

**УКРАЇНА****(19) UA (11) 100947 (13) C2****(51) МПК (2013.01)****B22C 9/08 (2006.01)****B22D 43/00****B22C 7/04 (2006.01)****ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ****(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2011 12794</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Філіп Петр (CZ), Грабіна Давід (CZ), Бернс Маїртіні (FR)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>19.11.2009</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ФОСЕКО ІНТЕРНЕТНЛ ЛІМІТЕД, 1 Midland Way, Central Park, Barlborough Links, Derbyshire S43 4XA, United Kingdom (GB)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>11.02.2013</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>09251029.6</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA, 56175, C2, 15.05.2003 RU, 2213641, C2, 10.10.2003 FR, 2539061, A1, 13.07.1984 RO, 106209, B1, 31.03.1993 DE, 4229417, A1, 25.03.1993 US, 4713180, A, 15.12.1987
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>01.04.2009</b>	
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву: <b>EP</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>10.02.2012, Бюл.№ 3</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.02.2013, Бюл.№ 3</b>	
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: <b>PCT/GB2009/002715, 19.11.2009</b>	

**(54) ЛИВАРНА ФОРМА ДЛЯ ЛИТТЯ МЕТАЛІВ І СПОСІБ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ****(57) Реферат:**

Ливарна форма для лиття металів, що забезпечує видалення твердих домішок з розплавленого металу. Ливарна форма (50) має всередині порожнину, при цьому згадана порожнина має ливарну ділянку і суміжну з нею ливникову систему, розташовану вище по потоку від ливарної ділянки, причому згадана ливникова система містить розташовану вище по потоку вхідну ділянку (58), розташовану нижче по потоку вихідну ділянку (60), а також вихрову камеру (54), розміщену між вхідною і вихідною ділянками (58, 60), в якій на ділянці сполучення між вихровою камерою (54) і вихідною ділянкою (60) розташований фільтр (62), при цьому вказаний фільтр (62) встановлений паралельно осі, відносно якої при експлуатації ливарної форми метал обертається у вихровій камері (54), а подовжня вісь вхідної ділянки (58) проходить через фільтр (62). Винахід стосується також способу підготовки ливарної форми, моделі для підготовки ливарної форми, кожуху для використання в ливарній формі і способу відливання із застосуванням ливарної форми.

**UA 100947 C2**

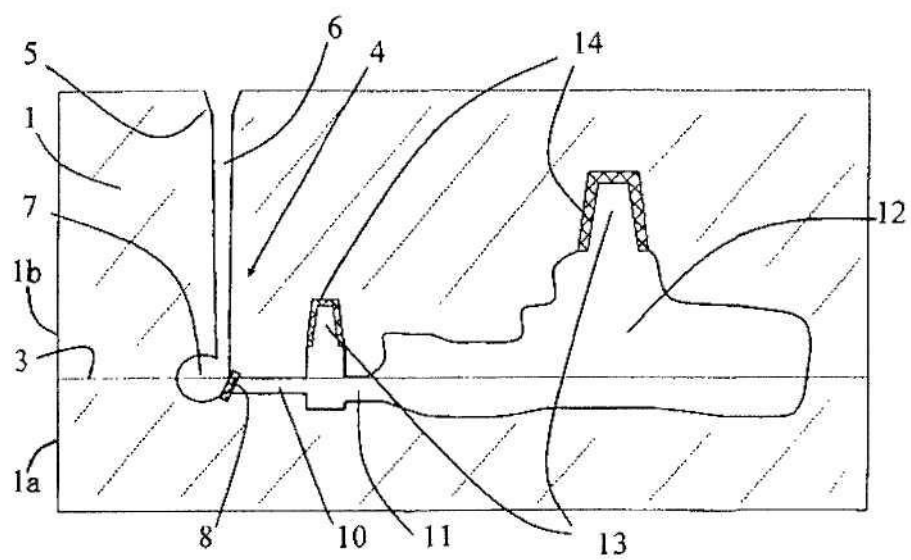


Fig. 1

## ОПИС

Даний винахід стосується ливарної форми для лиття металів і способу лиття металів з використанням такої ливарної форми.

Використання фільтрів при литті металів добре відоме. Фільтр в основному використовують для запобігання проникненню неметалічних включень в розплавленому металі у виливок. Наявність включень чинить шкідливий вплив на фінішну литу поверхню, механічні властивості і характеристики механічної обробки, і може привести до відбраковування виливка. Фільтри, зокрема, керамопінні фільтри, також зменшують турбулентність потоку металу і забезпечують удосконалення ливникової і впускної систем, і відповідно, підвищують продуктивність виготовлення виливків.

При дрібних виливках, метал, як правило, надходить для відливання з використанням одного потоку металу і одного фільтра. Труднощі можуть виникнути при більш великих виливках, оскільки звичайний фільтр не має необхідної пропускної здатності для живлення крупного виливка, тобто він буде засмічуватися, що зменшить або зупинить потік металу і в результаті приведе до неповноти виливка. Тому необхідно або використовувати дуже великий фільтр, або використовувати декілька відфільтрованих потоків металу, що надходять для відливання. Проблеми можуть виникнути також через невелику фільтруючу здатність, що веде до засмічування фільтра і великого періоду часу, необхідного для заливання. Збільшення температури заливання металу може частково вирішити цю проблему, однак це може привести до інших проблем, що робить фільтрацію металу технічно і/або економічно непривабливою. Одним з розв'язань цієї проблеми є карусельний фільтр, наприклад, такий, що описаний в DE 42 29 417 C 2. Карусельний фільтр містить керамічний кожух для декількох фільтрів, які розташовані кільцем. Розплавлений метал проходить через фільтри із зовнішньої сторони кільця на вихід в центрі кришки кожуха. Карусельний фільтр забезпечує фільтрацію великого об'єму металу, але його застосування доцільне тільки для крупних виливків, частково через високу теплоємність керамічного кожуха і ливникових систем.

Вихрова камера, відома також як вихровий ливник або доцентровий вловлювач, являє собою пристрій для видалення шлаку і інших домішок з розплаву (розплавленого металу). У пристрої використана різниця в густині між розплавом і небажаними матеріалами, зваженими або плаваючими в розплаві. Пристрій забезпечує обертання розплаву, внаслідок чого важкий метал виступає назовні, а легкі домішки йдуть всередину, де вони коагулюють і спливають вгору.

У RU2213641 описаний модифікований шлакоуловлювач в ливарній формі у вигляді порожнинної бобишки, що має вставку (яка може містити фільтр) для основи і металоприймач під вставкою.

Вставка має кільцеподібний виступ, паралельний стінкам порожнини-бобишки, наприклад, такий, що спочатку при надходженні металу в порожнину-бобишку він обтікає зазор між порожниною і виступом. Як стверджується, шлак при цьому спливає вгору і концентрується у верхній частині порожнини-бобишки, в той час як розплав тече вниз через вставку в металоприймачі, а потім в ливарну форму.

Об'єктом одного з аспектів даного винаходу є забезпечення способу відливання розплавленого металу, що знижує вміст шлаку і інших домішок у виливку за допомогою вихрової камери.

Відповідно до першого аспекту даного винаходу, пропонується ливарна форма для лиття металів, при цьому в згаданій ливарній формі є порожнина, причому згадана порожнина має ливарну ділянку і суміжну з нею ливникову систему вище по потоку від ливарної ділянки, притому згадана ливникова система містить розташовану вище по потоку вхідну ділянку, розташовану нижче по потоку вихідну ділянку і вихрову камеру, розташовану між вхідною і вихідною ділянками, причому на ділянці сполучення між вихровою камерою і вихідною ділянкою розміщений фільтр, і при цьому фільтр розташований паралельно осі, навколо якої при експлуатації обертається метал у вихровій камері, а подовжня вісь вхідної ділянки проходить через фільтр.

Використовуваний тут термін «розташований вище по потоку» і «розташований нижче по потоку» стосуються загального напрямку потоку металу в ливарній формі під час лиття.

Використовуваний тут термін «вихрова камера» являє собою камеру, яка надає обертального руху розплавленому металу, що проходить через неї (відносно загального руху металу через ливникову систему).

У деяких варіантах здійснення, вихрова камера має одну або декілька зігнутих поверхонь, які сприяють обертанню металу у вихровій камері. Периферійна поверхня вихрової камери може мати круглий переріз. У згаданій периферійній поверхні може бути розташований фільтр.

Вихідна ділянка в ливарній формі буде загалом горизонтальною, в той час як орієнтація вхідної ділянки не обмежена. У одній належній серії варіантів здійснення вхідна ділянка є по суті вертикальною, тоді як в альтернативній серії варіантів здійснення вхідна ділянка є по суті горизонтальною. Зокрема, у випадку з горизонтальною вхідною ділянкою фахівець, який має належні знання, по достоїнству оцінить, що ливникова система звичайно включає в себе стояк для приймання розплавленого металу вище по потоку від вхідної ділянки.

У тих варіантах здійснення, де і вхідна, і вихідна ділянки є горизонтальними, вони можуть переважно лежати частково або повністю в загальній горизонтальній площині.

Подовжня вісь вхідної ділянки проходить через фільтр. Потрібно мати на увазі, що в тих варіантах здійснення, в яких вхідна ділянка орієнтована вертикально щонайменше частина потоку металу, що надходить у вихрову камеру, буде впливати безпосередньо на фільтр.

У певному варіанті здійснення, кут, утворений між подовжньою віссю вхідної ділянки і площиною розташованою вище по потоку поверхні фільтра, якщо дивитися з боку вихрової камери, становить  $>90^\circ$  і  $<180^\circ$ . Той же кут може бути  $>100^\circ$  і/або  $<170^\circ$ , і навіть  $>120^\circ$  і/або  $<150^\circ$ .

У певному варіанті здійснення, вихрова камера містить накопичувач, при цьому накопичувач є найнижчою областю вихрової камери, а також фільтр, розташований між вхідною ділянкою і накопичувачем. Накопичувач корисний для збирання витоків металу, наприклад, якщо метал капає у вихрову камеру до лиття, при витoku з дна ковша, коли той розташований над ливарною формою до заливання металу в ливарну форму. Витоки можна збирати в накопичувач, не допускаючи їх затвердіння в основній частині вихрової камери.

У ливарній формі може бути використаний будь-який звичайний фільтр, придатний для фільтрації розплавленого металу. У конкретному варіанті здійснення, фільтр являє собою пінокерамічний фільтр або комірковий фільтр. Придатні пінні фільтри включають в себе пінокерамічні фільтри, наприклад, фільтри з оксиду алюмінію, карбиду кремнію, описані в EP 0412673B1 і посиланнях в ньому, або цирконієві фільтри, наприклад, описані У. Х. Саттоном, Дж. С. Палмером, Дж. Р. Моррісом: «Розвиток керамічних пінних матеріалів для фільтрації високотемпературних сплавів» ("Development of Ceramic Foam Material for Filtering High Temperature Alloys", AFS Transactions, p339 (1985)), а також вуглецеві фільтри, наприклад, описані в WO02/18075.

При розміщенні в ливарну форму, розташована вище по потоку поверхня фільтра буде повернута до вихрової камери, а розташована нижче по потоку поверхня буде повернута до виходу. Краї фільтра можуть утримуватися в ливарній формі, що зменшує площу поверхні фільтра, призначеної для фільтрації розплавленого металу. Відкрита область розташованої вище по потоку поверхні фільтра служить для фільтрації розплавленого металу і називається «робочою» площею поверхні фільтра.

Робоча площа поверхні фільтра або кожний фільтр (вимірюється в  $\text{см}^2$ ) може бути меншою або дорівнює 15 %, 12 %, 9 % або 6 % від об'єму вихрової камери (вимірюється в  $\text{см}^3$ ). Робоча площа поверхні фільтра або кожний фільтр (в  $\text{см}^2$ ) може бути більшою або дорівнює 2 % від об'єму вихрової камери (в  $\text{см}^3$ ).

У іншій серії варіантів здійснення, вихрова камера має пару взаємно прямих і паралельних бічних стінок, таким чином, обертання металу відбувається загалом навколо осі, яка ортогональна взаємно паралельним бічним стінкам. Відстань між бічними стінками може складати більше 60 %, більше 70 %, більше 80 % або більше 90 % від ширини фільтра, виміряної у відповідній площині (тобто площини, ортогональній бічним стінкам). Аналогічним чином відстань між бічними стінками може складати менше 150 %, менше 135 %, менше 120 %, або менше 110 % від ширини фільтра, виміряної у відповідній площині.

Вихрова камера може містити більше однієї вихідної ділянки разом з відповідним фільтром, розташованим на ділянці сполучення вихрової камери з вихідною ділянкою. У певному варіанті здійснення, фільтри розташовані таким чином, що подовжня вісь вхідної ділянки проходить тільки через один фільтр. У певному варіанті здійснення, вихрова камера містить 2 вихідні ділянки і 2 фільтри, при цьому кожний фільтр розташований на ділянці сполучення вихрової камери з вихідною ділянкою.

Ливарна форма може містити множину вихрових камер (і відповідних вхідних і вихідних ділянок), наприклад, дві або три вихрові камери. Ливарна форма може містити множину ливарних ділянок (і відповідних ливникових систем), наприклад, дві або три ливарні ділянки (порожнини). Ливарна форма може містити одну вихрову камеру на ливарну ділянку (порожнина). Як альтернативний варіант одна вихрова камера може бути сполучена більш ніж з однією ливарною ділянкою (порожниною) або одна ливарна ділянка (порожнина) може бути сполучена більше ніж з однією вихровою камерою.

Винахід також полягає в способі підготовки ливарної форми згідно з першим аспектом, що містить закладення моделі з периферійною поверхнею, яка є комплементарною до профілю порожнини ливарної форми, обкладання моделі відповідним формувальним матеріалом, ущільнення згаданого формувального матеріалу, і витягання моделі з ливарної форми.

5 Хоча для утворення порожнини ливарної форми може бути використана одна унітарна модель, в ливарній практиці, як правило, є множина компонентів, які поєднуються один з одним і спільно утворюють модель.

Ливарна форма може бути виконана з двох частин (верхньої і нижньої половин горизонтально розділеної ливарної форми, що звичайно називаються відповідно верхньою і 10 нижньою опокою/стрижнем), в цьому випадку модель також буде утворена щонайменше двома компонентами (при цьому щонайменше один компонент з'єднаний з кожною половиною ливарної форми), формувальний матеріал закладають і встановлюють в кожній половині ливарної форми окремо, і кожний компонент моделі виймають з відповідних половин ливарної форми до того, як половини ливарної форми будуть зібрані разом для утворення ливарної 15 форми. Модель або компоненти моделі можуть бути виготовлені з дерева і металу, і можуть бути використані повторно.

Модель може бути виготовлена з матеріалу, що витрачається, який випаровується при контакті з розплавленим металом, в цьому випадку витягання моделі з ливарної форми відбувається під час лиття. Придатні матеріали, що витрачаються, включають в себе спінений 20 термопластовий матеріал, наприклад, полістирол або співполімер стирулу і ефір метакрилової кислоти.

Звичайно, можна також об'єднати дві вищезазначених технології. Наприклад, в двокомпонентній ливарній системі деякі з компонентів, які створюють модель, можуть бути виготовлені з матеріалу, що витрачається, а інші із змінних і матеріалів, що повторно використовуються. Наприклад, ливарна ділянка може бути виконана з компонентів моделі, що 25 не витрачаються, і щонайменше частина ливникової системи, наприклад, вихрова камера, може бути виконана з компонентів, що витрачаються.

Фільтр може бути заздалегідь утворений в моделі перед підготовкою ливарної форми або ж може бути вставлений в процесі підготовки ливарної форми. Звичайно фільтр буде заздалегідь 30 утворений в моделі, якщо модель (або щонайменше область моделі навколо фільтра) виготовлена з матеріалу, що витрачається. У випадку двокомпонентної ливарної системи, фільтр, як правило, вставляють в одну з половин ливарної форми безпосередньо перед збиранням половин разом. Модель зі спінених термопластових матеріалів, що включає в себе фільтр, описана в EP0294970.

Звичайно формувальний матеріал являє собою формувальний пісок, що містить зв'язувальний матеріал. Формувальний пісок завантажують по моделі, ущільнюють і закріплюють за допомогою зв'язувального матеріалу. Процеси формування добре відомі і описані, наприклад, в розділах 12 і 13 Foseco Ferrous Foundryman's Handbook (ISBN 075064284 X). Формувальний пісок звичайно являє собою кварцовий пісок, хоча використовують і інші 40 дорожчі види піску для спеціальних застосувань з метою надання певних властивостей частині або повністю ливарній формі і виливку. Пісок може бути новим і може бути повторно використаним, або ж він може бути поєднанням і того і іншого. Типовий спосіб, відомий як спосіб холодного отвердження без спікання (no-bake process), передбачає змішування піску з рідкою смолою або силікатним зв'язуючим разом з відповідним каталізатором, звичайно в 45 змішувачі безперервної дії. Піщану суміш потім ущільнюють навколо моделі шляхом поєднання вібрації і ущільнення, а потім залишають для витримання, під час якого каталізатор починає реагувати зі зв'язуючим приводячи до затвердіння піщаної суміші. Коли ливарна форма досягає міцності, придатної для обробки, її витягують з моделі, і вона продовжує тверднути до завершення хімічної реакції. Може бути застосоване вогнетривке покриття для зменшення фізичної і хімічної взаємодії між піщаною ливарною формою і металевим виливком, що 50 поліпшує поверхню готового виливка. Покриття може наноситися кистю, розпиленням або напиленням зверху, після чого йому дають висохти, перш ніж фільтри і яка-небудь живильна система буде встановлена в ливарних формах і дві половинки зібрані в готовому вигляді для виготовлення виливка.

55 Як альтернативний варіант, ливарна форма може бути виконана з піщаної суміші на глинистій зв'язці (що звичайно називається сирого формувальною сумішшю), який складається з суміші глини, наприклад, бентоніту натрію або кальцію, води і інших добавок, таких як вугільний пил і зв'язуючого на основі крохмалю. Піщаною сумішшю обкладають модель і стискають під тиском звичайно з прикладанням пневматичного або гідравлічного зусилля 60 пресової плити до верхньої частини піску. Тиск знімають і ливарну форму витягують з

модельної плити. Потім ливарна форма може бути використана для виготовлення виливка, із застосуванням вогнетривкого покриття або без нього.

Винахід також стосується компонента (компонентів) моделі, які утворюють вихрову камеру і частин вхідної і вихідної ділянок, суміжних з ділянками ливарної форми згідно з першим аспектом, при цьому периферійна поверхня компонентів моделі доповнює форму вихрової камери, фільтра і частин вхідних і вихідних ділянок, що є суміжними з нею.

Відповідно до третього аспекту даного винаходу запропонований спосіб формування металевого виливка, що містить формування ливарної форми, яка має всередині порожнину, при цьому згадана порожнина має ливарну ділянку і суміжну їй ливникову систему, розташовану вище по потоку від ливарної ділянки, причому згадана ливникова система містить розташовану вище по потоку вхідну ділянку, розташовану нижче по потоку вихідну ділянку, а також вихрову камеру, розташовану між вхідною і вихідною ділянками, притому на ділянці сполучення між вихровою камерою і вихідною ділянкою розміщений фільтр, і фільтр розташований паралельно осі, навколо якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері, а подовжня вісь вхідної ділянки проходить через фільтр; подачу розплавленого металу в порожнину, при цьому він проходить через вхідну ділянку і у вихрову камеру; створення обертального руху розплавленого металу у вихровій камері, що приводить до накопичення неметалічних включень в металі у вихровій камері, пропускання розплавленого металу через фільтр у вихідну ділянку ливникової системи, а потім в ливарну ділянку порожнини ливарної форми, забезпечення затвердіння розплавленого металу і відділення виливка від ливарної форми.

Виходячи з практичних міркувань, спосіб особливо підходить для виливка більшого 25 кг, більшого 100 кг, більшого 250 кг або більшого 500 кг, або меншого 3000 кг, або меншого 1500 кг, або меншого 750кг.

У деяких варіантах здійснення метал, що використовується для виливка, буде являти собою чорний метал, наприклад, сталь.

Після відділення від ливарної форми, виливку, можливо, буде потрібна фінішна обробка з використанням різних технологій, добре відомих в даній галузі.

Винахід також належить у вогнетривкому кожуху для використання в ливарній формі згідно з першим аспектом, при цьому кожух містить вихрову камеру, розташовану між вхідною ділянкою і вихідною ділянкою, і пристосований для розміщення в ньому фільтра, в якому вхідна і вихідна ділянки лежать в тій же площині і перпендикулярно осі, навколо якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері.

У одному варіанті здійснення, вихідна ділянка розташована на периферійній поверхні вихрової камери.

У одному варіанті здійснення, кожух додатково містить фільтр, причому фільтр розміщений на ділянці сполучення між вихровою камерою і вихідною ділянкою таким чином, що фільтр розташований паралельно осі, навколо якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері і так, що подовжня вісь вхідної ділянки проходить через фільтр.

Кожух може постачатися в комплекті разом з фільтром. Таким чином, в ливарному цеху фільтр може бути розташований в кожусі до підготовки ливарної форми або до лиття. Як альтернативний варіант, кожух може постачатися разом з фільтром, що вже знаходиться в кожусі, як це і описано.

Кожух виконаний так, що фільтр розташований в кожусі належним чином. Кожух може мати виїмку, канали або пази для розміщення фільтра в кожусі. Фільтр може бути розміщений за допомогою фрикційної підгонки і/або для закріплення фільтра можуть бути використані встановлювальні лапки.

Зрозуміло, що в способі лиття може бути використана ливарна форма, що має будь-яку ознаку, описану застосовно до ливарної форми згідно з першим аспектом.

Варіанти здійснення винаходу будуть тепер описані тільки як приклад з посиланням на прикладені креслення, на яких:

На фіг. 1 - показана ливарна форма для лиття металів відповідно до варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 2А - розріз частини ливникової системи ливарної форми відповідно до варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 2В - принципова схема потоку металу через ливникову систему, показану на фіг. 2А під час відливання.

Фіг. 3 - перспективний вигляд моделі відповідно до варіанту здійснення винаходу, що відповідає частині ливникової системи, представленої на фіг. 2А.

Фіг. 4А - розріз частини ливникової системи ливарної форми відповідно до іншого варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 4В - принципова схема потоку металу через ливникову систему, показану на фіг. 4А під час відливання.

5 Фіг. 5 - вигляд в перспективі моделі відповідно до варіанту здійснення винаходу, що відповідає частині ливникової системи, показаній на фіг. 4А.

Фіг. 6 - розріз частини ливникової системи ливарної форми відповідно до іншого варіанту здійснення винаходу.

10 Фіг. 7А - розріз частини ливникової системи ливарної форми відповідно до іншого варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 7В - вигляд зверху частини ливникової системи ливарної форми, показаної на фіг. 7А

Фіг. 8А і 8В - види в розрізі звичайного фільтра, що використовуються в порівняльних прикладах.

15 Фіг. 9 - вигляд зверху ливарної форми, що використовується для виготовлення виливка відповідно до варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 10 - розріз частини ливникової системи ливарної форми відповідно до іншого варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 11 - перспективний вигляд вихрової камери для використання в ливарній формі відповідно до варіанту здійснення винаходу.

20 Фіг. 12 - схема частини виливка, виконаного з використанням ливарної форми відповідно до варіанту здійснення винаходу.

На фіг. 1 показаний розріз готової піщаної ливарної форми 1 для лиття металів. Ливарна форма 1 містить нижню опоку 1а і верхню опоку 1b, які сполучені по лінії 3 розніму. Порожнина ливарної форми містить ливарну порожнину (ділянку) 12 і ливникову систему 4. Розплавлений метал тече через ливникову систему 4 (розташовану вище по потоку) і досягає ливарної порожнини 12 (розташованої нижче по потоку). Ливникова система 4 містить вертикальний стояк 6, що має на своєму верхньому торці лійкоподібну секцію 5 заливання. Нижній кінець стояка 6 утворює вхід вихрової камери 7. Вихрова камера 7 має вихід 10, який веде спочатку до ливникової області 11, а потім в ливарну порожнину 12. Таким чином, вихрова камера 7 є суміжною ливарній порожнині 12. Фільтр 8 розташований на ділянці сполучення між вихровою камерою 7 і виходом 10, на периферійній поверхні вихрової камери 7. Розплавлений метал надходить в порожнину через стояк 6, обтікає вихрову камеру 7, виходить через фільтр 8 на вихід 10, а потім продовжує текти нижче по технологічній лінії через ливникову область 11 на ливарну ділянку 12. Порожнина ливарної форми, показаної на фіг. 1, містить додаткові компоненти у вигляді живильних головок 13, одна з яких знаходиться біля ливникової області 11, а інша розташована на ливарній порожнині 12. Живильні головки 13 забезпечують заповнення резервуара рідкого металу при заливанні ливарної порожнини 12 і протягом періоду подальшого затвердіння і усадки виливка при охолодженні. Живильні головки 13 оточені живильними патрубками (живильниками) 14, які являють собою ізоляційні або екзотермічні вогнетривкі вироби низької щільності, що збільшують період часу, протягом якого метал, який міститься всередині, залишається рідким. Живильні патрубки 14 встановлюють в ливарну форму 1 до збирання.

Зрозуміло, що є множина варіацій конструкції ливникової системи 4 залежно від розміру, форми і металу виливка, що виробляється. Наприклад, розташований нижче по потоку вихідна ділянка 10 може виходити безпосередньо в ливарну порожнину 12, а не через ливникову область.

На фіг. 2А показаний розріз частини піщаної ливарної форми 20, що містить частину ливникової системи. Ливникова система містить вихрову камеру 24, яка є приблизно циліндричною, із зігнутою (круглого перерізу, як показано на фіг. 2А) периферійною поверхнею 26, що з'єднує дві взаємно паралельні плоскі бічні стінки (не видні на фіг. 2А). Зрозуміло, що бічні стінки і поверхні ливникової системи утворені внутрішніми поверхнями ливарної форми 20. Вихрова камера 24 має вхід 28 і вихід 30, при цьому обидва тягнуться від периферійної поверхні 26 вихрової камери 24. Вхід 28 простягається від вихрової камери 24 до іншої частини розташованих вище по потоку компонентів ливникової системи. Вихід 30 простягається від вихрової камери 24 до іншої частини розташованих нижче по потоку компонентів ливникової системи. Ливарна форма 20 показана у відповідній орієнтації для виготовлення виливка і, як видно, вхід 28 є, по суті, вертикальним, а вихід 30 є, по суті, горизонтальним. Фільтр 32 розташований на периферійній поверхні вихрової камери 24, на ділянці сполучення вихрової камери 24 і виходу 30. Фільтр 32 має розташовану вище по потоку поверхню 34, звернену до вихрової камери 24, і розташовану нижче по потоку поверхню 36, звернену до виходу 30. Вхід

28 має подовжню вісь А, яка проходить через розташовану вище по потоку поверхню 34 фільтра 32. Кут  $\alpha$ , утворений між подовжньою віссю А і площиною розташованою вище по потоку поверхні 34 фільтра 32, становить  $150^\circ$ . Вихрова камера має діаметр 9,6 см і товщину приблизно 4,8 см, отже, об'єм приблизно  $347,3 \text{ см}^3$ . Фільтр 32 має відкриту (робочу) площу приблизно  $23,04 \text{ см}^2$  ( $4,8 \times 4,8 \text{ см}$ ). Таким чином, робоча площа фільтра становить 6,6% від об'єму вихрової камери. Товщина вихрової камери 24, розмір фільтра 32 і вихід 30 розроблені таким чином, що потік і швидкість металу, що надходить, під час його знаходження у вихровій камері 24 істотно не знижується.

У цьому варіанті здійснення, вхід 28 і плоскі бічні стінки вихрової камери 24 є, по суті, вертикальними. У альтернативному варіанті здійснення, вихрова камера може бути орієнтована так, що вхід 28 і плоскі бічні стінки можуть бути, по суті, горизонтальними.

На фіг. 2В показане проходження розплавленого потоку металу через піщану ливарну форму 20 при відливанні. Як показано стрілками, розплавлений метал надходить у вихрову камеру 24 через вхід 28, протікає через розташовану вище по потоку поверхню 34 фільтра 32, навколо периферійної поверхні 26, а потім проходить через фільтр 32 на вихід 30. У вихровій камері 24 обертання металу відбувається загалом навколо осі В, яка ортогональна взаємно паралельним плоским бічним стінкам і паралельна площині фільтра 32. Обертання металу сприяє тому, що домішки в металі збираються у вихровій камері 24, а не проходять разом з потоком металу через фільтр. Метал з меншим вмістом домішок в ньому не буде засмічувати фільтр так само швидко і поліпшить потік металу нижче по технологічній лінії від ливарної ділянки (не показана). Звичайно, тривалість обробки будь-якої конкретної порції (аліквоти) металу буде змінюватися. Якись метали зможуть відразу пройти через фільтр, а деякі метали будуть циркулювати по декілька разів у вихровій камері.

Фіг. 3 являє собою вигляд в перспективі моделі 40, яка використовується для підготовки вихрової камери 24, входу 28 і виходу 30, показаної на фіг. 2. У цьому варіанті здійснення, модель 40 не містить фільтра. Фільтр може бути поміщений в ливарну форму незадовго до виготовлення виливка. Модель по суті являє собою циліндричний диск 42, що має першу ніжку 44, яка простягається загалом по вертикалі і по дотичній від периферійної поверхні диска 42 і суміжно до другої ніжки 46, що простягається загалом по горизонталі і по дотичній від периферійної поверхні диска 42. Загалом кубічна ділянка 48 лежить між периферійною поверхнею диска 42 і другою ніжкою 46 і утворює область для розміщення використовуваного фільтра (кожух фільтра).

Модель 40 розділена на два компоненти (40а, 40b) вздовж горизонтальної площини А, що розділяє диск 42 нижче його центра, і співпадаючої з верхньою поверхнею другої ніжки 46. Верхній компонент 40а може бути використаний при формуванні верхньої опоки ливарної форми, а нижній компонент 40b може бути використаний при формуванні нижньої опоки ливарної форми. Верхня і нижня опоки потім можуть бути з'єднані разом для формування ливарної форми 20 і утворення порожнини, показаної на фіг. 2.

На фіг. 4А показаний розріз піщаної ливарної форми 50, що містить частину ливникової системи. Ливникова система містить вихрову камеру 54, яка має периферійну поверхню 56, що з'єднує дві взаємно паралельні плоскі бічні стінки (не видні на фіг. 4А). Зрозуміло, що бічні стінки і поверхні ливникової системи утворені внутрішніми поверхнями ливарної форми 50. Вихрова камера 54 має вхід 58 і вихід 60, при цьому обидва тягнуться від периферійної поверхні 56 вихрової камери 54. Вхід 58 простягається від вихрової камери 54 до іншої частини розташованих вище по потоку компонентів ливникової системи. Вихід 60 простягається від вихрової камери 54 до іншої частини розташованих нижче по потоку компонентів ливникової системи. Ливарна форма 50 показана у відповідній орієнтації для виготовлення відливання і, як ми бачимо, вхід 58 є, по суті, вертикальним, а вихід 60 є, по суті, горизонтальним.

Фільтр 62 розташований на периферійній поверхні вихрової камери 54, на ділянці сполучення вихрової камери 54 і виходу 60. Фільтр 62 має розташовану вище по потоку поверхню 64, звернену до вихрової камери 54, і розташовану нижче по потоку поверхню 66, звернену до виходу 60. Периферійна поверхня 56 вихрової камери 54, протилежна фільтру 62, є загалом плоскою із закругленими верхніми і нижніми кутами. Периферійна поверхня 56 вихрової камери 54, суміжна фільтру 62, простягається вниз і утворює невелику камеру, яка утворює накопичувач 68. Накопичувач 68 розташований нижче за рівень фільтра 62 і утворює металевий резервуар для протікань. Наприклад, якщо метал капає у вихрову камеру 54 до початку виготовлення виливка, він нагромаджується в накопичувачі 68, а не твердне в основній частині вихрової камери 54, наприклад, на розташованій вище по потоку поверхні 64 фільтра 62. Вхід 58 має подовжню вісь А, яка проходить через розташовану вище по потоку поверхню



64 фільтра 62. Кут  $\alpha$ , утворений між подовжньою віссю A і площиною розташованою вище по потоку поверхні 64 фільтра 62, становить  $150^\circ$ .

Вихрова камера 54 має об'єм приблизно  $252,6 \text{ см}^3$ . Розташована вище по потоку поверхня 64 фільтра 62 має відкриту (робочу) площу поверхні, що становить приблизно  $23,04 \text{ см}^2$  ( $4,8 \times 4,8 \text{ см}$ ). Таким чином, робоча площа поверхні фільтра становить 9,1 % від об'єму вихрової камери. Товщина вихрової камери 54, розмір фільтра 62 і вихід 60 розроблені таким чином, що потік і швидкість металу, що надходить, під час його знаходження у вихровій камері 54 істотно не знижується.

У даному варіанті здійснення, вхід 58 і плоскі бічні стінки вихрової камери 54 є, по суті, вертикальними. У альтернативному варіанті здійснення, вихрова камера може бути орієнтована так, що вхід 58 і плоскі бічні стінки можуть бути, по суті, горизонтальними.

На фіг. 4B показане проходження потоку розплавленого металу через піщану ливарну форму 50 під час лиття. Як показано стрілками, розплавлений метал надходить у вихрову камеру 54 через вхід 58, протікає через розташовану вище по потоку поверхню 64 фільтра 62, навколо периферійної поверхні 56, а потім проходить через фільтр 62 на вихід 60. У вихровій камері 54 потік обертається загалом навколо осі B, яка ортогональна взаємно паралельним плоским бічним стінкам, і паралельна площині фільтра 62. Обертання металу сприяє тому, що домішки в металі збираються у вихровій камері 54, а не проходять разом з потоком металу через фільтр. Метал (з меншим вмістом домішок в ньому) не буде засмічувати фільтр так само швидко і поліпшить потік металу нижче по технологічній лінії від ливарної ділянки (не показана). Звичайно, тривалість обробки будь-якої конкретної порції (аліквоти) металу буде змінюватися. Якісь метали зможуть відразу пройти через фільтр, а деякі метали будуть циркулювати по декілька разів у вихровій камері.

Фіг. 5 являє собою вигляд в перспективі моделі 70, яка використовується для підготовки вихрової камери 54, входу 58 і виходу 60, показаної на фіг. 4A. В цьому варіанті здійснення, модель 70 не містить фільтра. Фільтр може бути поміщений в ливарну форму незадовго до виготовлення виливка. Модель 70 розділена на два компоненти, верхній компонент 70a і нижній компонент 70b. Верхній компонент 70a може бути використаний при формуванні верхньої опоки ливарної форми, а нижній компонент 70b може бути використаний при формуванні нижньої опоки ливарної форми. Верхня і нижня опоки потім можуть бути з'єднані разом для формування ливарної форми 50 і утворення порожнини, показаної на фіг. 4A.

На фіг. 6 показаний розріз піщаної ливарної форми 80, що містить частину ливникової системи. Ливникова система містить дві вертикально вирівняні вихрові камери 82a і 82b. Кожна вихрова камера 82a і 82b має індивідуальну вхідну секцію 83a і 83b відповідно, підключені вище по потоку і перпендикулярно стояку 84. Кожна вихрова камера 82a і 82b має розташовану нижче по потоку вихідну секцію 85a і 85b відповідно, які тягнуться від вихрової камери в тій же площині, що і входи 83a і 83b. Виходи 85a і 85b потім йдуть вниз по потоку щонайменше до однієї ливарної порожнини (не показана), можливо, через ливникові області, суміжні з ливарною порожниною. Ливникова система може бути використана для живлення однієї ливарної порожнини, в цьому випадку виходи 85a і 85b можуть вести до різних частин однієї і тієї ж ливарної порожнини. Як альтернативний варіант, виходи 85a і 85b можуть вести до двох окремих ливарних порожнин таким чином, що з однієї ливарної форми і при одному заливанні металу можуть бути отримані два окремі виливка.

На фіг. 7A показаний розріз піщаної ливарної форми 90, що містить частину ливникової системи. Ливарна форма 90 подібна ливарній формі 80, показаній на фіг. 6, тим, що ливникова система містить один стояк 94, що веде через окремі входи 93a і 93b в дві вихрові камери 92a і 92b. На відміну від ливарної форми 80, показаної на фіг. 6, вихрові камери 92a і 92b вирівняні в горизонтальному положенні замість вертикального положення. Кожна вихрова камера 92a і 92b має розташовану нижче по потоку вихідну секцію 95a і 95b відповідно, яка веде до однієї або декількох ливарних порожнин (не показано). Фільтр 96a і 96b розташований на периферійній поверхні кожної вихрової камери 92a, 92b на ділянці сполучення між кожною вихровою камерою 92a і 92b і її відповідним виходом 95a і 95b.

Фіг. 7B являє собою вигляд зверху варіанту здійснення, показаного на фіг. 7a. Розплавлений метал надходить в ливарну форму 90 через лійкоподібну секцію 97 стояка 94, тече горизонтально через входи 93a і 93b у вихрові камери 92a і 92b, де обертальний рух забезпечує збирання домішок в середній частині вихрових камер 92a і 92b. Потім розплавлений метал виходить з вихрових камер 92a і 92b через фільтри 96a і 96b, і тече нижче по технологічній лінії через виходи 95a і 95b в ливарну порожнину.

Фіг. 8a являє собою розріз частини піщаної ливарної форми 100, що утворює частину звичайної ливникової системи (також відомої як друкарська область фільтра). Ливникова

система містить стояк 103, на нижньому кінці якої по горизонталі розташований фільтр 104. Метал тече вниз по технологічній лінії від стояка 103 таким чином, що метал надходить безпосередньо на поверхню фільтра 104, проходить через фільтр 104 і надходить в плоскодонний накопичувач 105, переміщується по горизонталі у вихідну область 106, а потім в ливарну порожнину.

Фіг. 8В являє собою розріз іншої частини піщаної ливарної форми 110, що утворює частину звичайної ливникової системи (також відомої як друкарська область фільтра). Ливникова система містить стояк 113, нижній кінець якого являє собою основу стояка або область 112 накопичувача. Фільтр 114 встановлений вертикально в ливарній формі 110, суміжно області 112 основи стояка. Метал протікає через стояк 113, впливає на плоску основу накопичувача 115, тече горизонтально через фільтр 114 і у вихідну секцію 116 нижче по технологічній лінії від фільтра і в ливарну порожнину.

Фіг. 9 являє собою вигляд зверху всієї піщаної ливарної форми 50, що містить ливникову систему, частина якої раніше була показана на фіг. 4а. Метал надходить в порожнину ливарної форми через стояк 123 і потім протікає у вертикально орієнтовану вихрову камеру 54 і навколо неї, перед тим, як вийти з вихрової камери 54 через фільтр 62 і досягнути виходу 60. Потім вихід 60 поділяється на два окремі канали 126а і 126b, кожний з яких веде до різних частин ливарної порожнини 122 через ливникові секції 127а і 127b. Як і у варіанті здійснення, показаному на фіг. 1, живильні патрубки 128а, 128b, 128с і 128d, розташовані у верхній частині ливарної порожнини 122 і ливникових областей 127а і 127b для підтримки об'єму розплавленого металу в ливарній формі при заливанні і затвердженні виливка. Після охолодження ливникову систему витягують з виливка шляхом відділення секцій 129.

Фіг. 10 являє собою розріз піщаної ливарної форми 150, що містить частину ливникової системи. Ливникова система містить вертикальну вхідну ділянку 152, яка веде до вихрової камери 154. Периферійна поверхня 156 вихрової камери 154 має круглий переріз і на периферійній поверхні 156 розташовані два фільтри 158 і 160. Перший фільтр 158 веде до першої вихідної ділянки 162, а другий фільтр 160 веде до другої вихідної ділянки 164. Подовжня вісь вхідної ділянки 152 проходить тільки через перший фільтр 158. Виходи 162 і 164 злегка зігнуті для забезпечення плавності потоку металу, що виходить з фільтрів.

Потік металу показаний стрілками. Можна побачити, що перший і другий фільтри 158 і 160 розміщені паралельно осі В, навколо якої в ході експлуатації обертається метал. Метал надходить у вихрову камеру 154 через вхідну ділянку 152, обертається навколо вихрової камери 154 і виходить через обидві вихідні ділянки 162 і 164. Вихрова камера 154 з двома вихідними ділянками 162 і 164 є переважною, оскільки метал може швидше протікати через вихрову камеру, забезпечуючи велику площу фільтрації для аналогічного об'єму вихрової камери з одним фільтром.

Фіг. 11 являє собою перспективний вигляд керамічного (вогнетривкого) кожуха 170 для використання в ливарній формі відповідно до винаходу. Кожух 170 складається з вихрової камери 172, вхідної ділянки 174 і вихідної ділянки 176. На периферійній поверхні вихрової камери 172, на ділянці сполучення між вихровою камерою 172 і вихідною ділянкою 176, розташований вогнетривкий пінний фільтр 178. Кожух 170 пристосований для фіксації фільтра 178 на місці, при цьому кожух має виїмку спеціальної форми, яка забезпечує правильне розміщення фільтра на периферійній поверхні вихрової камери 172. Кожух повинен розміщуватися в ливарній формі таким чином, щоб розплавлений метал надходив на вхідну ділянку 174, обертася навколо вихрової камери 172 і тік через фільтр 178 на вихідну ділянку 176, а потім вниз по технологічній лінії в ливарну порожнину. Кожух 170 може бути вміщений в ливарну форму вертикально або горизонтально.

Приклад 1 і порівняльні приклади 1А і 1В.

Були зроблені спроби підготувати стальний виливок (кошик), що має загальну вагу виливка 68 кг, з використанням стандартної ливарної форми, що містить фільтр (порівн. приклади 1А і 1В), а також ливарної форми відповідно до варіанту здійснення винаходу (приклад 1). У кожному випадку був використаний вуглецевий пінний фільтр, придбаний у Fosco під торговою маркою STELEX PrO, що має розміри 50мм×50мм×20мм і пористість 10ppi. У прикладі 1 була використана ливарна форма 50, показана на фіг. 4А, 4В і 9. В порівняльному прикладі 1А була використана ливарна форма, в якій фільтр був розташований горизонтально, щоб метал витікав безпосередньо зі стояка на поверхню фільтра, як детально показано на фіг. 8а. В порівняльному прикладі 1В використана ливарна форма, в якій фільтр був розташований вертикально, щоб метал протікав через стояк і потім горизонтально через фільтр, як показано на фіг. 8В.

Порівняльний приклад 1А

Спроба реалізації порівняльного прикладу 1А виявилася безуспішною. При температурі заливання 1600 °С фільтр засмітився під час заливання ливарної форми так, щоб не вдалося повністю заповнити металом ливарну порожнину. Температура заливання була збільшена до 1640 °С, але фільтр як і раніше засмічувався до того, як була заповнена ливарна форма. При

заміні фільтра на тоншу версію (50мм×50мм×15мм) було встановлене деяке поліпшення металургійних властивостей (скорочення оксидних включень у виливку), однак фільтр як і раніше засмічувався до заповнення ливарної форми, хоча форма і заповнювалася при цьому у вищій пропорції.

Порівняльний приклад 1В

У ході реалізації порівняльного прикладу 1В успішного відливання не вийшло. Час заливання був збільшений і знову за винило засмічування фільтра для ряду ливарних форм, що заповнюються. Це було відмічено для температур заливання 1600° С і 1640° С.

Приклад 1

Було проведене успішне відливання з використанням ливарної форми, показаної на фіг. 4а, 4В і 9 при температурі заливання 1620° С. Фільтр не засмітився, і отриманий виливок був чистим і вільним від дефектів. Подібний результат був відмічений при температурі заливання 1600° С.

Приклад 2

Крупний і важчий виливок, ніж в прикладі 1, був виконаний з використанням ливарної форми з ливниковою системою, що відповідає показаній на фіг. 4а. Розплавлена сталь при температурі заливання 1620° С була залита в ливарну форму 50, через ливникову систему в ливарну ділянку (не показана на фіг. 4а). Вуглецевий пінний фільтр 62 STELEX PrO не засмітився при заливанні і далі вся ливарна ділянка була заповнена без засмічування або зниження швидкості потоку, в порівнянні з не фільтрованим заливанням, при цьому продуктивність лиття становила 236 кг. Як вказувалося вище, площа поверхні фільтра 62 становить 23,04 см<sup>2</sup>. Відповідно, пропускна здатність фільтра становить щонайменше 10,24 кгсм<sup>-2</sup>. Огляд показав відсутність полумок фільтра або обхідного проникнення металу.

Потім було проведене повторне випробування з використанням другої марки вуглецевого фільтра з меншим вмістом вуглецю, ніж в попередньому випробуванні. Ці фільтри з вищим вмістом вогнетривких матеріалів значно важчі, ніж вуглецеві фільтр STELEX PrO вуглецю того ж розміру і вимагають більше часу для прогрівання. Були успішно отримані виливки при температурі заливання 1620° С, при цьому засмічування фільтра не спостерігалось. Зниження температури заливання до 1600° С (температура, що використовується для виливків, які не фільтруються) часом приводить до засмічування фільтра.

Приклад 3

Виливок, як описано в прикладі 2, був отриманий з використанням ливникової системи, показаної на фіг. 2А. Розплавлена сталь була залита в ливарну форму 20, через ливникову систему в ливарну ділянку (не показана на фіг. 2А). Вуглецевий вугільний фільтр 32 при заливанні не засмітився, і вся ливарна ділянка була заповнена без засмічування фільтра.

Після охолодження і витягання з ливарної форми, ділянка ливникової системи, що містить вихрову камеру 24, фільтр 32, вхід 28 і вихід 30 була відділена від виливка. Металева частина потім була розділена навпіл, і проведений огляд внутрішньої структури металу ливникової системи. Фіг. 12 являє собою схему ливникової системи відливання, задану ливарною формою 20. На металі частково видні включення і осідання 141 від фільтра 32. Можна також побачити, що деякі включення 142 зібралися у верхній частині вихрової камери, а не в області фільтра 140 або в самому виливку. Зокрема, потрібно зазначити, що включення зібралися в області, віддаленій від фільтра 32, що збільшує пропускну здатність фільтра 32. У центрі металевої секції також видна деяка пористість 143.

Металева частина була розглянута під мікроскопом з метою оцінки її чистоти на мікрорівні. Були вибрані дві області, металева область А в нижній ділянці вихрової камери вище по потоку від фільтра, і область В металу, який пройшов через фільтр. Зразки були вирізані з металевої частини, змонтовані і поверхня відполірована з точністю до 1 мікрона. Сім випадкових областей були сфотографовані для кожного зразка, з використанням аналізу цифрових зображень при 100 кратному збільшенні. Було встановлено, що метал в області А містить в середньому 0,43 % оксидних і сульфідних включень І типу (нерівномірно розподілених), тоді як область В має більш рівномірно розподілені включення, із середнім вмістом 0,26 %.

Пропускна здатність фільтрів по фільтрації металів залежить від цілого ряду таких факторів, як будова фільтра, пористість і розмір пор, тип металу і якість (чистота), температури і способу заливання, ваги виливка і застосування фільтра (конструкції ливникової системи) і інш. На основі практичних прикладів застосувань в ливарній промисловості, пропускна здатність

типового керамічного фільтра на основі карбїду кремнію по відливанню чорних металів може варіюватися від 1 до 4 кг/см<sup>2</sup> (1-2 кг/см<sup>2</sup> для високоміцного чавуну, до 4 кг/см<sup>2</sup> для лускатого графіту і ковкого заліза). І для керамічних фільтрів на основі цирконію, і для вуглецевих фільтрів, пропускна здатність при фільтрації стали звичайно знаходиться в діапазоні від 1,5 до 3 кг/см<sup>2</sup>, і близько 4 кг/см<sup>2</sup> при використанні для високоміцного чавуну. При використанні винаходу було зазначено, що легко досягається пропускна здатність фільтра 5 кг/см<sup>2</sup>, про що свідчать вищенаведені приклади 2 і 3, в кожному з яких була досягнута пропускна здатність близько 10 кг/см<sup>2</sup>, що становить значне збільшення в порівнянні з фільтрами, що використовуються в звичайних ливникових системах.

Не будучи пов'язаними теорією, автори винаходу передбачають, що ливарна форма за даним винаходом поліпшує фільтрацію, тому що розплавлений метал тече по поверхні фільтра. Вважається, що це дає переваги щонайменше двома шляхами. У способах відливання з використанням фільтрації важливо уникнути застигання металу в холодному фільтрі на початку відливання. Деяке застигання може бути неминучим і просто знижує ефективність фільтра. Серйозне застигання може повністю блокувати фільтр і перешкодити виготовленню виливка. Процес нагрівання фільтра до робочої температури (шляхом контакту з розплавленим металом) відомий як прогрівання. Істотного застигання звичайно уникають шляхом перегрівання металу, що відливається (за рахунок витрат на енергію). Таким чином, деяка кількість теплової енергії може бути втрачена на фільтрі (і ливниковій системі) при підтримці металу вище його температури плавлення. Згідно з даним винаходом, метал впливає на фільтр під таким кутом, що більша його частина проходить по поверхні фільтра, а не через нього. Деяка частина тепла передається фільтру, і при виході цього металу з фільтра, він постійно замінюється новим гарячим металом, так що процес прогрівання виконується з мінімальним остиганням. Автори винаходу виявили, що температура розплаву, що відливається, може бути знижена, що відчутно економить витрати на енергію.

По-друге, передбачається, що потік розплавленого металу, що проходить по поверхні фільтра, "миє" поверхню фільтра, тим самим, перешкоджаючи утворенню включень, типу оксидної плівки і піску, вимитого з ливарної форми (проходженням розплавленого металу), при цьому частина включень утримується збоку від фільтра і концентрується в центрі і верхніх ділянках вихрової камери. Даний винахід забезпечує вищу пропускну здатність фільтрації і ефективність.

У доповнення до спостережень, зроблених в ході пробних виливків, вищевикладене додатково підтверджене за допомогою моделюючого програмного забезпечення MAGMASOFT, що використовується для розрахунку потоку і отвердіння металу в різних варіантах здійснення винаходу. MAGMASOFT є ведучим засобом моделювання, що поставляється MAGMA GiefSereitechnologie GmbH, яке моделює заливання ливарної форми і отвердіння виливка. Його звичайно використовують ливарні заводи для розрахунку механічних властивостей відливання з метою оптимізації способу відливання (конструкції ливникової системи і живильників), щоб уникнути дорогого і трудомісткого пробного відливання. Використовуючи повну версію MAGMASOFT (Solver 5, обчислення на грубій сітці і падіння тиску для моделювання фільтра), автори винаходу провели моделювання для розрахунку потоку (напрямку і швидкостей) і отвердіння (температурні профілі за часом) металу в ливникових системах, показаних на фіг. 2, 4, 6 і 7. Моделювання чітко показує сильний потік металу, який швидко тече по поверхні фільтра і циркулює у вихровій камері. Моделювання слідів частинок в металі показує, що якщо вони захоплені вихором циркулюючого металу, то, швидше усього, вони залишаються там протягом деякого часу. Програмне забезпечення не здатне моделювати ефекти фільтрації, типу засмічування або уловлювання накопичувачем включень, або вимивання включень з фільтра, однак сильний потік металу по поверхні фільтра і циркулюючий ефект, разом з спостереженнями в ході пробного відливання, деталізованими в прикладах 1-3, приводять до висновку, що такий потік може видалити блокуючі частинки на передній поверхні фільтра.

Поки що у всіх приведених прикладах ливарна форма була розділена горизонтально, проте, зрозуміло, що винахід однаково застосовний до вертикально розділених формувальним систем. Зокрема, невеликі і середньорозмірні виливки можуть бути вироблені в автоматичних безопікових формувальних машинах, типу машини Disamatic, що поставляється Георгом Фішером Діза, в якій використана формувальна система із застосуванням сирової формувальної суміші.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Ливарна форма (1, 50) для лиття металів, при цьому згадана ливарна форма має всередині
- 5 порожнину, причому згадана порожнина має ливарну ділянку (12), і суміжну з нею ливникову систему (4), розташовану вище по потоку від ливарної ділянки (12), причому згадана ливникова система (4) містить розташовану вище по потоку вхідну ділянку (6, 58), розташовану нижче по потоку вихідну ділянку (10, 60) і вихрову камеру (7, 54), розміщену між вхідною і вихідною ділянками (6, 10; 58, 60), причому на ділянці сполучення між вихровою камерою (7, 54) і
- 10 вихідною ділянкою (10, 60) передбачено фільтр (8, 62), яка **відрізняється** тим, що фільтр (8, 62) встановлений паралельно осі, відносно якої при експлуатації ливарної форми метал обертається у вихровій камері (7, 54), а подовжня вісь вхідної ділянки (6, 58) проходить через фільтр (8, 62).
2. Ливарна форма за п. 1, в якій вхідна ділянка (6, 58) є, по суті, вертикальною.
- 15 3. Ливарна форма за п. 2, в якій вихрова камера (54) містить накопичувач (68).
4. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-3, в якій кут, утворений між подовжньою віссю вхідної ділянки (58) і площиною розташованою вище по потоку поверхні (64) фільтра (62), якщо дивитися від вихрової камери (54) становить  $>90^\circ$  і  $<180^\circ$ .
5. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-4, в якій площа робочої поверхні фільтра (62) (виміряна в  $\text{см}^2$ ) менша або дорівнює 15 % від об'єму вихрової камери (54) (виміряного в  $\text{см}^3$ ).
- 20 6. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-5, в якій площа робочої поверхні фільтра (62) (виміряна в  $\text{см}^2$ ) більша або дорівнює 2 % від об'єму вихрової камери (54) (виміряного в  $\text{см}^3$ ).
7. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-6, в якій вихрова камера (54) має пару взаємно прямих і паралельних бічних стінок.
- 25 8. Ливарна форма за п. 7, в якій відстань між бічними стінками складає менше 150 % від ширини фільтра, виміряної у відповідній площині.
9. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-8, в якій фільтр (8, 62) являє собою пінний фільтр.
10. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-9, в якій фільтр (8, 62) розташований на периферійній поверхні вихрової камери (54).
- 30 11. Ливарна форма за будь-яким з пп. 1-10, в якій вихрова камера містить 2 вихідні ділянки і 2 фільтри, при цьому кожний фільтр розташований на ділянці сполучення між вихровою камерою і вихідною ділянкою.
12. Модель (70) для утворення вихрової камери (54) і змінних з нею частин вхідної і вихідної ділянок (58, 60) ливарної форми (50) згідно з будь-яким з пп. 1-11, в якій периферійна поверхня моделі (70) комплементарна формі вихрової камери (54), фільтру (62) і суміжним з нею частинам вхідної і вихідної ділянок (58, 60).
- 35 13. Вогнетривкий кожух для використання в ливарній формі за будь-яким з пп. 1-11, при цьому кожух містить вихрову камеру (172), розташовану між вхідною ділянкою (174) і вихідною ділянкою (176), причому кожух пристосований для приймання фільтра, в якому вхідна і вихідна ділянки (174, 176) лежать в одній площині і перпендикулярно осі, навколо якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері (172).
- 40 14. Вогнетривкий кожух за п. 13, в якому вихідна ділянка (176) розташована на периферійній поверхні вихрової камери (172).
15. Вогнетривкий кожух за п. 13 або 14, що додатково містить фільтр (178), при цьому фільтр розташований на ділянці сполучення між вихровою камерою (172) і вихідною ділянкою (176), причому фільтр розміщений паралельно осі, відносно якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері (172), а подовжня вісь вхідної ділянки (174) проходить через фільтр.
- 45 16. Спосіб підготовки ливарної форми (50) за будь-яким з пп. 1-11, що містить закладання моделі (70), що має периферійну поверхню, комплементарну формі ливарної порожнини, обкладання моделі (70) придатним формувальним матеріалом, отверджування згаданого формувального матеріалу і витягання моделі (70) з ливарної форми (50).
- 50 17. Спосіб формування металевого виливка, в якому формують ливарну форму (1, 50) з порожниною всередині, при цьому згадана порожнина має ливарну ділянку (12) і суміжну з нею ливникову систему (4) вище по потоку від ливарної ділянки (12), причому згадана ливникова система (4) містить розташовану вище по потоку вхідну ділянку (6, 58), розташовану нижче по потоку вихідну ділянку (10, 60) і вихрову камеру (7, 54) розташовану між вхідною і вихідною ділянками (6, 10; 58, 60), причому на ділянці сполучення між вихровою камерою (7, 54) і вихідною ділянкою (10, 60) встановлюють фільтр (8, 62), причому фільтр (8, 62) розміщують паралельно осі, відносно якої при експлуатації метал обертається у вихровій камері (7, 54), а
- 60 подовжня вісь вхідної ділянки (6, 58) проходить через фільтр (8, 62); заливають розплавлений

- метал в порожнину таким чином, що він тече через вхідну ділянку (6, 58) і у вихрову камеру (7, 54); створюють обертальний рух розплавленого металу у вихровій камері (7, 54), що приводить до акумулювання включень в металі у вихровій камері (7, 54); забезпечують проходження розплавленого металу через фільтр (8, 62) у вихідну ділянку (10, 60) ливникової системи і потім в ливарну ділянку (12) ливарної порожнини; забезпечують тверднення розплавленого металу, а також відділення виливка від ливарної форми (1, 50).
- 5 18. Спосіб за п. 17, в якому фільтр (8, 62) являє собою пінний фільтр.

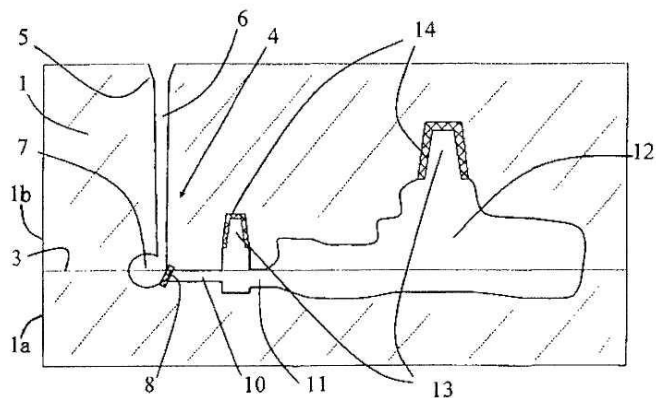


Fig. 1

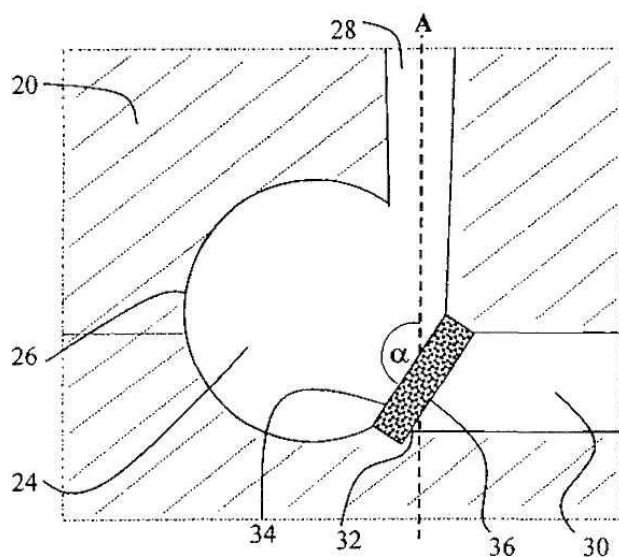


Fig. 2A

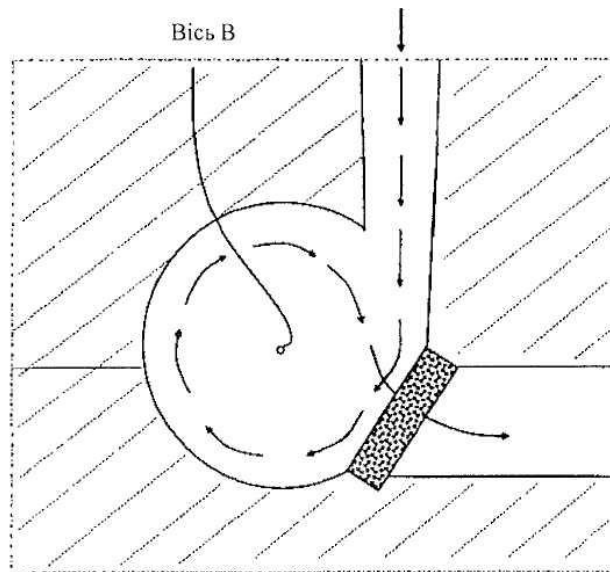


Fig. 2B

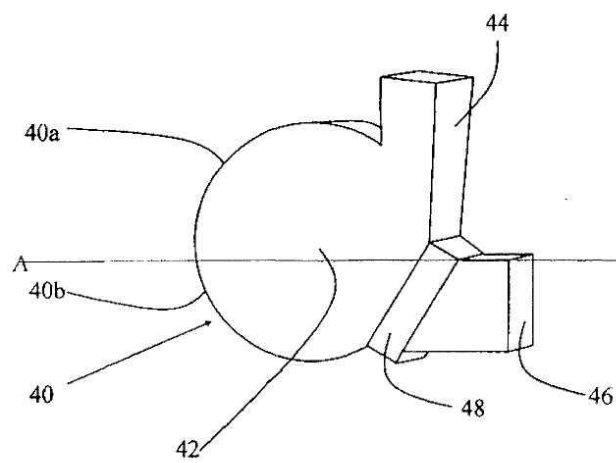


Fig. 3

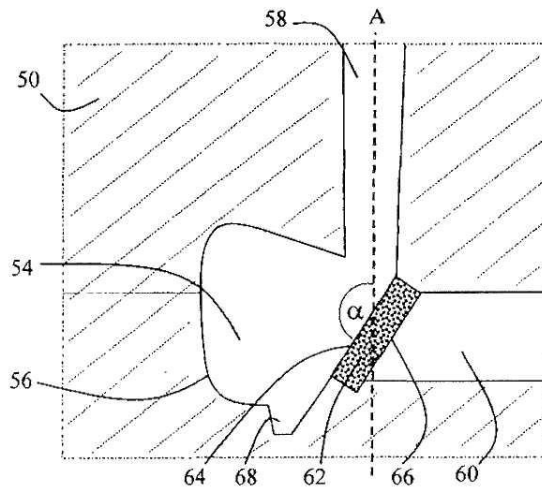


Fig. 4A

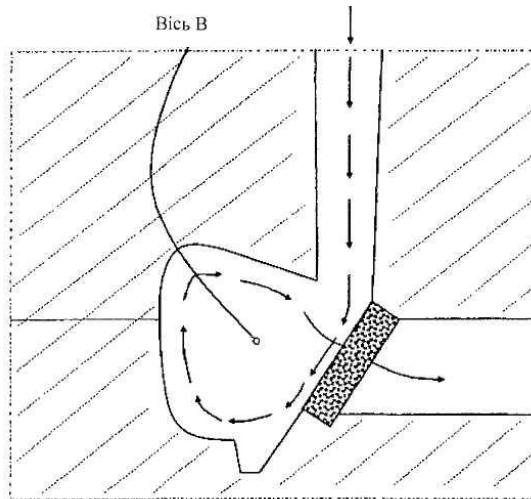


Fig. 4B

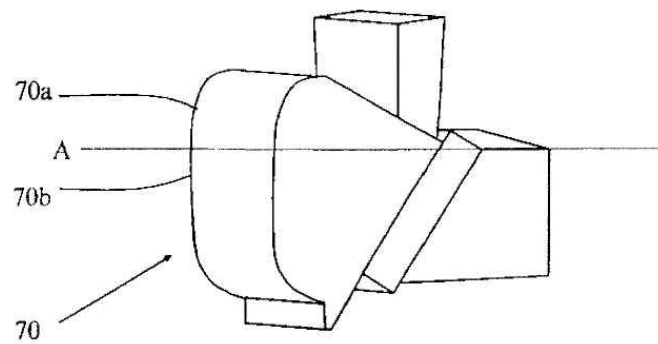


Fig. 5



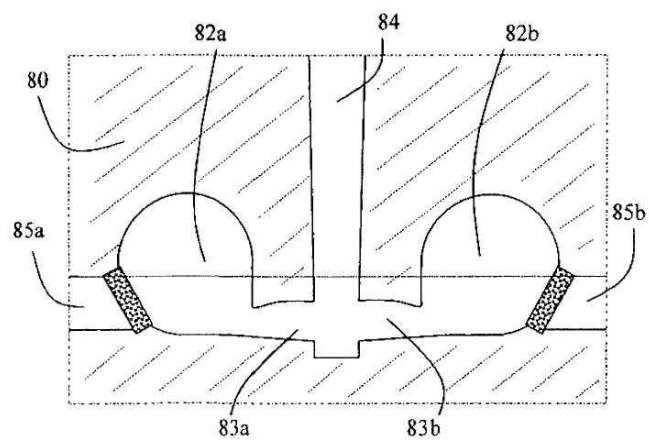


Fig. 6

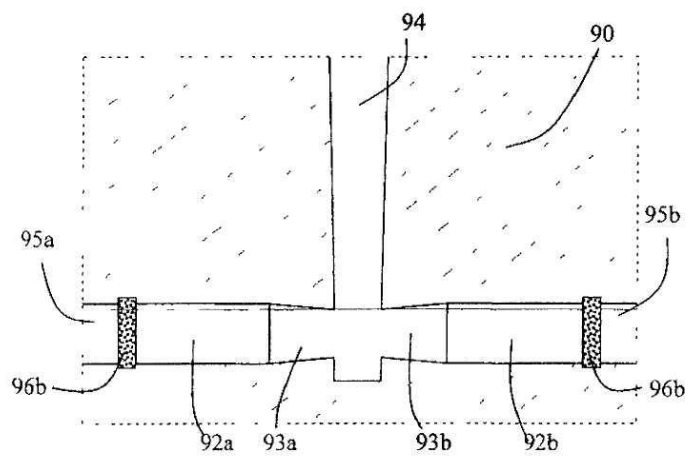


Fig. 7A

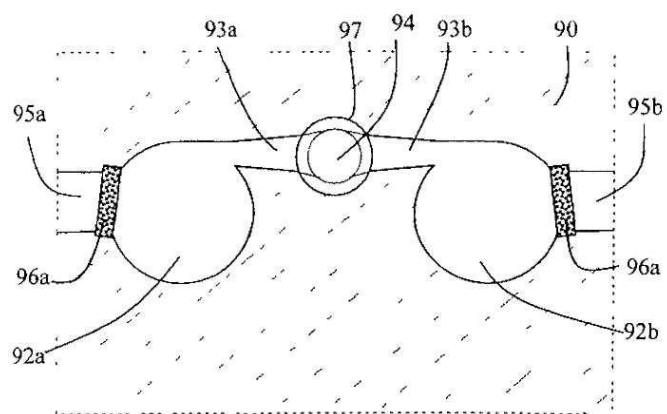


Fig. 7B

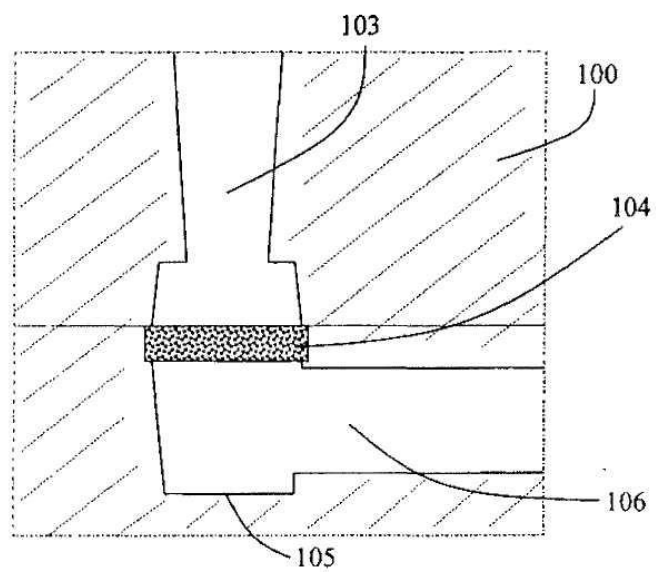


Fig. 8A

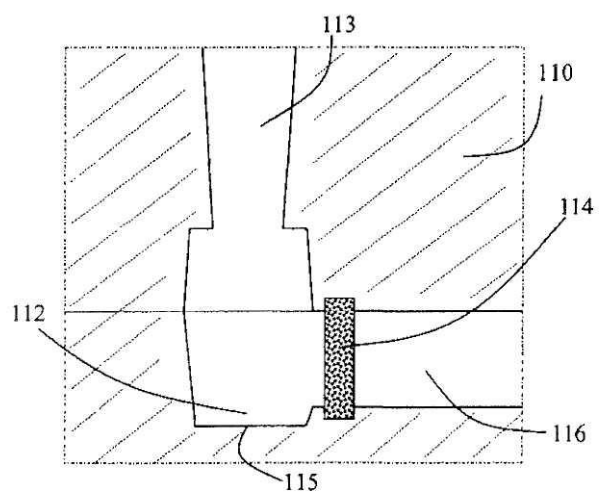


Fig. 8B

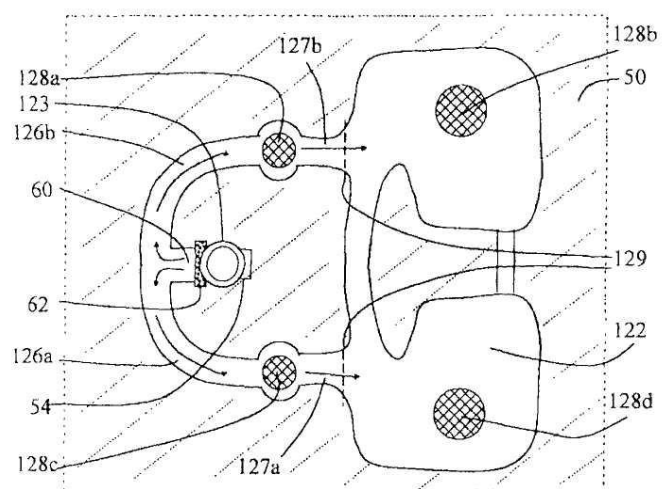
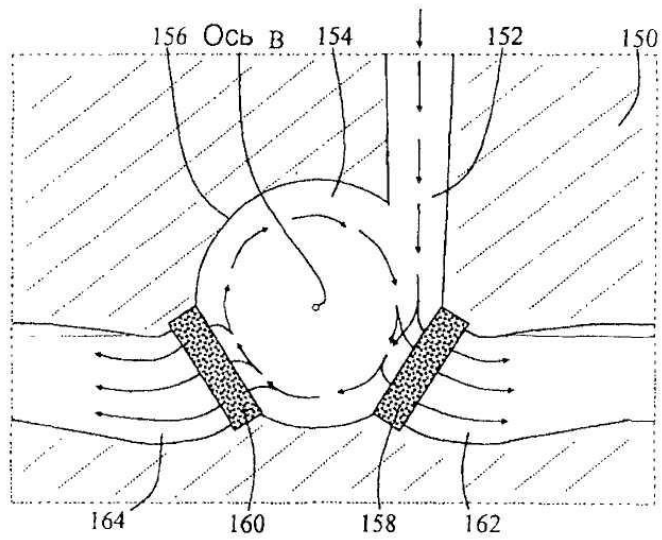
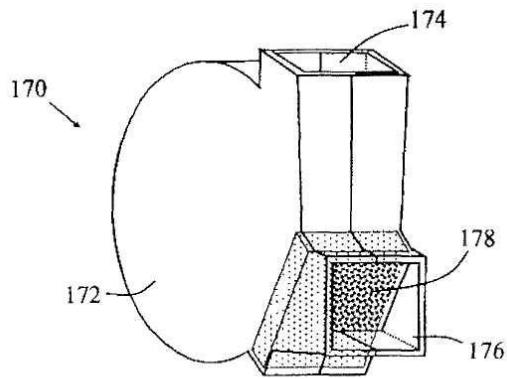


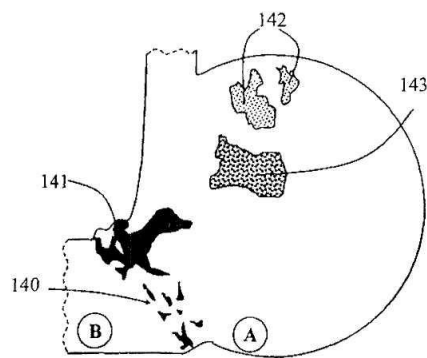
Fig. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601