



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92728 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
C21B 7/24  
G01J 5/04  
G01J 5/08  
G01K 1/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАННИ РОЗПЛАВУ

1

(21) a200705424  
(22) 17.05.2007  
(24) 10.12.2010  
(31) 0610011.9  
(32) 19.05.2006  
(33) GB  
(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.  
(72) ДАМС ФРЕНСІС, ВЕ, ЗОЙТЕНС ФРАНК, ВЕ,  
ВІТАКЕР РОБЕРТ ЧАРЛЬЗ, GB  
(73) ХЕРАУС ЕЛЕКТРО-НАЙТ ІНТЕРНЕТШНЛ Н.В.,  
ВЕ  
(56) EP 1564536 A1, 17.08.2005  
US 6227702 B1, 08.05.2001  
JP 3284709 A, 16.12.1991  
JP 7229791 A, 29.08.1995  
JP 9166495 A, 24.06.1997  
(57) 1. Пристрій для вимірювання параметрів ванни розплаву за допомогою оптичного волокна, яке має покриття та детектор, з'єднаний з волокном, у якому волокно охоплено покриттям з множини шарів, один з яких є металевою трубою, а під ним розташований проміжний шар, який є порошком або волокнистим, або гранульованим матеріалом, у якому матеріал проміжного шару охоплює волокно множиною частин.  
2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що параметр є температурою.  
3. Пристрій за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що ванна розплаву є ванною розплаву металу.  
4. Пристрій за п. 1 або 2, або 3, який відрізняється тим, що проміжний шар містить інертний матеріал, діоксид кремнію, оксид алюмінію або матеріал, стійкий до ванни розплаву.

2

5. Пристрій за будь-яким із пп. 1-4, який відрізняється тим, що зовнішній шар містить метал, керамічний папір, картон або пластиковий матеріал.  
6. Пристрій за п. 5, який відрізняється тим, що металом є цинк.  
7. Пристрій за будь-яким із пп. 1-6, який відрізняється тим, що покриття додатково має вібратор або вібратор, встановлений на покритті або біля покриття.  
8. Пристрій за п. 7, який відрізняється тим, що вібратор має матеріал, здатний виділяти газ при температурі з інтервалу від 100 °C до 1700 °C.  
9. Пристрій за п. 7 або 8, який відрізняється тим, що між вібратором та покриттям знаходиться проміжний простір, який менший за амплітуду коливання вібратора.  
10. Пристрій за п. 7 або 8 або 9, який відрізняється тим, що зовнішня частина покриття має нерівності, виконані послідовно в поздовжньому напрямі, здатні зачіплюватися за перешкоди біля покриття, зокрема на спрямовуючій конструкції волокна.  
11. Пристрій за будь-яким із пп. 1-10, який відрізняється тим, що оптичне волокно охоплене металевою манжетою як внутрішній шар.  
12. Пристрій за будь-яким із пп. 1-11, який відрізняється тим, що шари покриття розташовані безпосередньо один над іншим.  
13. Пристрій за п. 12, який відрізняється тим, що шар на внутрішній частині лежить безпосередньо на оптичному волокні.

Винахід відноситься до способу для вимірювання параметру, зокрема температури, ванни розплаву, зокрема ванни розплаву металу, за допомогою оптичного волокна, оточеного покриттям, причому оптичне волокно занурюють у ванну розплаву, а випромінювання, поглинуте оптичним волокном у ванні розплаву, передається до детек-

тора, у якому оптичне волокно нагрівається при зануренні у ванну розплаву. Окрім того, винахід відноситься до пристрою для вимірювання параметру, зокрема температури, ванни розплаву, зокрема ванни розплаву металу, за допомогою оптичного волокна, яке має покриття та детектор, з'єднаний з волокном, у якому покриття охоплює

(19) UA (11) 92728 (13) C2

волокно багатьма шарами. Параметри у розумінні винаходу можуть також бути, наприклад, висотою ванни або складом, іншими словами процентною кількістю компонентів. Також можна вимірювати параметри в інших ваннах розплаву, таких як ванна розплаву солі, криоліту або скла.

Спосіб цього типу відомий, наприклад з документу JP 11118607. Він описує як оптичне волокно використовується для вимірювання температури у ваннах розплаву металу. Оптичне волокно розмотують з котушки і подають у ванну розплаву металу крізь трубу для подачі. Випромінювання, поглинуте оптичним волокном, оцінюється детектором. Відповідні оптичні волокна відомі, наприклад, з документу JP 10176954. Описане тут волокно охоплене на певній відстані металевою трубою. Дана труба охоплена трубою, виготовленою з ізоляційного матеріалу, яка у свою чергу охоплена зовнішньою металевою трубою. Ця конструкція запобігає занадто швидкому плавленню внутрішньої металевої труби. Труба, виготовлена з ізоляційного матеріалу, містить частинки вуглецю так, що внутрішня металева труба не плавиться, доки відповідна частина труби не зануриться у ванну розплаву металу. Волокно занурюють у ванну розплаву металу і рухають з наперед визначеною швидкістю так, що можна продовжувати вимірювання навіть, якщо кінчик волокна зруйнований. Подібне оптичне волокно для вимірювання температури описується в документі JP 7151918. Тут оптичне волокно охоплене захисною металевою трубою, покритою шаром пластичного матеріалу.

Окрім того, відомі багатопарові дроти, які використовуються в сталевих конструкціях для вибіркового введення легуючих речовин у ванну розплаву сталі (наприклад в документах DE 199 16 235, DE 37 12 619, DE 196 23 194, US 6,770,366).

Задачею винаходу є покращення якості вимірювання параметрів у ваннах розплаву за допомогою оптичних волокон.

Задача вирішується ознаками незалежних пунктів формули винаходу. Переважні конфігурації викладені у залежних пунктах формули винаходу.

Оптичне волокно природно нагрівається при зануренні у ванну розплаву або при наближенні нього до ванни розплаву або шару шлаку над нею (наприклад на ваннах розплаву сталі). Нагрівання стосується, зокрема кінчика або занурювального кінця оптичного волокна. Оптичне волокно, світловий елемент, якого зазвичай виготовлений з кварцового скла, повинні постійно мінятися, коли кінчик знаходиться, наприклад, у ваннах розплаву сталі, оскільки кварцове скло не може витримувати протягом довгого часу високих температур ванни розплаву сталі. Спосіб згідно з винаходом відповідно відноситься до передньої частини оптичного волокна у кожному випадку, коли воно занурене у ванну розплаву або у шар шлаку над нею. Крива нагрівання оптичного волокна (яка представляє підвищення температури  $T$  у вигляді функції від часу  $t$ ) має, згідно з винаходом, принаймні одну точку  $P(t_0, T_0)$ , у якій підвищення  $\Delta T_1$  температури оптичного волокна протягом часу  $\Delta t$  у першому часовому інтервалі  $t_0 - \Delta t$  до температури  $T_0$  менше за підвищення  $\Delta T_2$  температури оптичного волок-

на протягом часу  $\Delta t$  у наступному другому часовому інтервалі  $t_0 + \Delta t$ .

Поведінка температури цього типу означає, що в принципі крива нагрівання вперед від конкретного моменту часу має згин (напів-розрив), у якому швидкість нагрівання значно зростає порівняно з попередньою поведінкою. Підтверджено, що має місце механічне переміщення оптичного волокна або його найближчого оточення, величина якого залежить від величини зміни швидкості нагрівання та малості відповідного часового інтервалу. Чим більша зміна швидкості нагрівання і менший часовий інтервал  $\Delta t$ , тим більше механічне переміщення волокна або його найближчого оточення під час цієї квазінепостійної зміни на кривій нагрівання. Це переміщення допомагає зануренню оптичного волокна у ванну розплаву та заміні кінчика оптичного волокна, яке практично виштовхується раптово виникаючим рухом (вібрацією) так, що може просуватися новий кінець скловолокна, який все ще не ушкодився високими температурами.

Підвищення  $\Delta T_2$  температури  $T$  після другого часового інтервалу  $t_0 + \Delta t$  принаймні в 5 раз, переважно принаймні в 10 раз, зокрема принаймні в 20 раз більше за підвищення  $\Delta T_1$  температури у першому часовому інтервалі  $t_0 - \Delta t$ . Особливо бажане в 50 раз або навіть краще в 100 раз більше підвищення температури в другому часовому інтервалі. Величина  $\Delta t$  двох часових інтервалів повинна переважно становити щонайбільше 500мс, переважно щонайбільше 200мс.

Встановлено, що температура  $T_0$  оптичного волокна, визначена у момент часу  $t_0$  між двома часовими інтервалами, становить максимум  $600^\circ\text{C}$ , переважно максимум  $200^\circ\text{C}$ , зокрема переважно максимум  $100^\circ\text{C}$ . У цьому випадку слід розглядати температуру реального оптичного волокна у вузькому сенсі, іншими словами температуру кварцового скла. Чим нижча ця температура  $T_0$ , на якій базується зміна швидкості нагрівання, тим сильнішою і ефективнішою може бути ця зміна.

Швидкість, з якою оптичне волокно занурюється у ванну розплаву металу або подається в неї, відповідає швидкості, з якою руйнується скляна структура його кінчика, так, що нове скловолокно подається безперервно, що підходить для приймання і пропускання випромінювання без його втрат, які зростають внаслідок зруйнованої волоконної структури.

Згідно з винаходом, пристрій для вимірювання параметра, зокрема температури, ванни розплаву, зокрема ванни розплаву металу, за допомогою оптичного волокна, яке має покриття та детектор, з'єднаний з волокном, у якому покриття охоплює волокно багатьма шарами, який відрізняється тим, що один шар виконано у вигляді металевої труби, а проміжний шар, розташований під ним, виконаний з порошку або волокнистого або гранульованого матеріалу, у якому матеріал проміжного шару охоплює волокно багатьма окремими частинами. Ознака, згідно з якою матеріал проміжного шару охоплює волокно багатьма окремими частинами, означає у сенсі винаходу, що конструкція з багатьох частин існує в робочому стані, іншими словами під час або після занурення у ванну розплаву, у якій вимірюється температура. У цьому випадку

температури становлять принаймні 1000°C, переважно принаймні 1400°C. У цьому стані зв'язуюча речовина, яка може використовуватися під час виробництва між частинами проміжного шару, розчиняється або згорає так, що окремі частини в значній мірі або більше не прилипають одна до іншої. Частини можуть утворювати або малі частинки або інакше більші здатні до склеювання блоки, такі як конгломерати, або, наприклад, оболонки, розташовані навколо волокна. Тому, матеріал проміжного шару не скрізь міцний, а тільки на принаймні скінченній довжині, яка здатна переміщатися.

Проміжний шар цього типу нагрівається під час занурення оптичного волокна у ванну розплаву металу або в шар шлаку над нею, при цьому на подив було підтверджено, що поєднання металеві труби та проміжного шару, розташованого під нею і виконаного з порошку або волокнистого або гранульованого матеріалу, під час нагрівання призводить до раптового значного розширення цього матеріалу проміжного шару від окремої точки вперед по кривій нагрівання в присутності газів, а саме, якщо металева труба нагрівається так сильно, що більше не може витримувати тиску, який зростає всередині металеві труби через розширення газів проміжного шару, обумовленого теплотою. У цьому випадку всередині металеві труби створюються швидко зростаючі напруження, доки вона раптово не трісне або зруйнується іншим способом так, що покриття оптичного волокна практично миттєво злітає з нього. Головним чином пристрій згідно з винаходом відрізняється тим, що під час або після руйнування металеві труби проміжний шар дуже швидко розкладається як шар і його частини залишають волокно. У цей спосіб, з одного боку, оптичне волокно дуже швидко і раптово взаємодіє з ванною розплаву металу своїм зануренням кінцем, а, з іншого боку, просування кінця оптичного волокна у ванну розплаву металу стає значно легшим.

Проміжний шар переважно виконується з діоксиду кремнію, оксиду алюмінію або з матеріалу, стійкого до ванни розплаву сталі, або з інертного матеріалу. Матеріал проміжного шару сам по собі не міцний, проте окремі частинки матеріалу можуть рухатися одна відносно іншої так, що, з одного боку, покриття з оптичним волокном є максимально гнучким, і, з іншого боку, гарантується непостійна природа вибухання або вивільнення цього матеріалу. Покриття може мати зовнішній шар металу, зокрема з цинку, керамічного паперу, картону або пластичного матеріалу.

Покриття переважно має вібратор або вібратор розташований на покритті або біля покриття для покращення вивільнення матеріалу покриття з оптичного волокна, або виймання (ламання) зруйнованого кінчика оптичного волокна. Вібратор може також виконуватися з матеріалу проміжного шару, оскільки було підтверджено, що при нагріванні частинки матеріалу проміжного шару рухаються одна до іншої, при чому це переміщення відбувається практично миттєво так, що вібрації в цьому матеріалі або в проміжному шарі зростають.

Вібратор може виконуватися з матеріалу, який виділяє газ при температурі з інтервалу від 100°C

до 1700°C (наприклад пластичний матеріал або інший матеріал, який горить або виділяє газ у цьому інтервалі температур). Можна також відзначити, що проміжний простір, який менший за амплітуду коливань, розташований між вібратором та покриттям. Зокрема, якщо вібратор розташований зовні покриття, то він механічним чином періодично діє на покриття так, що вібрації оптимально передаються цими ударами. Подальший вигідний варіант полягає в тому, що зовні покриття має нерівності, розташовані послідовно в поздовжньому напрямі, у якому поблизу покриття встановлено перешкоду, зокрема пристрій для спрямування волокна діє так, що при просуванні оптичного волокна генеруються вібрації.

Додатково оптичне волокно може охоплюватися металеві манжетою як внутрішній шар. Шари покриття у кожному випадку можуть наноситися безпосередньо один на інший, при цьому шар на внутрішній частині переважно лежить безпосередньо на оптичному волокні. Металева труба покриття, а також металева манжета, переважно виготовлені із сталі, зокрема, якщо пристрій використовують для вимірювання температури у ванні розплаву сталі або ванні розплаву заліза. Головним чином температура плавлення матеріалу металеві труби або металеві манжети повинна відповідати вимірюваній температурі плавлення ванни розплаву металу.

Пристрій згідно з винаходом має, головним чином кажучи, покриття для волокна із кварцового скла, яке при зануренні у ванну розплаву металу періодично руйнується. У цей спосіб оптичне волокно зберігається протягом відносно довгого періоду часу при дуже низькій температурі і починаючи від окремої температури вперед по волокну нагрівається миттєво до рівноважної температури у ванні розплаву металу так, що потім вимірювання може відбуватися дуже швидко перед тим як зруйнується оптичне волокно або його кінець, занурений у ванну розплаву металу. Безперервно всовуючи волокно у ванну розплаву з тією ж швидкістю, при якій руйнується його занурений кінець, завжди існує придатний волоконний матеріал, доступний у ванні розплаву металу, для вимірювання. Кінчик волокна безперервно руйнується так, що ерозійна поверхня волокна практично нерухома. Для цього, волокно або його занурювальний кінець повинні мати температуру ванни в момент початку розкладання (тому ця так звана критична швидкість у цьому випадку ідентична швидкості ерозії, з якою рухається ерозійна поверхня волокна). Якщо швидкість ерозії менша за критичну швидкість, то волокно руйнується перед тим, як воно буде мати температуру ванни.

Тепер варіанти виконання винаходу будуть пояснюватися за допомогою прикладу з посиланням на супровідні креслення, на яких:

Фіг.1 зображає криву нагрівання для способу згідно з одним із варіантів виконання винаходу, при цьому ознаки кривої нагрівання зазначені у вступній частині опису;

Фіг.2 зображає схематичну ілюстрацію пристрою згідно з одним із варіантів виконання винаходу;

Фіг.3 зображає ілюстрацію варіанта механічних вібрацій для пристрою;

Фіг.4а-4с зображають схематичні ілюстрації пристрою згідно з різними варіантами виконання винаходу з детектором;

Фіг.5а-5d зображають поперечні перерізи різних варіантів виконання волокна з покриттям для пристрою; і

Фіг.6 зображає деталізовану ілюстрацію волокна у поперечному перерізі.

На Фіг.1 поведінка температури від часу зображена для занурення оптичного волокна у ванну розплаву сталі за способом згідно з винаходом. Швидкість занурення волокна із кварцового скла з покриттям у ванну розплаву сталі дорівнює швидкості його руйнування (швидкість ерозії) так, що поверхня ерозії є квазістаціонарною у ванні розплаву метала. Ця швидкість відповідає критичній швидкості так, що оптичне волокно на поверхні руйнування має температуру ванни.

Волокно із кварцового скла саме по собі всередині свого покриття має тільки дуже мале підвищення температури протягом довгого періоду часу. У певний момент часу його покриття раптово видаляється так, що його температура за короткий проміжок часу зростає дуже різко, доки у ванні розплаву сталі вона не досягне рівноважної температури.

На Фіг.2 зображено плавильний чан 1 з ванною 2 розплаву сталі. У нього занурене оптичне волокно 3. Оптичне волокно 3 має над ванною розплаву метала зовнішнє покриття 4, яке служить для легшого проштовхування штовхальним пристроєм 5. На кінці покриття 4, який повернутий до ванни 2 розплаву сталі, розташований вібратор 6, який б'є по покриттю 4 через короткі інтервали часу так, що покриття волокна із кварцового скла раптово руйнується згенерованими вібраціями, як тільки воно досягне наперед визначеної температури. У цей момент часу температура зовнішнього сталюого покриття є вже дуже високою, порошок, розташований між волокном із кварцового скла та зовнішнім сталюим покриттям або газом, який міститься в проміжному шарі, сильно розширений і за сприяння механічного впливу вібратора 6 розриває сталює покриття, яке у будь-якому випадку перебуває під термомеханічними напруженнями. В результаті волокно із кварцового скла миттєво піддається дії температури ванни розплаву сталі так, що воно різко нагрівається до температури рівноваги. Проміжний шар виконується з порошку діоксиду кремнію або порошку оксиду алюмінію.

Фіг.3 зображає оптичне волокно 3 з покриттям, яке має на своїй зовнішній поверхні нерівності, розташовані послідовно в поздовжньому напрямі. Оптичне волокно 3 спрямовується напрямно манжетю 7, яка має всередині опорний елемент 8, вздовж якого спрямовується оптичне волокно 3. На стороні оптичного волокна 3 навпроти опорного елемента 8 край спрямовуючої манжети 7 загинається по дотичній всередину так, що у цій точці він утворює перешкоду 9. Ця перешкода 9 зачеплюється за нерівності так, що оптичне волокно 3 постійно вібрує під час його переміщення вперед.

Фіг.4а зображає оптичне волокно 3, у якому волокно 10 із кварцового скла охоплене сталюю

трубою 11. Всередині сталюї труби 11 знаходиться проміжний шар 12, виконаний з порошку оксиду алюмінію. Волокно 10 із кварцового скла з'єднане з детектором 13 своїм кінцем, який повернутий в сторону від занурювального кінця оптичного волокна. На Фіг.4b зображена подібна конструкція і тут волокно 10 із кварцового скла охоплене металевю манжетю 14. Охолоджувальний газ може подаватися крізь металеву манжету 14, яка спрямовується із сталюї труби 11 на стороні бічного кінця детектора оптичного волокна 3 так, що волокно 10 із кварцового скла додатково охолоджується. Фіг.4с зображає конструкцію, подібну до конструкції з Фіг.4а оптичного волокна 3. Проміжний простір між сталюю трубою 11 та волокном 10 із кварцового скла ділиться на певну кількість камер за допомогою картонних дисків 15, встановлених перпендикулярно оптичному волокну 10. Картонні диски 15 служать, з одного боку, для стабілізації проміжного шару 12. Вони стабілізують, зокрема, порошок проміжного шару 12 під час руйнування оптичного волокна 3, яке проходить в поздовжньому напрямі. З іншого боку, під час горіння картонних дисків 15, яке відбувається через нагрівання, утворюються додаткові тріщини/розриви, які сприяють швидкій взаємодії волокна 10 із кварцового скла з ванною розплаву металу так, що після руйнування покриття воно нагрівається дуже швидко.

На Фіг.5а-5d зображені декілька варіантів для стабілізації волокна 10 із кварцового скла в центрі покриття оптичного волокна 3. Згідно з Фіг.5а, сталюа труба 11 згинається у такий спосіб, що вона утворює у вигляді однієї деталі концентрично розміщену внутрішню трубу 16, яка з'єднана із зовнішньою сталюю трубою 11 листом 17, який охоплює покриття. Зовнішня сталюа труба 11 зварена у шві 18 і має товщину стінки, що становить приблизно 0,5мм. Волокно 10 із кварцового скла розташоване у внутрішній трубі 16. У варіанті виконання згідно з Фіг.5b волокно 10 із кварцового скла розташоване по центру в матеріалі проміжного шару 12. Фіг.5с зображає додатковий варіант виконання оптичного волокна 3, подібний до того, що зображений на Фіг.5а. Хоча, тут сталюа труба 11 складається з двох половин, які у кожному випадку разом формують два листи 17, якими волокно 10 із кварцового скла з'єднане по центру. Подібним чином виконується варіант виконання згідно з Фіг.5d. Він додатково має другу зовнішню сталюу трубу 19, яка утримує сталюу трубу 11, виконану з двох оболонок. Стінка двох сталюих труб 11, 19 може відповідним чином тоншати по відношенню до інших варіантів виконання і величини у кожному випадку становлять приблизно 0,25мм. У шві 20 потребується одноразове зварювання.

Фіг.6 зображає детально поперечний переріз волокна. Волокно 10 із кварцового скла охоплене на мінімальній відстані сталюю оболонкою 21 так, що при нагріванні можливі різні розширення двох матеріалів, і, тим не менше, стабілізується волокно 10 із кварцового скла. Між сталюю оболонкою 21 та сталюю трубою 11 розташований проміжний шар 12, виконаний з частинок оксиду алюмінію. Сталюа труба 11 виготовляється з металевго листа і закрита складкою 23.

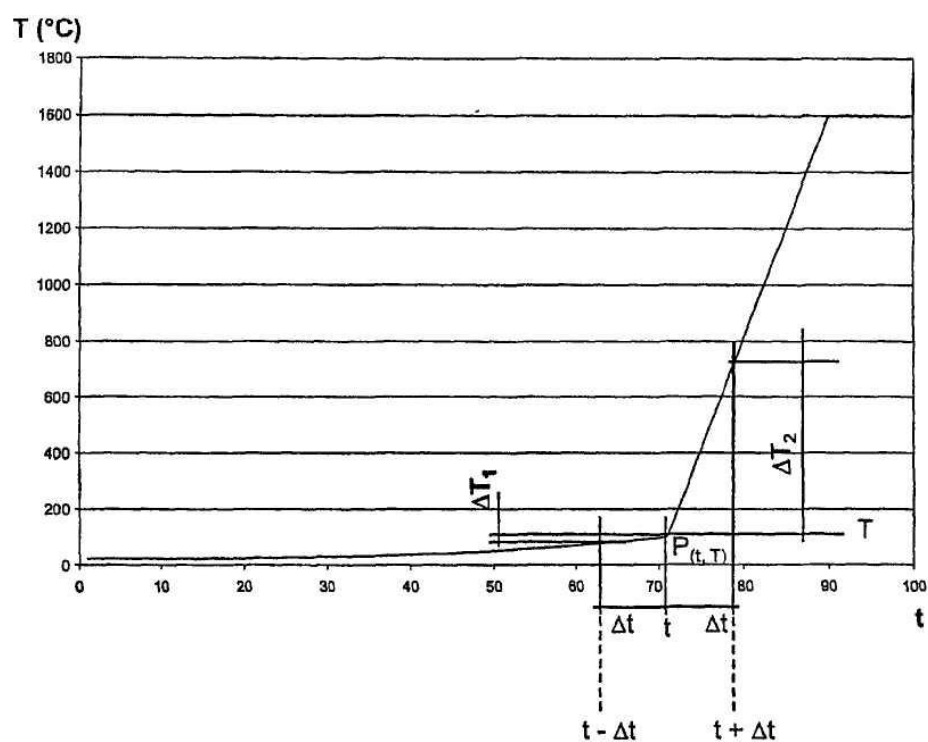


Fig. 1

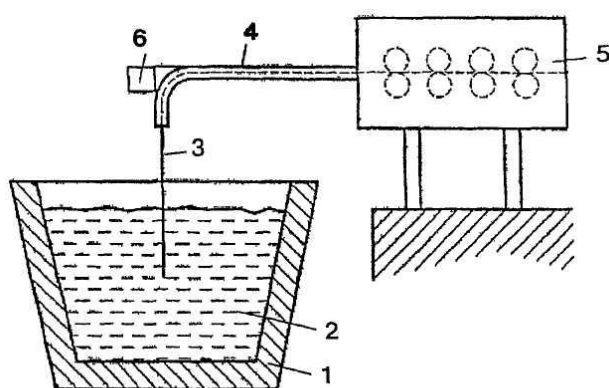


Fig. 2

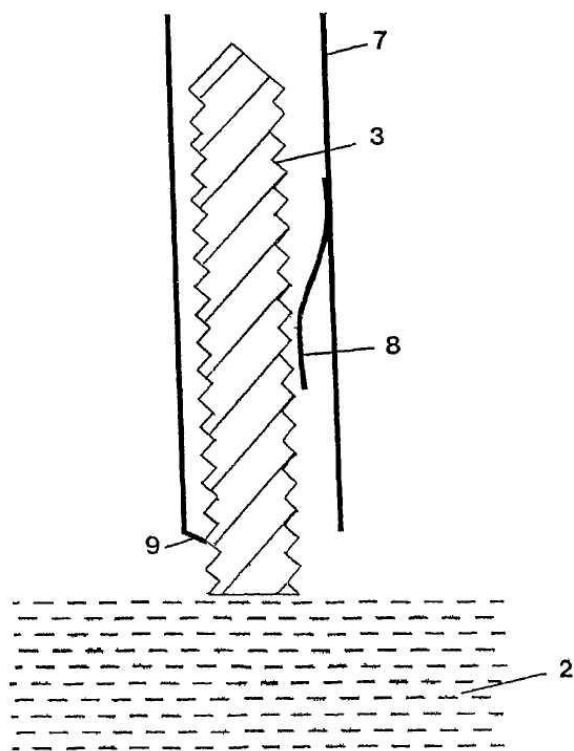


Fig. 3

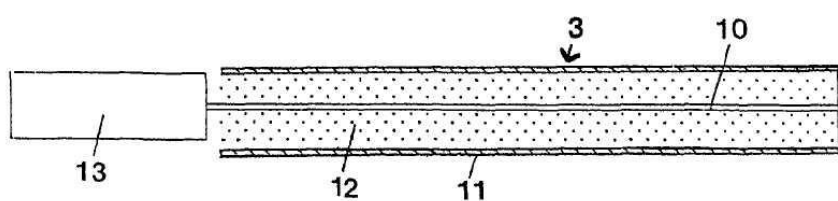


Fig. 4a

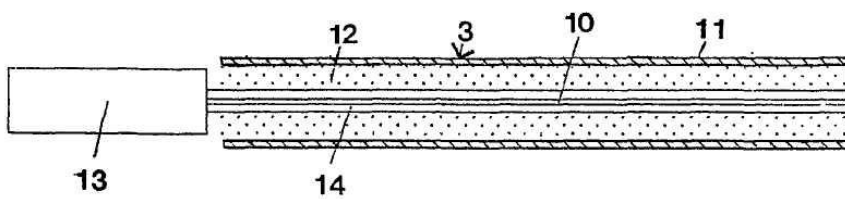


Fig. 4b

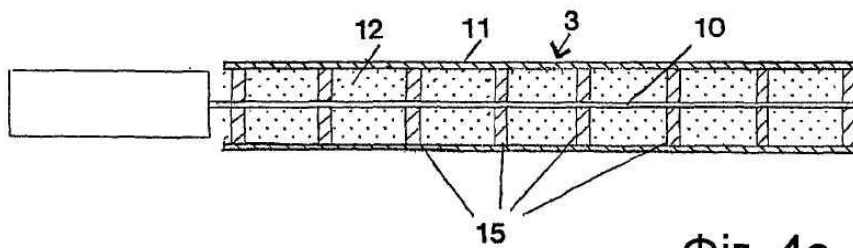


Fig. 4c

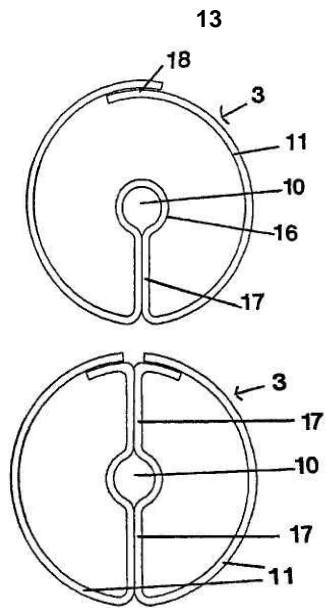


Fig. 5a

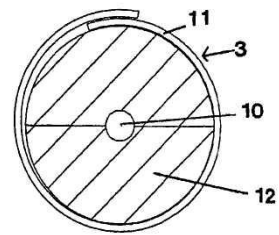


Fig. 5b

Fig. 5c

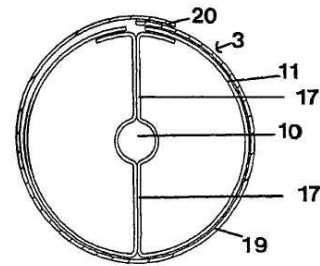


Fig. 5d

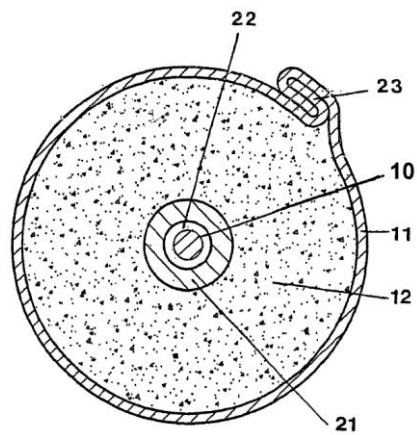


Fig. 6