою сопла.

Переважно, відношення довжини бічної поверхні до ширини нижнього отвору становить 4-8. Завдяки цьому співвідношенню, лінії потоку струменя пари встигають стабілізуватися після розриву на стику між розподільчою камерою і соплом для випускання пари.

В обох варіантах ширина верхнього отвору 10 регулюється в залежності від швидкості потоку, необхідної в промисловій установці вакуумного осадження. Фахівець у цій галузі техніки знає, як відрегулювати цю ширину в залежності від інших параметрів, які керують швидкістю потоку, зокрема, на основі чисельного моделювання.

В обох варіантах ширина нижнього отвору 9 і ширина верхнього отвору 10, переважно, є постійними по довжині сопла 32 для випускання пари для того, щоб сприяти рівномірному осадженню парів металу або металевих сплавів на підкладці.

Переважно, обидві бічні поверхні 11, 12 сопла для випускання пари нагріваються для того, щоб обмежити ризик конденсації на них парів металів або металевих сплавів.

Для оцінки ефективності установки, яка містить сопло для випускання пари відповідно з винаходом, було виконано чисельне моделювання.

Модель застосовувалася до установки, яка містить випарну трубку 7, з'єднану з пристроєм 3 для нанесення покриттів струменем пари, яка містить розподільчу камеру 31, забезпечену вузьким соплом 32 для випускання пари. Зокрема, модель застосовувалася на основі таких значень:

- випаровуваний метал: цинк,
- тиск на вході у випарну трубку: 5869 Па,
- температура на вході у випарну трубку: 953 K
- температура бічних поверхонь: 1042 K
- витрата цинку: 170 г/с
- клапан для пари повністю відкритий.

На Фіг. 3 а) ілюструються результати, одержані з соплом 32 для випускання пари прямокутного перерізу, при цьому, як нижній отвір, так і верхній отвір становлять 24 мм, а сопло має довжину 1750 мм.

На Фіг. 3 б) ілюструються результати, одержані з соплом 32 для випускання пари, яке у поперечному перерізі являє собою рівнораменну трапецію, нижній отвір становить 48 мм, верхній отвір – 24 мм, а бічні поверхні – 100 мм.

На обох фігурах рівень сірого кольору вказує на ризик конденсації. Чим темніше, тим вищий ризик конденсації.

Як видно з порівняння Фіг. 3а) і 3б), цинк конденсується в прямокутному вихідному соплі, в той час як в трапецієподібному вихідному соплі це не відбувається.

Установка, виконана відповідно з винаходом, може бути застосована, зокрема, але не виключно, для обробки металевих смуг, як з попередньо нанесеним покриттям, так і без покриття. Звичайно, процес відповідно з винаходом можна використовувати для будь-якої підкладки з покриттям або без покриття, такої як-от, наприклад, алюмінієва смуга, цинкова смуга, мідна смуга, скляна смуга або керамічна смуга.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Установка (1) для вакуумного осадження для безперервного осадження на переміщувану підкладку (S) покриттів, сформованих з металу або металевих сплавів, при цьому установка містить:

- тигель (4) для випаровування, що виконаний з можливістю подачі пари металу або металевих сплавів і містить випарну трубку (7),
- камеру (2) для осадження, виконану з можливістю проходження підкладки (S) по заданій траєкторії (P), і

- пристрій (3) для нанесення покриттів струменем пари, розташований в камері осадження і з'єднаний з випарною трубкою,

при цьому пристрій для нанесення покриттів струменем пари додатково містить:

- розподільну камеру (31), яка проходить поперечно від випарної трубки і по всій ширині заданої траєкторії і містить щонайменше один засіб (33) повторного нагрівання, розташований всередині розподільної камери, і

- сопло (32) для випускання пари, яке має нижній отвір (9), що з'єднує сопло для випускання пари з розподільною камерою, верхній отвір (10), через який пара може виходити в камеру для осадження, і дві бічні поверхні (11, 12), які з'єднують нижній отвір з верхнім отвором, при цьому бічні поверхні сопла для випускання пари сходяться одна з одною у напрямку верхнього отвору.

2. Установка за п. 1, в якій сопло для випускання пари є трапецієподібним у поперечному

перерізі вздовж площини, перпендикулярної його довжині.

3. Установка за п. 2, в якій сопло для випускання пари є рівнораменною трапецією у поперечному перерізі вздовж площини, перпендикулярної його довжині.

4. Установка за п. 3, в якій кут основи рівнораменної трапеції має значення більше 60° .

5. Установка за п. 1, в якій бічні поверхні (11, 12) сопла (32) для випускання пари експоненціально сходяться одна з одною у напрямку верхнього отвору (10).

6. Установка за п. 5, в якій кут між нижнім отвором (9) і кожною бічною поверхнею (11, 12) має значення більше 60° на виході з сопла для випускання пари.

7. Установка за будь-яким з пп. 1-6, в якій співвідношення ширини нижнього отвору (9) і ширини верхнього отвору (10) сопла для випускання пари становить 1,6-2,4.

8. Установка за будь-яким з пп. 1-7, в якій співвідношення довжини бічної поверхні і ширини нижнього отвору становить 4-8.

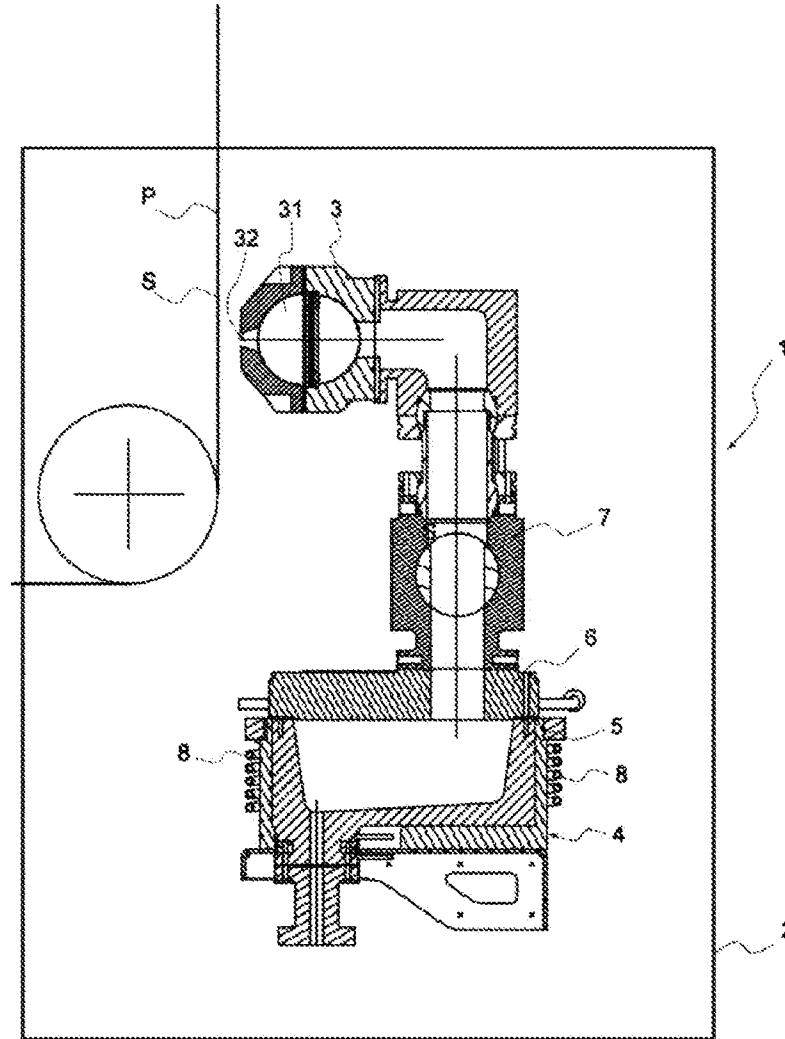


Fig. 1

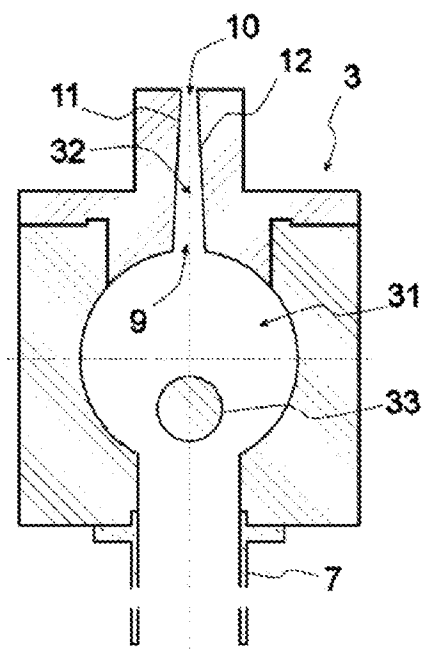


Fig. 2

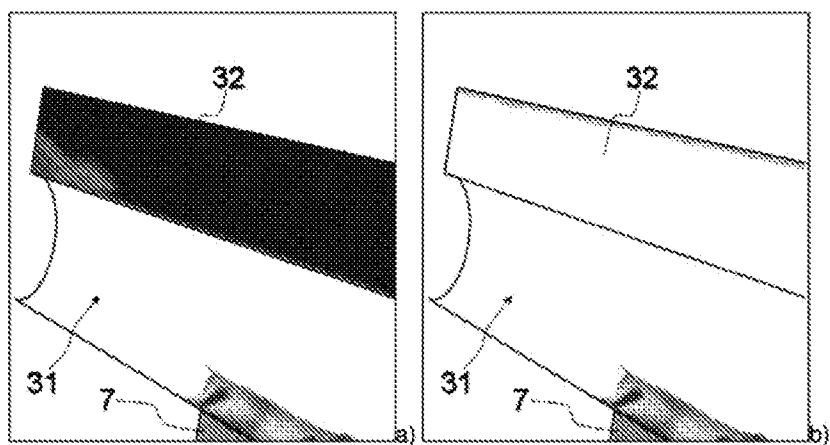


Fig. 3