



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **122399**

(13) **C2**

(51) МПК

C25C 3/16 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2017 06101	(72) Винахідник(и):	фон Кенель Рене (СН), Спінетті Гуальтьєро (ІТ)
(22) Дата подання заявки:	08.06.2015	(73) Володілець (володільці):	НОВАЛУМ СА, Route de Montana 39, CH-3973 Venthône, Switzerland (CH)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	11.11.2020	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	01778/14	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	WO 0163014 A1, 30.08.2001 US 3867562 A, 18.02.1975 US 2014069820 A1, 13.03.2014 US 2593751 A, 22.04.1952 US 3156639 A, 10.11.1964 US 3551319 A, 29.12.1970
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	18.11.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	СН		
(41) Публікація відомостей про заявку:	28.08.2017, Бюл.№ 16		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	10.11.2020, Бюл.№ 21		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	РСТ/ІВ2015/054325, 08.06.2015		

(54) КАТОДНИЙ КОЛЕКТОР СТРУМУ ДЛЯ ВАННИ ХОЛЛА-ЕРУ

(57) Реферат:

Винахід належить до електролітичної ванни (1) для виробництва алюмінію (2), що включає структурні модифікації (13, 14, 15, 16) блюмсів внизу катода (4), а саме мідний блюмс, який утримується у U-подібному профілі або безпосередньо вставлений у катод. Вказане призводить до оптимізованого розподілення струму у рідкому металі (2) алюмінію та/або в межах вугільного катода, що дозволяє роботу ванни при меншій напрузі. Меншу напругу отримують або в результаті меншої відстані анод-катод (ВАК), та/або в результаті меншого падіння напруги в межах вугільного катода від рідкого металу до кінця блюмсу.

UA 122399 C2

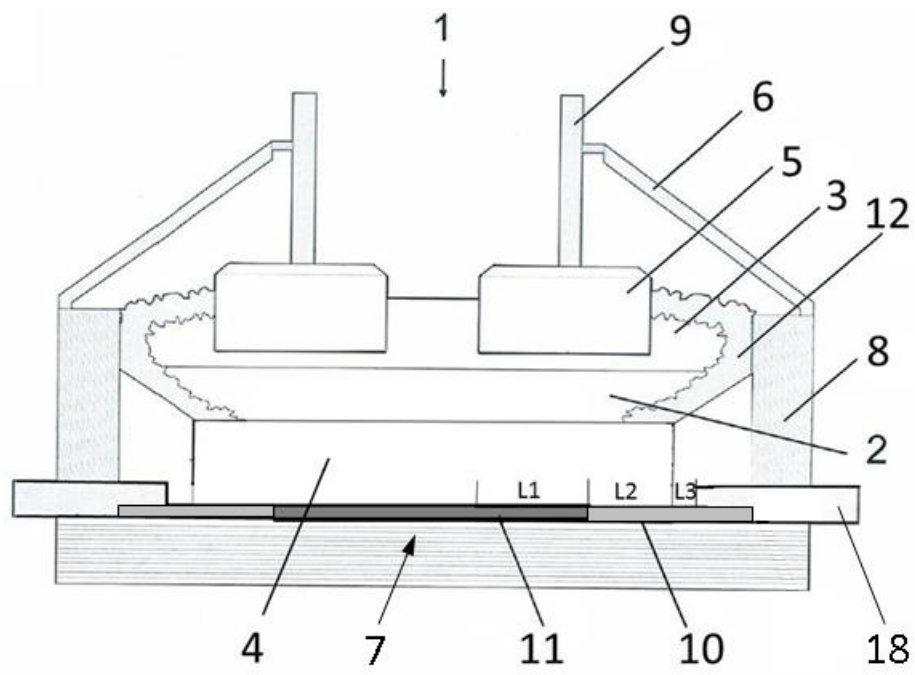


Fig. 1

Область техніки винаходу

Винахід відноситься до виробництва алюмінію із застосуванням процесу Холла-Еру; зокрема, до оптимізації блюмсів для зменшення споживання електроенергії, до максимізації ефективності струму та підвищення продуктивності ванни.

5 Передумови створення винаходу

Алюміній отримують за допомогою процесу Холла-Еру, шляхом електролізу глинозему, розчиненого в електролітах на основі кріоліту при температурі до 1000 °C. Типова ванна Холла-Еру складається із сталюого кожуха, ізолюючої футеровки із вогнетривких матеріалів та вугільного катода, що містить рідкий метал. Катод складається із декількох катодних блоків, у які

10 вбудовані блюмси на їх нижній частині, для того щоб отримувати струм, який тече через ванну. Ряд патентних публікацій пропонували різні підходи для мінімізації падіння напруги в межах рідкого металі у напрямку до кінця блюмсів. WO 2008/062318 пропонує застосування матеріалу з високою електропровідністю на додаток до існуючого сталюого блюмсу, та при цьому дає посилення на WO 02/42525, WO 01/63014, WO 01/27353, WO 2004/031452 та WO 2005/098093, які розкривають рішення, що застосовують всередині блюмсів мідні вставки. У патенті US 4 795 15 540 катод, разом з блюмсами, розділяється на секції. WO 2001/27353 та WO 2001/063014 описують застосування матеріалів з високою електропровідністю всередині блюмсів. US 2006/0151333 описує застосування у блюмсах матеріалів різних електропровідностей. WO 2007/118510 пропонує підвищувати секцію блюмсу, коли вона рухається у напрямку до центру ванни для того щоб змінювати розподілення струму на поверхні катода. US 5 976 333 та 6 231 20 745 представляють застосування мідної вставки всередині сталюого блюмсу. EP 2 133 446 A1 описує таке компонування катодного блоку, щоб змінювати форму поверхні катода, для того щоб стабілізувати хвилі на поверхні шару металу, і таким чином мінімізувати ВАК (відстань анод-катод).

25 WO 2011/148347 описує вугільний катод ванни для виробництва алюмінію, що містить вставки високої електропровідності, що включені у порожнини всередині вугільного катода. Вказані вставки змінюють провідність самого катода, але не беруть участі у струмозніманні та його отриманні блюмсами.

Електрична провідність розплавленого кріоліту є дуже низькою, звичайно $220 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$, та при 30 цьому ВАК не може сильно зменшуватись внаслідок утворення магнітно-гідродинамічних нестабільностей, що призводить до коливань на поверхні розділу метал-ванна (метал - електроліт кріоліту). Існування коливань призводить до втрати ефективності струму процесу та не дає зменшувати споживання електроенергії до критичного значення. В середньому, у сфері промисловості виробництва алюмінію, щільність електричного струму є такою, що падіння 35 напруги на ВАК становить мінімум 0,3 В/см. Оскільки ВАК становить 3-5 см, падіння напруги на ВАК звичайно становить 1,0 В – 1,5 В. Магнітне поле в межах рідкого металу є результатом електричних струмів, які течуть у зовнішніх струмопровідних ошиновках, а також внутрішніх електричних струмів. Внутрішня локальна щільність електричного струму в межах рідкого металу в основному визначається геометрією катода та його локальною електричною 40 провідністю. Магнітне поле та щільність електричного струму створюють поле сили Лоренца, яке саме по собі утворює профіль поверхні металу, поле швидкості металу, та визначає основні умови магнітно-гідродинамічної стабільності ванни. Стабільність ванни може бути виражена як здатність зменшувати ВАК без утворення нестійких коливань на поверхні шару металу. Рівень стабільності залежить від щільності електричного струму та індукції магнітних полів, а також від 45 форми ванни рідкого металу. Форма ванни рідкого металу залежить від поверхні катода та форми бортів. Рішення попереднього рівня техніки відповідають заданому рівню необхідного магнітно-гідродинамічного стану, для того щоб забезпечити гарну стабільність ванни (низька ВАК), але рішення, у яких застосовують мідні вставки, є дуже дорогі, та часто потребують складної механічної обробки.

50 Короткий опис винаходу

Винахід відноситься до катодного колектору струму для вугільного катода ванни Холла-Еру для виробництва алюмінію, такого типу, де катодний колектор струму містить центральну частину, що включає принаймні один блюмс із металу високої електропровідності, який під час застосування розташовується під вугільним катодом, при цьому метал високої 55 електропровідності має електричну провідність, більшу, ніж електрична провідність сталі.

Відповідно до винаходу, з'єднуючий блюмс з високою електропровідністю містить центральну частину, розташовану під центральною частиною вугільного катода, звичайно розташовану безпосередньо у канавці катода або у наскрізному отворі, або застосовуючи U-подібний профіль в якості опори, при цьому вказана центральна частина з'єднуючого блюмса з 60 високою електропровідністю має принаймні верхню зовнішню поверхню у прямому

електричному контакті із вугільним катодом або у контакті із вугільним катодом за допомогою електропровідної поверхні розділу, сформованої за допомогою електропровідного клею та/або електропровідної гнучкої фольги або пластинки, нанесеної на поверхню з'єднуючого блямса з високою електропровідністю. З'єднуючий блямс з високою електропровідністю містить одну або
 5 дві зовнішні частини, розташовані поряд із та на одній стороні або на обох сторонах вказаної центральної частини, та торцеву кінцеву частину або частини, що простягаються назовні від вказаної(-их) зовнішньої(-их) частини(-ин). Крім того, кожна вказана(-і) торцева(-і) кінцева(-і) частина(-и) з'єднуючого блямса з високою електропровідністю послідовно електрично з'єднана із сталююю шиною, із площею поперечного перерізу, більшою, ніж площа поперечного перерізу
 10 з'єднуючого блямсу з високою електропровідністю, при цьому вказана(-і) сталюа(-і) шина(-и) простягається(-ються) назовні, для з'єднання із зовнішньою струмопровідною ошиновкою для подачі струму.

Блямс з високою електропровідністю може бути вставленим у канавку катоду або у наскрізний отвір, із або без U-подібного бруса. Однак, електричний контакт може досягатись по
 15 всій вставленій площі: особливо по верхній частині та бокових сторонах блямса з високою електропровідністю.

Переважно, метал високої електропровідності вибирають із міді, алюмінію, срібла та їх сплавів, переважно із міді або сплаву міді.

Поверхня верхньої частини та необов'язково бокові сторони блямсу із металу високої електропровідності можуть бути шорсткими або забезпечені виїмками, такими як канавки або
 20 виступи, такими як ребра, для посилення контакту із вугільним катодом.

У випадку, коли існує провідна поверхня розділу між блямсом із металу високої електропровідності та вугільним катодом, така провідна поверхня розділу може вибиратись із тканини з металевими нитками, сітки або пінистого матеріалу, переважно із міді, сплаву міді,
 25 нікелю або сплаву нікелю, або графітової фольги або волокна, або провідного шару клею, або їх комбінацій. Переважно провідна поверхня розділу містить електропровідний клей на основі вуглецю, який може бути отриманий за допомогою змішування твердого компоненту, що містить вуглець, із рідким компонентом 2-компонентного здатного до затвердіння клею.

В залежності від конструкції ванни, бокові сторони та необов'язково нижня частина металевого блямсу високої електропровідності можуть прямо або опосередковано
 30 контактувати з набивною подовою масою або вогнетривкою цеглою, що знаходяться у контакті із вугільним катодом.

Металевий блямс високої електропровідності може бути забезпечений принаймні однією канавкою, або забезпечений будь-якою іншою заглибиною, при цьому канавка або заглибина
 35 виконані з можливістю компенсувати теплове розширення блямсу в катоді, дозволяючи розширення металу високої електропровідності всередину заглибини, забезпеченої канавкою(-ами).

Торцеві кінцеві частини металевого блямсу високої електропровідності переважно є послідовно електрично з'єднаними із сталююю шиною, з утворенням перехідного з'єднання, де металевий блямс високої електропровідності та сталюа шина частково перекривають одне
 40 одного та скріплюються разом за допомогою зварювання, за допомогою електропровідного клею та/або за допомогою засобів для застосування механічного зусилля, такого як затиск для отримання пресової посадки, або з'єднання, забезпеченого за допомогою теплового розширення. В якості альтернативи, скріплені кінцеві частини є нагвинченими одна на одну.
 45 Сталюні шини, що формують перехідне з'єднання, простягаються назовні для під'єднання до струмопровідної ошиновки зовні ванни, при цьому кінцеві частини сталюних шин, що простягаються назовні, мають більший поперечний перетин, з тим, щоб зменшити падіння напруги та забезпечити тепловий баланс ванни.

Вугільний катод може електрично контактувати із відкритою верхньою зовнішньою
 50 поверхнею металу високої електропровідності, як результат тиску вугільного катоду на метал високої електропровідності, та за допомогою регульованого теплового розширення металу високої електропровідності.

Згадана(-і) вище зовнішня(-і) частина(-и) з'єднуючого блямсу високої електропровідності звичайно простягається(-ються) під або через електропровідну частину подини ванни, у випадку
 55 чого вказані зовнішні частини з'єднуючого блямсу високої електропровідності є електрично ізольованими від електропровідної частини подини ванни, зокрема, від бокових частин вугільного катоду або набивної подової маси. Деякі частини металевого блямсу високої електропровідності з метою зручності є ізольованими від електропровідної частини подини ванни за допомогою включення у покриття із ізолюючого матеріалу, зокрема, за допомогою
 60 включення в один або більшу кількість листів ізолюючого матеріалу, такого як глинозем,

обгорнутих навколо вказаної(-их) зовнішньої(-их) частини(-н), або у шар електрично ізолюючого клею або в'язучого матеріалу, або будь-якого ізолюючого матеріалу, здатного витримувати до 1200 °C.

В окремих варіантах здійснення, блюмс із металу високої електропровідності в центральній частині катодного колектору струму утримується в U-подібному профілі, виготовленому із матеріалу, який зберігає свою міцність при температурах катоду ванни Холла-Еру. Такий U-подібний профіль може мати нижню частину під вказаним блюмсом, на якій при цьому блюмс розташовується, необов'язково принаймні одне вертикальне ребро, та бокові частини, що простягаються по бокам, та розташовуються на відстані від або контактують із боковими сторонами блюмсу з високою електропровідністю. Вказаний блюмс з високою електропровідністю має принаймні верхню частину та необов'язково також бокові частини, вільні від U-подібного профілю, з тим, щоб давати змогу металу високої електропровідності контактувати із вугільним катодом безпосередньо або через провідну поверхню розділу. Відкрита верхня частина та переважно також бокові сторони блюмсу із металу високої електропровідності створюють контакт із вугільним катодом безпосередньо або через провідну поверхню розділу. U-подібний профіль звичайно виготовляють із металу, такого як сталь, або із бетону або кераміки.

Винахід також відноситься до ванни Холла-Еру для виробництва алюмінію, забезпеченої вузлом катодного колектора струму, як викладено вище.

Додаткові пояснення винаходу

Блюмс із металу високої електропровідності в центральній частині катодного колектору струму знаходиться у прямому електричному контакті із вугільним катодом, або може бути приклеєним до вугільного катоду. Він може, наприклад, бути вставленим у канавку або отвір, де він може або приклеюватись або прикріплюватись за допомогою гнучкої фольги або листа, накладених на поверхню з'єднуючого блюмса високої електропровідності. Клей звичайно є електропровідним двокомпонентним клеєм на основі вуглецю.

З'єднуючий блюмс високої електропровідності містить зовнішні частини, розташовані зовні вугільного катоду для з'єднання з'єднуючого блюмса високої електропровідності із традиційною сталлюю шиною (перехідне з'єднання), для того щоб отримувати струм зовні ванни.

В залежності від конструкцій катодів, блюмс високої електропровідності може бути забезпеченим у вигляді одного блюмсу або у вигляді декількох блюмсів, що паралельно рознесені за допомогою проміжку, що дозволяє теплове розширення.

В одному варіанті здійснення, частини катодних блюмсів, які розташовуються поряд із та зовні центральної частини, що підтримується U-подібним профілем, є електрично ізольованими, таким чином, що є електрично ізольованими від електропровідних компонентів катоду (зокрема, від бокових частин вугільного катоду або від набивної подової маси), тобто, коли колектор струму встановлений у ванну.

Метал з високою електропровідністю має провідність, більшу, ніж електропровідність сталі (яку застосовували у ваннах попереднього рівня техніки у вигляді трубчастої оболонки, що включала метал з високою електропровідністю, такий як мідь), та переважно його вибирають із міді, алюмінію, срібла та сплавів вказаних металів та, можливо сплавів із іншими металами. Метал з високою електропровідністю переважно являє собою мідь або сплав міді.

Як було згадано, переважно, поверхні відкритої верхньої вільної частини та боковим сторонам блюмсу із металу з високою електропровідністю надають шорсткості, для посилення контакту із вугільним катодом. Наприклад, їм може бути надана шорсткість в результаті механічної обробки. Звичайно, шорсткість поверхні визначається як середня відстань від найвищої точки до найнижчої точки профілю шорсткості (поперечний переріз поверхні). При цьому можуть застосовуватись значення шорсткості від 0,2 мм до 4 мм (або вище). Шорстку поверхню можуть отримувати із допомогою застосування абразивного інструменту (для менших значень) або із допомогою механічних дій, таких як механічна обробка, профілювання, вирізання або накатка. Для підвищення механічного утримування, надання поверхні шорсткості може комбінуватись із забезпеченням поверхні ребрами, виступами або канавками.

У випадку U-подібного профілю, верхні вільні частини блюмсу із металу з високою електропровідністю можуть бути плоскими та розташовуватись на одному рівні із відкритою верхньою частиною U-подібного профілю, або вони можуть виступати із центральної частини та/або із верхньої частини U-подібного профілю, таким чином, щоб мати виступаючі верхні частини та бокові сторони будь-якої форми (зокрема, скруглені або прямокутні, або ребристі, для того щоб покращити площу електричного контакту та механічне утримування), що контактують із вугільним катодом безпосередньо, або через провідну поверхню розділу.

Блюмс, вставлений у нижню частину катоду, із або без U-подібного профілю, або бруса або іншої опори, виготовляють наприклад, із міді, до зовнішньої горизонтальної лінії передньої поверхні катодного блоку. Від вказаного положення, мідний блюмс послідовно електрично з'єднується із перехідним з'єднанням. Перехідне з'єднання являє собою завершальну кінцеву частину катодного блюмсу. Його застосовують для виходу за корпус ванни, і при цьому воно діє як перехідне з'єднання між мідним блюмсом всередині ванни та струмопровідною ошиновкою зовні корпусу ванни. Перехідне з'єднання дозволяє реалізувати нову концепцію, застосовуючи існуючі ванни, без будь-яких модифікацій корпусу ванни та струмопровідної ошиновки. Кожне технічне рішення стосовно ванни може мати різний тип перехідного з'єднання, з тим, щоб відповідати існуючій конструкції струмопровідної ошиновки із зовнішньої сторони ванни.

Таким чином, центральна частина блюмсів катодного колектору струму, які мають високу електропровідність, продовжується кінцевими частинами (перехідними з'єднаннями), що простягаються назовні, для під'єднання до підведення струму зовні ванни. Вказані кінцеві частини, що простягаються назовні, виготовлені із сталі, та при цьому мають більший поперечний перетин, з тим, щоб зменшувати температуру кінцевих частин, наприклад, щоб зменшити їх температуру на приблизно +200 °C, порівняно із температурою зовні ванни.

Таким чином, кінець блюмсу може під'єднуватись до зовнішньої струмопровідної ошиновки ванни за допомогою перехідних з'єднань. Вказані перехідні з'єднання можуть прикріплюватись до блюмсу високої електричної провідності за допомогою механічного зусилля, за допомогою зварного шва, за допомогою теплового розширення, за допомогою механічного замка, за допомогою пресової посадки, за допомогою нагвинчування або їх комбінацій. Вказане перехідне з'єднання може бути сформоване таким чином, що з'єднуюче положення зовнішнього шнура до існуючої струмопровідної ошиновки залишається незмінним, даючи змогу уникнути будь-якої модифікації існуючого кожуха та з'єднуючої системи до струмопровідної ошиновки.

В одному варіанті здійснення вузла катодного колектора струму відповідно до винаходу, бокові сторони та нижня частина блюмсу з високою електропровідністю та/або U-подібного профілю може контактувати із набивною подовою масою, що знаходиться у контакті із вугільним катодом. Однак, набивна подова маса не повинна простягатись вище контактної поверхні металевих блюмсів високої електропровідності.

Як було згадано, для того щоб врегулювати сили, що діють на бокові сторони канавки катоду, може регулюватись теплове розширення блюмсу з високою електропровідністю, вставленого у канавку катоду, за допомогою утворення однієї або більшої кількості канавок всередині блюмсу з високою електропровідністю. Проміжок із вказаних канавок закривається, коли досягається робоча температура. Іншим способом отримання канавки для теплового розширення є розташування двох окремих блюмсів з високою електропровідністю на відстані один від одного.

Застосування блюмсів катодного колектору струму відповідно до винаходу підвищує провідність вугільного катоду, що дає можливість збільшувати корисну висоту катодного блоку на 10 % - 30 %, в залежності від початкової конструкції катоду та конструкції верхнього контактної профілю металу з високою електропровідністю нового блюмса. В результаті збільшення висоти катодного блоку, може збільшуватись корисний термін експлуатації катоду та, внаслідок цього, ванни, відповідно.

Застосування блюмсів катодного колектору струму відповідно до винаходу також призводить до оптимізованого розподілення струму у рідкому металі та/або в межах вугільного катоду, що дозволяє ванні функціонувати при меншій напрузі. Меншу напругу отримують або в результаті меншої відстані анод-катод (BAK), та/або в результаті меншого падіння напруги в межах вугільного катоду від рідкого металу до кінця блюмсу.

Замість застосування U-подібного профілю, блюмс може розташовуватись у отворі, просверленому у катоді. У вказаному випадку матеріал з високою електропровідністю буде вставлятись у отвір, застосовуючи клей. Поверхня матеріалу з високою електропровідністю може мати канавки (накатку), таким чином, що контактна поверхня збільшується, як і схоплення клею. У вказаному варіанті здійснення, блюмс із металу високої електропровідності, принаймні у центральній частині катоду, розміщують у наскрізному отворі у вугільному катоді, в результаті чого блюмс із металу з високою електропровідністю підтримується на частині вугільного катоду, що лежить під ним, та при цьому оточений, і переважно знаходиться у прямому електричному контакті із, поверхнею наскрізного отвору у вугільному катоді.

Як описано вище, регулювання теплового розширення відносно вугільного катоду може досягатись за допомогою забезпечення однієї або більшої кількості канавок у блюмсі з високою електропровідністю, або за допомогою застосування двох або більшої кількості блюмсів, розташованих на відстані один від одного.

Детальний опис винаходу

Винахід ґрунтується на розумінні, внаслідок ретельного вивчення конструкцій блюмсів та їх впливу на магнітно-гідродинамічну стабільність ванни, що існує можливість застосування кращого та менш вартісного технічного рішення стосовно забезпечення блюмсів із матеріалу з високою електропровідністю (мідь або інший), шляхом включення електропровідного блюмсу у відповідному місці під катодом, забезпеченому заглибленням, переважно у прямому контакті із вугільним катодом, на певній відстані. Механічне втримування та утримання може досягатись за допомогою застосування U-подібного профілю, у якому знизу розміщується блюмс. Механічного утримування можуть також досягати за допомогою вставлення блюмса із металу з високою електропровідністю у наскрізний отвір у катоді.

Винахід ґрунтується на спостереженні того, що термін експлуатації ванни обмежується в результаті хімічної та механічної ерозії, яка в основному залежить від розподілу щільності електричного струму у катоді. Для підвищення товщини катоду та, внаслідок вказаного, терміну експлуатації ванни, блюмси відповідно до винаходу просто розміщують під плоскою поверхнею катоду або розміщують у відповідному місці під катодом, забезпеченому заглибленням, таким чином, що контакт між вугільним катодом та блюмсами високої електропровідності реалізується в результаті дії сили тяжіння вугільного катоду або за допомогою точної механічної підгонки по верхній лінії профілю контакту блюмса, який може бути плоским горизонтальним, закругленим, овальним, ребристим, або взагалі будь-якої форми, від плоскої до опуклої.

Для кращого закріплення контакту та для розташування електропровідного блюмсу відносно катоду на протязі довгого часу, U-подібний профіль може бути виконаний з можливістю механічно зчіплюватись із розташованими збоку канавками, виготовленими у катоді. Контакт між мідним або іншим блюмсом високої електропровідності та вугільним катодом може бути покращеним в результаті застосування "матеріалу поверхні розділу", розташованого на верхній частині матеріалу з високою електропровідністю, розміщеного в U-подібному профілі. Матеріал поверхні розділу може являти собою металевий пінистий матеріал, такий як нікелевий пінистий матеріал або мідний пінистий матеріал та/або структуровані поверхні, що проникають в вугільний блок, такі як металеві сітки або провідний шар клею, або графітова фольга, або волокна, або комбінація деяких зазначених вище "матеріалів поверхні розділу". Вказані матеріали поверхні розділу також мають функцію компенсації різних теплових розширень металу з високою електропровідністю, по відношенню до вугільного катоду.

Для того щоб забезпечити оптимальну щільність електричного струму у катоді та в межах рідкого металу, що дозволяє збільшувати струм у ванні, частина металу з високою електропровідністю розраховується, та при цьому залежить від електропровідності вугільного катоду, розмірів катоду, та навіть від розташування анодів у ванні. Зовні центральної області, блюмси повинні бути ізольованими на певній відстані, і при цьому обиратись такі інтервали на вихідній стороні струму, щоб забезпечити рівномірну щільність електричного струму на поверхні катоду та майже відсутність горизонтального струму у рідкому металі.

Крім того, для зменшення опору контакту між блюмсом та вугільним катодом, на нижніх поверхнях колектору струму з високою електропровідністю, та необов'язково U-подібного профілю, може застосовуватись шар набивної подової маси.

Винахід також відноситься до ванни Холла-Еру для виробництва алюмінію, модернізованої катодним колектором струму відповідно до винаходу або із вузлом катодного колектора струму відповідно до винаходу.

Короткий опис графічних матеріалів

Винахід буде далі описаний в якості прикладу, із посилання на додані графічні матеріали, де:

Фігура 1 являє собою схематичний поперечний переріз ванни Холла-Еру, обладнаної блюмсом відповідно до винаходу.

Фігура 2 являє собою поперечний переріз першого варіанту здійснення блюмсу, що демонструє U-подібний профіль.

Фігура 3 являє собою поперечний переріз другого варіанту здійснення блюмсу, що демонструє інший U-подібний профіль.

Фігура 4 являє собою графік щільності електричного струму через катод, обладнаний колектором струму відповідно до винаходу із U-подібним профілем, та через стандартний катод.

Фігура 5А являє собою поперечний переріз катоду, що показує матеріал блюмсу з високою електропровідністю, приклеєний до вугільного катоду.

Фігура 5В являє собою поперечний переріз катоду, що показує матеріал блюмсу з високою електропровідністю, який знаходиться у прямому електричному контакті із вугільним катодом.

Фігура 6 являє собою поперечний переріз іншого варіанту здійснення вузла катодного колектора струму відповідно до винаходу.

Фігура 7 ілюструє, як матеріал з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму з'єднується із сталюю шиною (перехідним з'єднанням) для підведення струму із зовнішньої сторони ванни.

Фігура 8 показує альтернативне з'єднання металу з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму сталюю шиною, що підводить струм із зовнішньої сторони ванни.

Фігура 9 показує інше альтернативне з'єднання металу з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму сталюю шиною, що підводить струм із зовнішньої сторони ванни.

Фігура 10A показує метал з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму, забезпечений канавкою, що дозволяє теплове розширення.

Фігура 10B показує метал з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму, забезпечений канавкою, що дозволяє теплове розширення, та який знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом.

Фігура 10C показує метал з високою електропровідністю блюмсу катодного колектора струму, у прямому контакті із вугільним катодом, забезпечений канавкою, що дозволяє теплове розширення, та розміщений при цьому в U-подібному сталюму брусі.

Фігура 11 показує матеріал 15 з високою електропровідністю, сформований таким чином, щоб збільшувати площу поверхні між катодом та матеріалом з високою електропровідністю, приклеєним до катодного блоку.

Фігура 12 показує шар матеріалу з високою електропровідністю блюмсу колектора струму, що знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом своєю верхньою стороною, а також у прямому контакті із центральним складеним ребром U-подібного сталюго бруса своєю нижньою стороною.

Фігура 13A показує матеріал з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою центрального вертикального ребра U-подібного сталюго бруса, при цьому кожна провідна частина знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом із верхніх сторін та бокових поверхонь.

Фігура 13B показує матеріал з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою центрального вертикального ребра U-подібного сталюго бруса, що при цьому електрично ізольовані від вугільного катоду.

Фігура 13C показує матеріал з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою одного із двох окремих вертикальних ребер U-подібного сталюго бруса, що при цьому знаходяться у прямому контакті із вугільним катодом.

Фігура 14 показує матеріал з високою електропровідністю, розташований на опорі, та який при цьому знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом із верхньої та бокових сторін.

Фігура 15 показує забезпечену канавкою мідну трубку, вставлену у отвір у графітовому вугільному блоці.

Фігура 16 показує твердий мідний стрижень, вставлений у отвір у графітовому вугільному блоці.

Фігура 17 показує два мідні стрижні, вставлені у отвори у графітовому вугільному блоці, при цьому один стрижень має проміжок для теплового розширення.

Фігура 18 являє собою вигляд у перспективі мідного блюмсу, зігнутого у U-подібну форму із двома ніжками, що вставлені у графітовий катодний блок, при цьому коротка секція U-подібного мідного блюмсу знаходиться у пресовій посадці у сталюму перехідному з'єднанні.

Детальний опис

Фігура 1 схематично показує ванну 1 Холла-Еру для виробництва алюмінію, яка містить подину 4 вугільного катоду ванни, ванну 2 рідкого катодного алюмінію на подині 4 вугільного катоду ванни, фторид- тобто, розплавлений електроліт 3 на основі кріоліту, який містить розчинений глинозем зверху ванни 2 алюмінію, та ряд анодів 5, підвішених в електроліті 3. Також показана кришка 6 ванни, блюмси 7 катодного колектора струму відповідно до винаходу, що розташовані у подині 4 вугільного катоду ванни від зовнішньої сторони ємності 8 ванни та зовнішньої сторони стрижнів 9 підвіски анодів. Як можна побачити, блюмс 7 розділений на зони. Зона 10 ізольована електрично та зона 11 складається із шарів, як показано на Фігурі 2, Фігурі 3, Фігурі 5 або Фігурі 6. Розплавлений електроліт 3 розташовується у настилі 12 застиглого електроліту. Стальні шини 18, з'єднані послідовно електрично із кінцями блюмсів 7, виступають назовні ванни 1 для під'єднання до зовнішніх джерел струму.

Зона 10 блюмсу є електрично ізолюваною, наприклад, за допомогою загортання у лист глинозему або за допомогою включення у покриття із електрично ізолюючого клею або в'язучого матеріалу.

Фігура 2 показує U-подібний профіль 14, виготовлений із будь-якого типу термостійкого провідного або ізолюючого матеріалу, наприклад із сталі, та матеріал 15 з високою електропровідністю, такий як мідь, розташований всередині U-подібного профілю 14, які разом формують блюмс. Як показано, блюмс необов'язково оточений коксовою холостою колошою (тобто, набивною подовою масою) 13, з тим, щоб зменшувати електричний опір у напрямку до вугільного катоду. Вільній верхній частині поверхні 16 матеріалу з високою електропровідністю може надаватись шорсткість, для того щоб мінімізувати електричний опір контакту. В одному варіанті, бокові сторони U-подібного профілю не простягаються до верхньої частини матеріалу високої електропровідності, та в іншому варіанті бокові сторони U-подібного профілю є ширшими, ніж матеріал високої електропровідності, та розташовані на відстані від нього.

Фігура 3 показує U-подібний профіль 14, виготовлений із будь-якого типу термостійкого провідного або ізолюючого матеріалу, наприклад із сталі, та матеріал 15 з високою електропровідністю, такий як мідь, які разом формують блюмс, у випадку застосування "вставленого" блюмса всередині вугільного катоду 4. У вказаному варіанті здійснення, на відміну від Фігури 2, де верхня частина міді/металу 15 розташовується на одному рівні з відкритою верхньою частиною U-подібного профілю 14, у цьому випадку мідь/метал 15 відділений від двох бокових сторін U-подібного профілю, збільшуючи таким чином поверхню прямого електричного контакту із вугільним катодом 4 із трьох сторін. Нижня сторона міді/металу 15 розташовується на плоскій нижній частині U-подібного профілю 14, як на механічній опорі.

Фігура 4 показує типовий вплив застосування мідного/металевого блюмсу на щільність електричного струму на поверхні катоду, що видно від центру катоду (точка "0.0") до краю катоду (точка "1.8"). Вказані результати буде описано далі.

Фігура 5A показує катод 4, що включає матеріал 15 з високою електропровідністю, та клей 16 навколо матеріалу з високою електропровідністю, при цьому вказаний клей є електропровідним.

Фігура 5B показує катод 4, що включає блюмс 15 із матеріалу з високою електропровідністю прямокутного перетину, що знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом 4.

Фігура 6 показує катод 4, матеріал 15 з високою електропровідністю та клей 16 навколо матеріалу з високою електропровідністю, та вогнетривку цеглу 17. Матеріал 15 з високою електропровідністю є приклеєним до вугільного катоду 4, але тільки на нижній частині катоду, при цьому бокові сторони та нижня частина катоду обкладені вогнетривкою цеглою 17, такою як шамот, або будь-яким типом електроізолюючого, або навіть електропровідного, матеріалу, такого як набивна подова маса.

Фігура 7 показує катод 4, матеріал 15 з високою електропровідністю та клей 16 навколо матеріалу з високою електропровідністю, а саме на поверхнях, що контактують із перехідним з'єднанням, сформованим сталюю шиною 18, що проводить струм зовні ванни. Кінець блюмсу може знаходитись у пресовій посадці у механічно обробленій частині у сталій шині 18, у отворі, або він може бути приклеєним тим самим клеєм. Іншим типом з'єднання може бути застосування сталюго перехідного з'єднання, розділеного на дві поздовжні частини, що скріплені над блюмсом за допомогою болтового з'єднання або зварювання.

Фігура 8 показує катод 4 із нижньої частини, із двома складеними від краю до краю блюмсами із матеріалу 15 з високою електропровідністю, розділеними за допомогою проміжку 19 для компенсації теплового розширення, та з'єднаних болтами із сталюю шиною 18, що підводить струм зовні ванни. В результаті використання вказаного болтового з'єднання, можна застосовувати два металеві елементи 15 з високою електропровідністю, які також можуть знаходитись на відстані один від одного всередині катоду, з тим, щоб забезпечити проміжок для компенсації теплового розширення всередині катоду.

Фігура 9 показує альтернативне з'єднання, де сталюу шину 18 виготовляють із двох окремих елементів, з'єднаних разом за допомогою болтової системи 19. Як показано, кінець матеріалу 15 високої електропровідності також закріплений на кінці розділених сталюх шин 18 за допомогою тієї ж болтової системи 19.

Фігура 10A показує матеріал 15 з високою електропровідністю блюмсу колектора струму, забезпечений центральною канавкою 17, що простягається вздовж основної частини висоти блюмсу із матеріалу з високою електропровідністю, яка дозволяє теплове розширення. У вказаному прикладі, матеріал 15 з високою електропровідністю покритий електропровідним клеєм 16, який приклеює його до катоду 4.

Фігура 10B показує матеріал 15 з високою електропровідністю блямсу колектора струму, забезпечений центральною канавкою 17, що простягаються вздовж основної частини висоти блямса із матеріалу з високою електропровідністю, яка дозволяє теплове розширення. У вказаному прикладі, матеріал 15 з високою електропровідністю знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом 4. Замість формування канавки, два або більша кількість блямсів із матеріалу з високою електропровідністю можуть розташовуватись на певній відстані один від одного.

Фігура 10C показує матеріал 15 з високою електропровідністю блямсу колектора струму, забезпечений центральною канавкою 17, що простягаються вздовж основної частини висоти блямса із матеріалу з високою електропровідністю, яка дозволяє теплове розширення. У вказаному прикладі матеріал 15 з високою електропровідністю знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом та підтримується знизу за допомогою U-подібного сталюого бруса 14, який є ширшим, ніж матеріал високої електропровідності.

Фігура 11 показує матеріал 15 з високою електропровідністю, чия верхня поверхня сформована декількома ребрами або іншими виступами для збільшення площі поверхні між катодом 4 та матеріалом 15 з високою електропровідністю, який приклеєний до катодного блоку 4 за допомогою шару електропровідного клею 16.

Фігура 12 показує шар матеріалу 15 з високою електропровідністю блямсу колектора струму, що прямо контактує із вугільним катодом 4 своєю верхньою стороною, та при цьому накладений на та контактує із центральним складеним ребром 14a U-подібного сталюого бруса 14 своєю нижньою стороною. При цьому може існувати більше ніж одне вертикально складене ребро 14a, як частина U-подібного бруса.

Фігура 13A показує матеріал 15 з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою центрального вертикального ребра 14a широкого U-подібного сталюого бруса 14, при цьому кожна провідна частина знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом 4 із своєї верхньої сторони та бокових поверхонь.

Фігура 13B показує матеріал 15 з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою центрального вертикального ребра 14a широкого U-подібного сталюого бруса 14, при цьому кожна провідна частина є електрично ізолюваною від вугільного катоду 4, вздовж деяких сегментів своєї довжини, де необхідна ізоляція, а саме у зоні 10 (Фігура 1), за допомогою шару 20 електроізолюючого матеріалу, нанесеного між верхніми та боковими сторонами провідного матеріалу та вугільним катодом 4.

Фігура 13C показує матеріал 15 з високою електропровідністю, розділений на дві окремі провідні частини за допомогою одного із двох окремих вертикальних ребер 14a U-подібного сталюого бруса 14, при цьому кожна провідна частина знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом 4 із своєї верхньої сторони та бокових поверхонь. При цьому може існувати більше ніж два вертикальних ребра 14a.

Фігура 14 показує блямс із матеріалу 15 з високою електропровідністю, що знаходиться у прямому контакті із вугільним катодом 4 за допомогою своєї верхньої та бокових сторін. Нижня сторона блямсу із матеріалу 15 з високою електропровідністю підтримується за допомогою "плоского" сталюого бруса 14b або за допомогою набивної подової маси або клею, що дотикаються до та підтримують матеріал 15 з високою електропровідністю. Як було описано вище, матеріал з високою електропровідністю може розділятися за допомогою канавки, або може існувати більше ніж одна частина матеріалу з високою електропровідністю, що розташовуються на відстані один від одного. Опорний брус 14b може виготовлятися із декількох шарів, наприклад, сталюий шар зверху набивної подової маси.

Фігура 15 показує забезпечену канавкою мідну трубку 15A, вставлену у циліндричний отвір у графітовому вугільному блоці 4. Мідна трубка 15A забезпечена канавкою вздовж своєї довжини, з тим, щоб забезпечувати достатній проміжок, з тим, щоб компенсувати теплове розширення мідної трубки 15A, як тільки ванна досягне своєї робочої температури. Зовнішня поверхня забезпеченої канавкою трубки 15A переважно знаходиться у прямому електричному контакті із графітом блоку 4.

Фігура 16 показує твердий мідний стрижень 15B вставлений у отвір у графітовому вугільному блоці 4. У вказаному випадку, допуск теплового розширення може досягатись за допомогою точної підгонки. Тобто, діаметр циліндричного отвору у блоці 4 та діаметр стрижня 15B перед вставкою вираховуються таким чином, щоб стрижень легко розміщався у отворі та, як тільки температура ванни зростає, стрижень 15B розширювався до щільної посадки у отворі.

Фігура 17 показує два мідних стрижні, вставлені у отвори у графітовому вугільному блоці 4, при цьому один стрижень 15B є гладеньким циліндричним стрижнем, як показано на Фігурі 16, а інший стрижень 15B" при цьому має діаметральний проміжок для теплового розширення.

Фігури 15, 16 та 17 показують мідні блямси круглого поперечного перетину, але необхідно звернути увагу, що наведена концепція може застосовуватись до будь-якої форми отвору та вставленого блямсу/трубки. Проілюстрований круглий отвір, в який вставляється мідний провідник, має ту перевагу, що він може знизу щільно закриватись вугіллям блоку, що знаходиться внизу. Із цієї причини нема необхідності у підтримуючому U-подібному брусі в якості нижньої опори.

Фігура 18 являє собою вигляд у перспективі окремого варіанту здійснення з'єднання зовнішньої частини блямсу з високою електропровідністю (мідного) із перехідним з'єднанням. Як показано, мідний блямс 15 зігнутий у U-подібну форму із двома ніжками, які вставлені у канавки у нижній поверхні графітового катодного блоку 4, із якого вказані дві ніжки виступають. Коротка секція 15C на виступаючому кінці U-подібного мідного блямсу 15 знаходиться у пресовій посадці у поперечній канавці, розташованій у кінцевій частині сталюого перехідного з'єднання 18. Кінцева частина вказаного перехідного з'єднання 18 розміщується між двома ніжками мідного блямсу 15, і при цьому перехідне з'єднання 18 є ширшим, ніж товщина ніжок мідного блямсу 15. В цілому, площа поперечного перетину перехідного з'єднання 18 є більшою, ніж площа поперечного перерізу двох ніжок мідного блямсу 15. Щільна посадка мідного блямсу 15 та перехідного з'єднання 18 може забезпечуватись тепловим розширення міді у поперечну канавку перехідного з'єднання 18.

Додатковий опис блямсів високої провідності

Застосування блямсів високої провідності може зменшувати падіння напруги від рідкого металу 2 до кінцевої частини блямсів. Мідь або інший матеріал 15 з високою електропровідністю, із або без U-подібного профілю 14 або опорного бруса 14b, також сприяє зменшенню відстані анод-катод (ВАК), дозволяючи тим самим зменшувати питоме споживання електроенергії, та збільшувати висоту катоду, що призводить до збільшення терміну експлуатації ванни.

Довжини L1, L2 та L3 (Фігура 1) оптимізують в залежності від системи струмопровідної ошиновки та геометрії ванни, з тим, щоб оптимізувати стабільність ванни. Насправді, перерозподіл струму через блямси дозволяє досягти набагато кращого магнітно-гідродинамічного стану ванни, що, в свою чергу, дозволяє зменшувати ВАК і разом з тим збільшувати струм і, таким чином, мінімізувати споживання електроенергії. Вказане відображається однорідною вертикальною щільністю електричного струму у горизонтальній площині всередині ванни рідкого металу.

Типовий приклад щільності електричного струму показано на Фігурі 4, для стандартної ванни, та для ванни відповідно до винаходу із застосуванням блямсу, показаному на Фігурі 3 або Фігура 5A. Вертикальна щільність електричного струму (J_z) залежить від положення у рідкому металі, тобто, $J_z = J_z(x, y, z)$ у системі координат (x, y, z) . Рухаючись від краю зовнішньої частини проекції одного аноду ($x = -X_L$) до краю проекції сусіднього аноду ($x = X_L$) у горизонтальній площині в межах рідкого металу, абсолютне значення вертикального компоненту щільності електричного струму ($|J_z(x)|$), звичайно змінюється, як показано на Фігурі 4. У випадку оптимізування блямсів, застосовуючи метал 15 з високою провідністю, такий як мідь, що знаходяться у прямому електричному контакті із графітовим катодом, та при цьому розміщені у U-подібному профілі 14, або безпосередньо вставлені у канавку катоду, $|J_z(x)|$ зменшується мінімум на 50 %, як показано на Фігурі 4 (права частина). Поперечний перетин блямса є таким, що відбір тепла є мінімальним зі сторони вугільного катоду до кінця блямсу. Насправді, він має такі розміри, щоб отримувати зовні перепад температури, що становить приблизно 200 °C, та якомога менший перепад напруги.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Вузол катодного колектора струму, зібраний у вугільному катоді ванни Холла-Еру для виробництва алюмінію, при цьому вузол катодного колектора струму містить принаймні один блямс із металу високої електропровідності, що розташований під вугільним катодом, при цьому метал високої електропровідності має електропровідність, більшу, ніж електропровідність сталі, який відрізняється тим, що - принаймні один блямс із металу високої електропровідності є довгим та містить уздовж своєї довжини центральну частину, розташовану під центральною частиною вугільного катоду, при цьому вказана центральна частина блямсу із металу високої електропровідності має принаймні верхню зовнішню поверхню металу високої електропровідності, що знаходиться у прямому електричному контакті із вугільним катодом або знаходиться у контакті із вугільним катодом

через електропровідну поверхню розділу, сформовану електропровідним клеєм, що нанесений на поверхню блямсу із металу високої електропровідності та знаходиться в контакті з нею, та/або електропровідною гнучкою фольгою або гнучким листом, причому зазначені гнучка фольга або гнучкий лист, які виготовлені із тканини з металевими нитками, сітки або пінистого матеріалу із міді, сплаву міді, нікелю або сплаву нікелю або із графітової фольги або волокон,

або їх комбінацій, є накладеними на поверхню блямсу із металу високої електропровідності; - принаймні один блямс із металу високої електропровідності містить уздовж своєї довжини одну зовнішню частину або дві зовнішні частини, розташовані поряд із та відповідно на одній стороні або на кожній із сторін вказаної центральної частини, та торцеву кінцеву частину або дві торцеві кінцеві частини, що простягаються назовні відповідно від однієї або двох зовнішніх частин, та

- кожна(i) вказана(i) торцева(i) кінцева(i) частина(и) принаймні одного блямсу із металу високої електропровідності послідовно електрично з'єднана(и) із сталюю шиною, що має площу поперечного перерізу, більшу, ніж блямс із металу високої електропровідності, при цьому кожна вказана сталюна шина простягається назовні для під'єднання із зовнішнім джерелом струму.

2. Вузол катодного колектора струму за пунктом 1, де метал високої електропровідності вибирають із міді, алюмінію, срібла та їх сплавів, переважно із міді або сплаву міді.

3. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де поверхня металу високої електропровідності, яка стикується із вугільним катодом, є шорсткою або забезпечена виїмками, такими як канавки, або виступами, такими як ребра, для посилення площі контакту із вугільним катодом.

4. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, що містить провідну поверхню розділу між металом високої електропровідності та вугільним катодом, при цьому вказану провідну поверхню розділу вибирають із тканини з металевими нитками, сітки або пінистого матеріалу із міді, сплаву міді, нікелю або сплаву нікелю або із графітової фольги або волокон, або провідного шару клею, або їх комбінацій.

5. Вузол катодного колектора струму за пунктом 4, де провідна поверхня розділу містить електропровідний клей на основі вуглецю, який може бути отриманий за допомогою змішування твердого компонента, що містить вуглець, із рідким компонентом 2-компонентного здатного до затвердіння клею.

6. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де бокові сторони та необов'язково нижня частина блямсу із металу високої електропровідності прямо або опосередковано контактують із набивною подовою масою або вогнетривкою цеглою, що знаходяться у контакті із вугільним катодом.

7. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де блямс із металу високої електропровідності містить принаймні одну канавку, виконану з можливістю компенсувати теплове розширення блямсу в катоді, дозволяючи розширення металу високої електропровідності всередину у заглибину, забезпечену канавкою(ами), або де два або більша кількість блямсів із металу високої електропровідності розташовуються на відстані один від одного для того, щоб компенсувати теплове розширення.

8. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де торцеві кінцеві частини блямсу із металу високої електропровідності послідовно електрично з'єднані із сталюю шиною, що формує перехідне з'єднання, та де блямс із металу високої електропровідності та сталюна шина частково перекривають одне одне та скріплюються разом за допомогою зварювання, за допомогою електропровідного клею та/або за допомогою засобів для застосування механічного зусилля, таких як затиск або з'єднання, забезпечене тепловим розширенням, або за допомогою різьбового з'єднання.

9. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де вугільний катод електрично контактує із відкритою верхньою зовнішньою поверхнею металу високої електропровідності в результаті тиску вугільного катода на метал високої електропровідності, та в результаті теплового розширення металу високої електропровідності.

10. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де вказана(i) зовнішня(i) частина(и) блямсу із металу високої електропровідності простягається(ються) під або через електропровідну частину подини ванни, при цьому вказані зовнішні частини блямсу із металу високої електропровідності є електрично ізольованими від електропровідної частини подини ванни.

11. Вузол катодного колектора струму за пунктом 10, де вказана(i) зовнішня(i) частина(и) блямсу із металу високої електропровідності є ізолюваною(ими) від електропровідної частини подини ванни шляхом включення у покриття із ізолюючого матеріалу, зокрема шляхом включення в один або більшу кількість листів ізолюючого матеріалу, такого як глинозем,

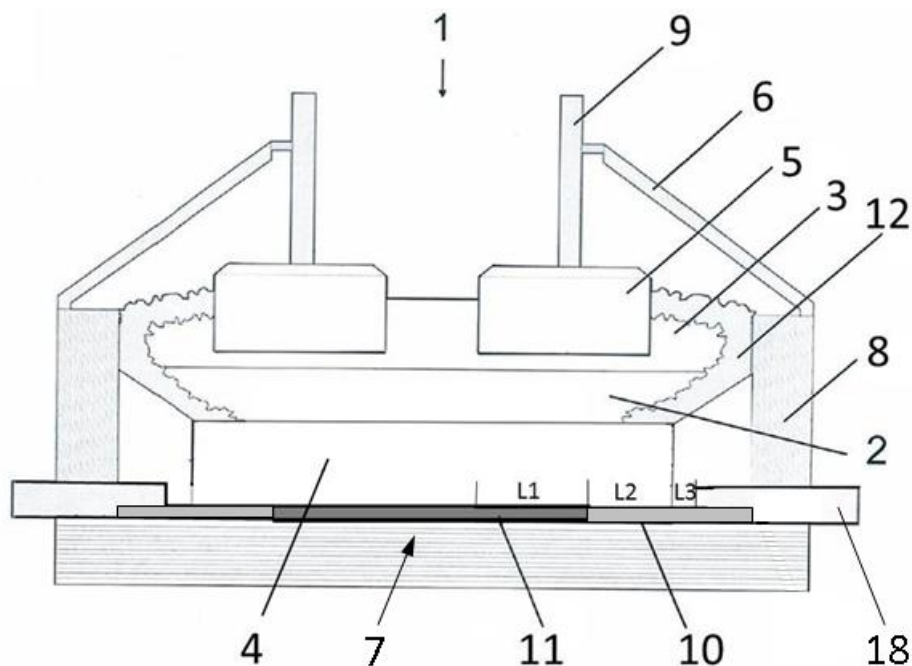
обгорнутих навколо вказаної(их) зовнішньої(их) частини(н), або шляхом включення у шар електроізолюючого клею або в'язучого матеріалу.

12. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із попередніх пунктів, де вказана центральна частина блямси із металу високої електропровідності утримується у U-подібному профілі, виготовленому із матеріалу, що зберігає свою міцність при температурах у катоді ванни Холла-Еру, при цьому U-подібний профіль має нижню частину під вказаним блямсом, на якій блямс розташовується, необов'язково принаймні одне вертикальне ребро та бокові частини, що простягаються по боках та розташовуються на відстані від або контактують із боковими сторонами блямси із металу високої електропровідності, при цьому вказаний блямс із металу високої електропровідності має принаймні верхню частину та необов'язково також бокові частини, що залишаються вільними від U-подібного профілю, з тим, щоб давати змогу металу високої електропровідності контактувати із вугільним катодом безпосередньо або через провідну поверхню розділу.

13. Вузол катодного колектора струму за пунктом 12, де U-подібний профіль виготовлений із металу, такого як сталь, або із бетону, або кераміка.

14. Вузол катодного колектора струму за будь-яким із пунктів 1-5 або 7-11, де блямс із металу високої електропровідності, принаймні у центральній частині катода, розміщений у наскрізному отворі у вугільному катоді, де блямс із металу високої електропровідності підтримується на частині вугільного катода, що лежить під ним, та оточений і переважно знаходиться у прямому електричному контакті із поверхнею наскрізного отвору у вугільному катоді.

15. Ванна Холла-Еру для виробництва алюмінію, забезпечена вузлом катодного колектора струму, за будь-яким із попередніх пунктів.



Фіг. 1

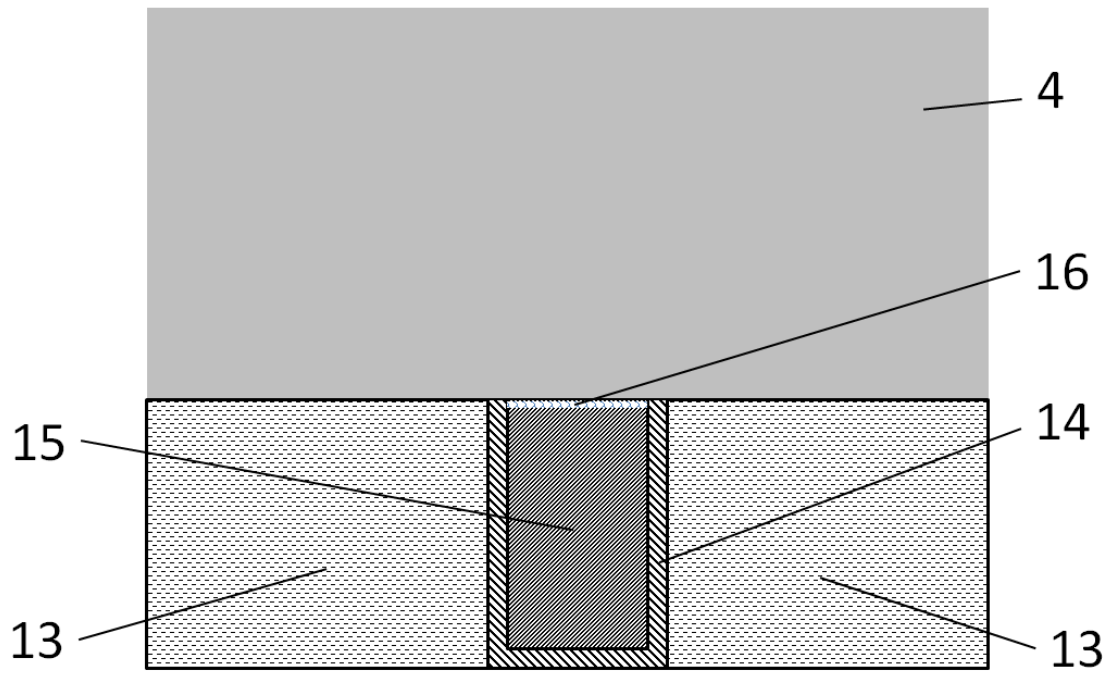


Fig. 2

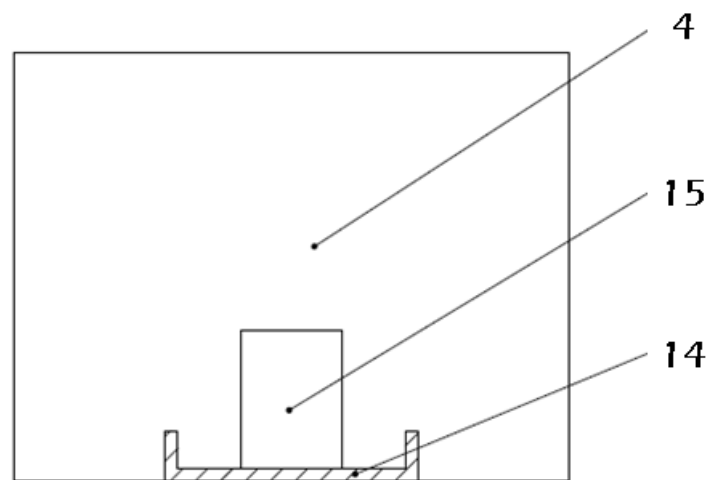
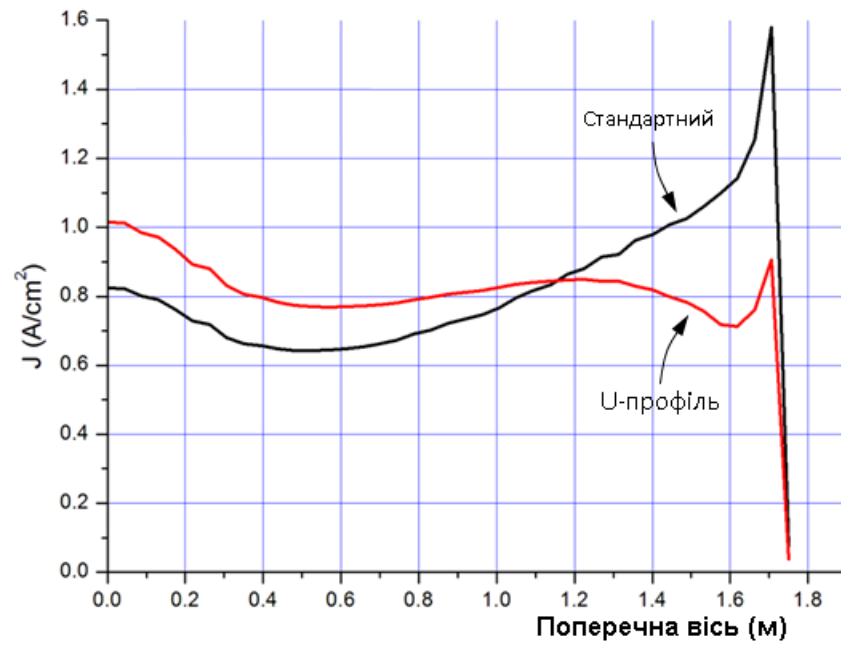
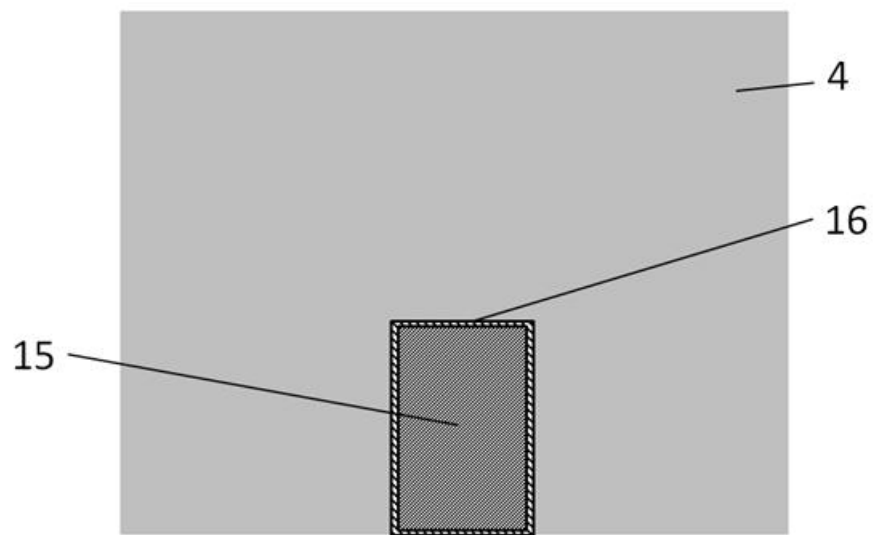


Fig. 3



Фіг. 4



Фіг. 5А

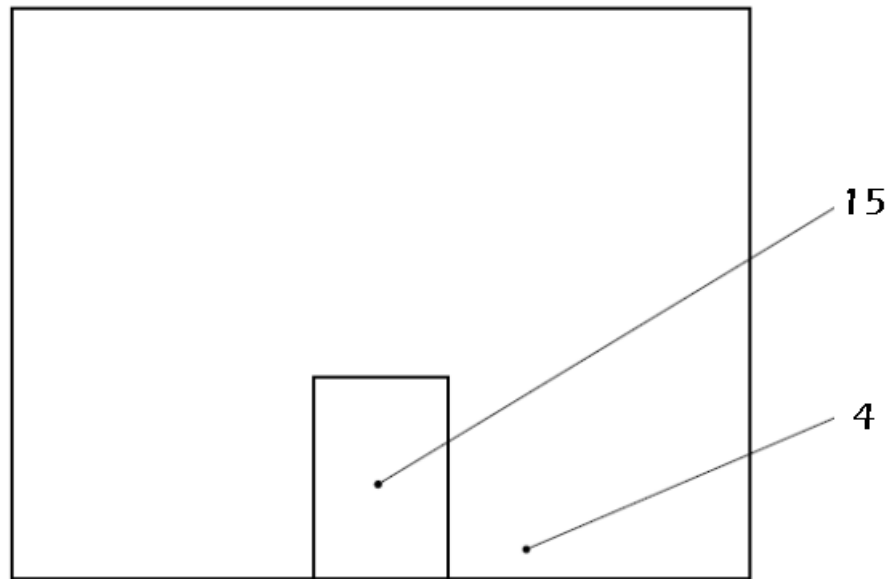


Fig. 5B

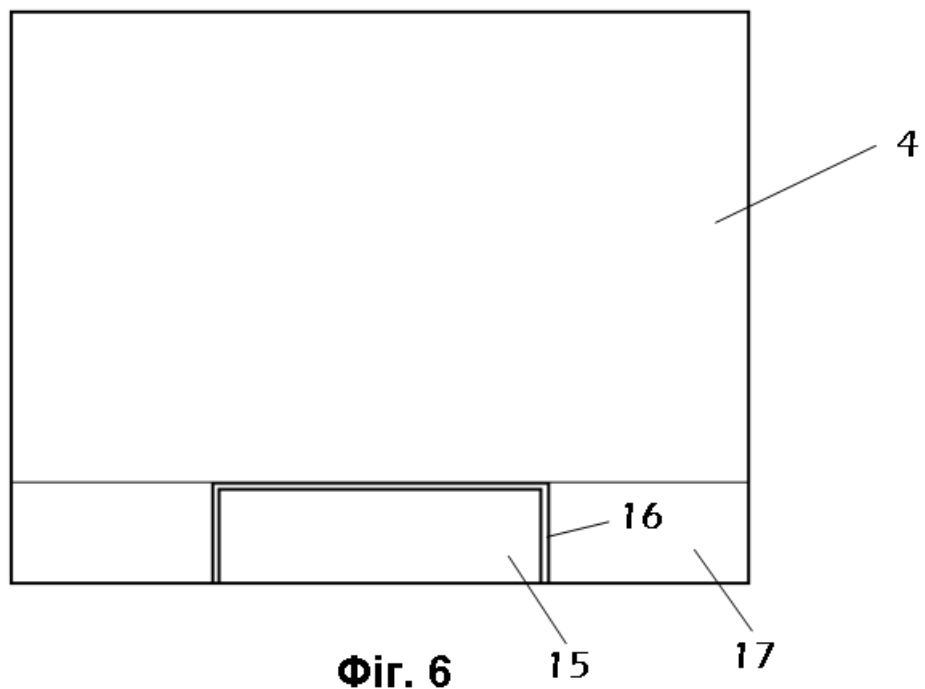
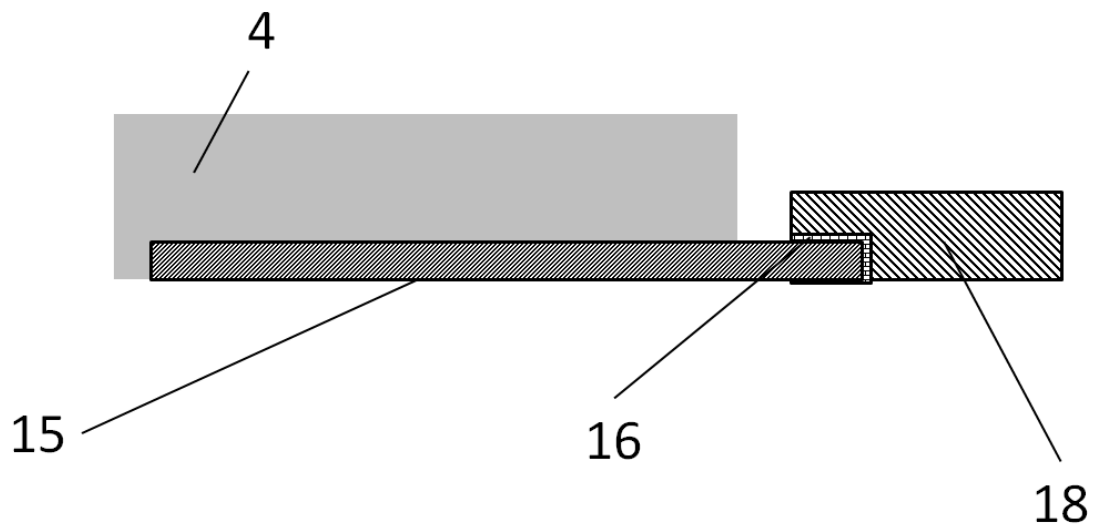
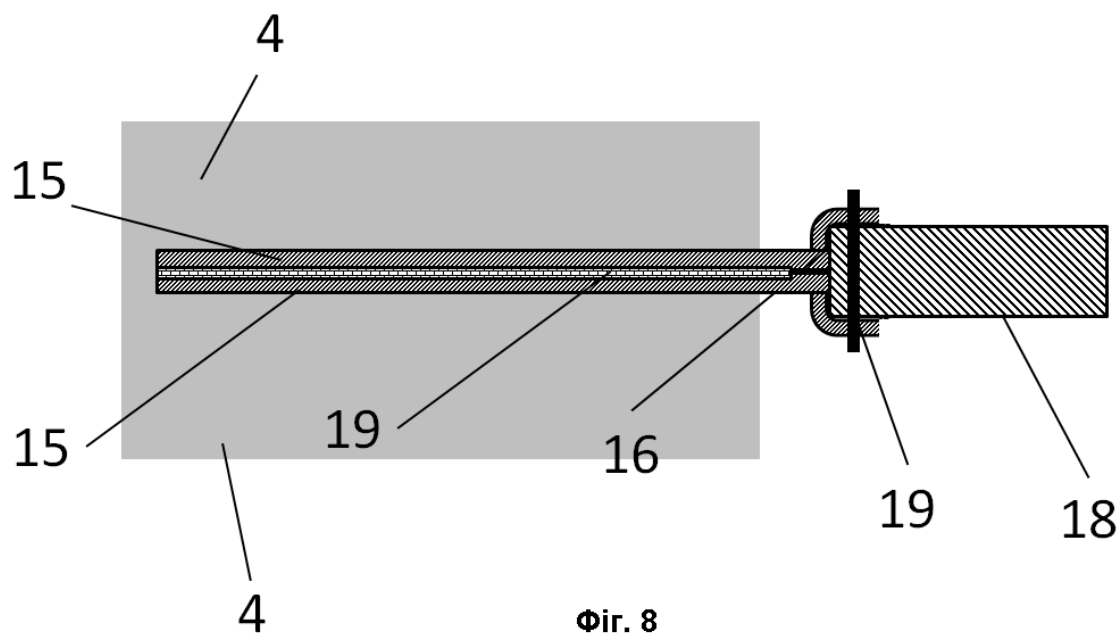


Fig. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

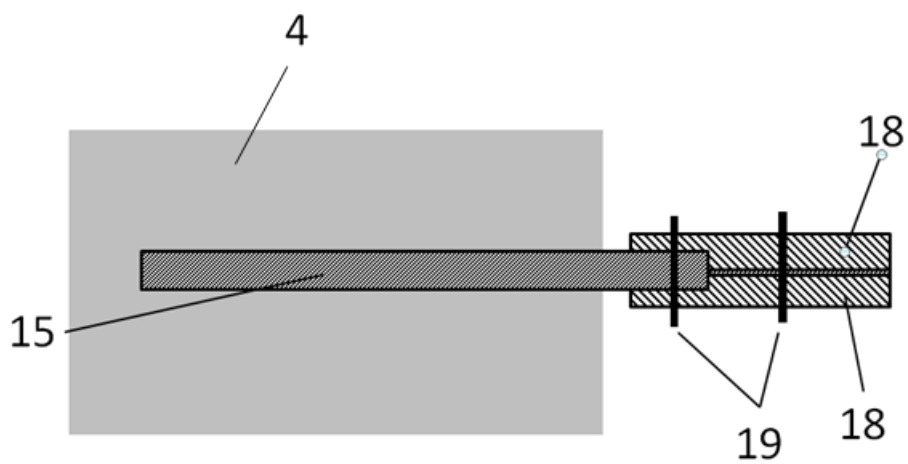


Fig. 9

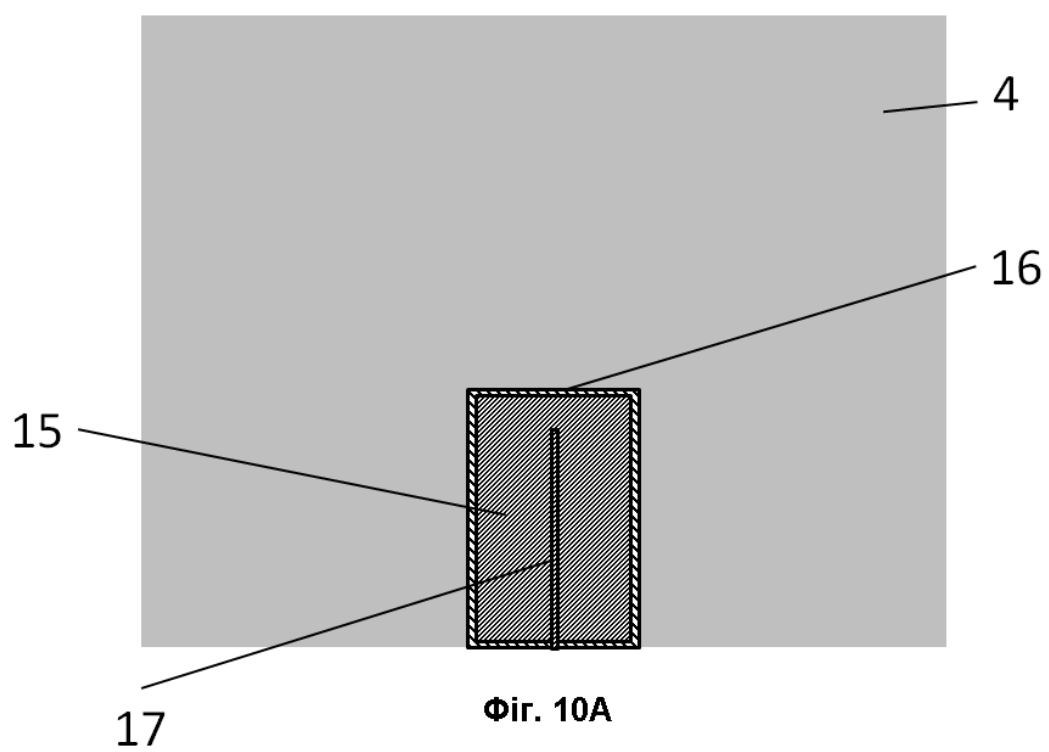


Fig. 10A

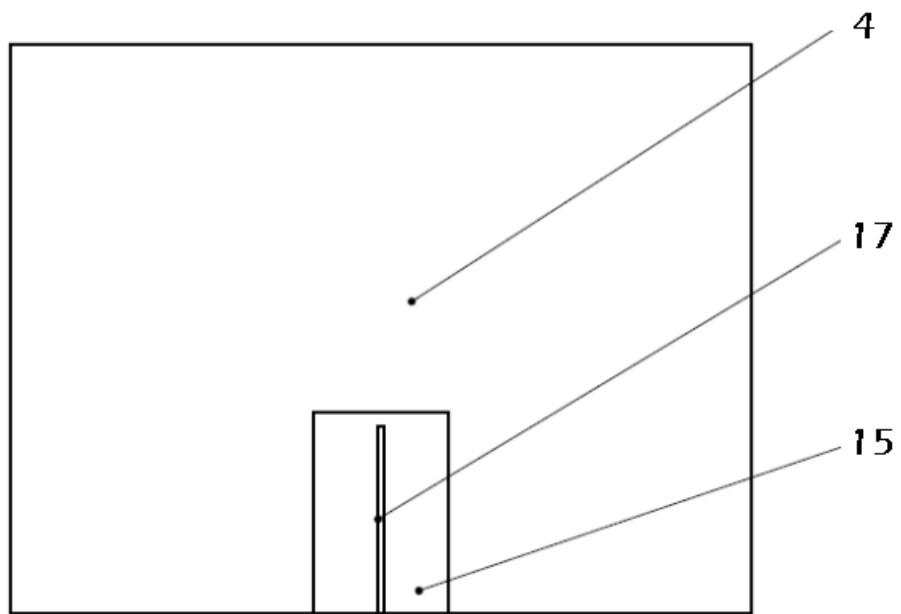


Fig. 10B

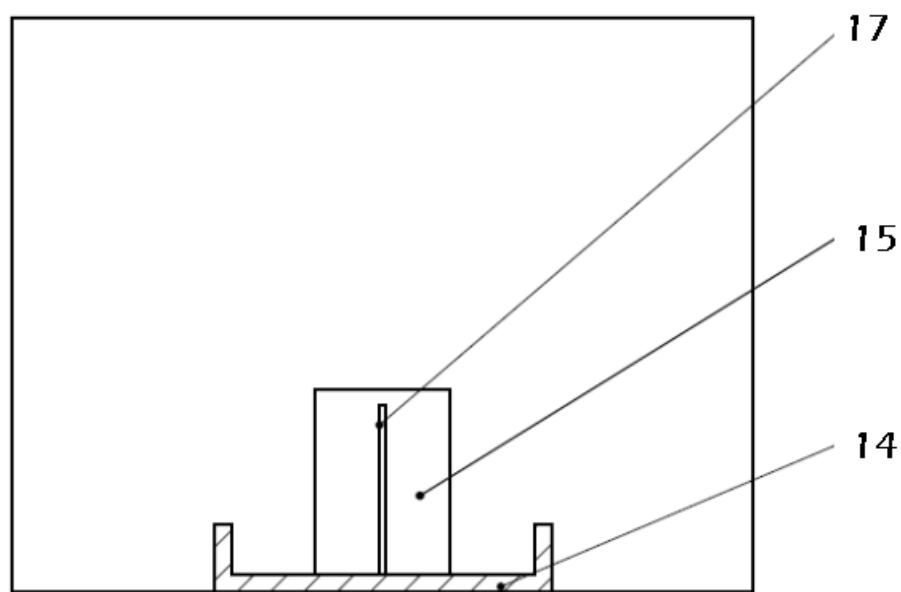
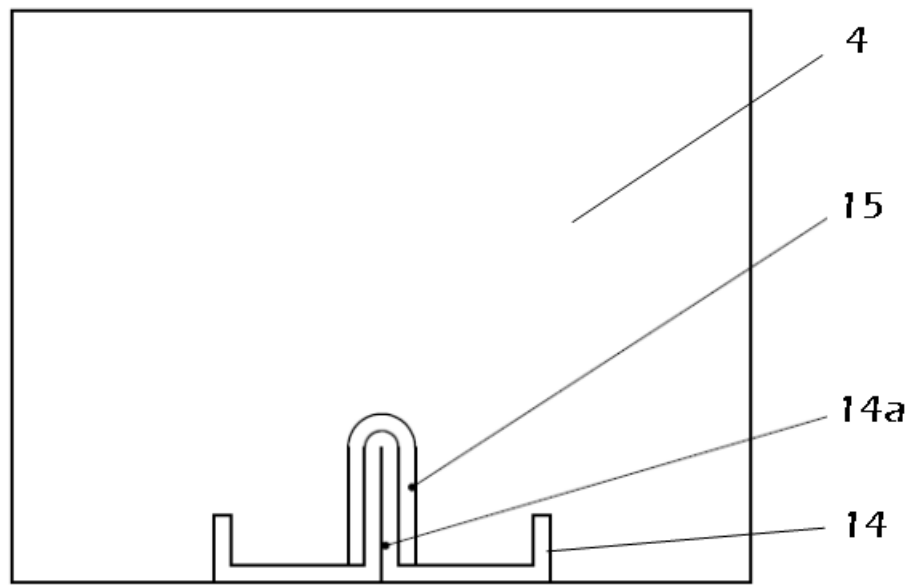
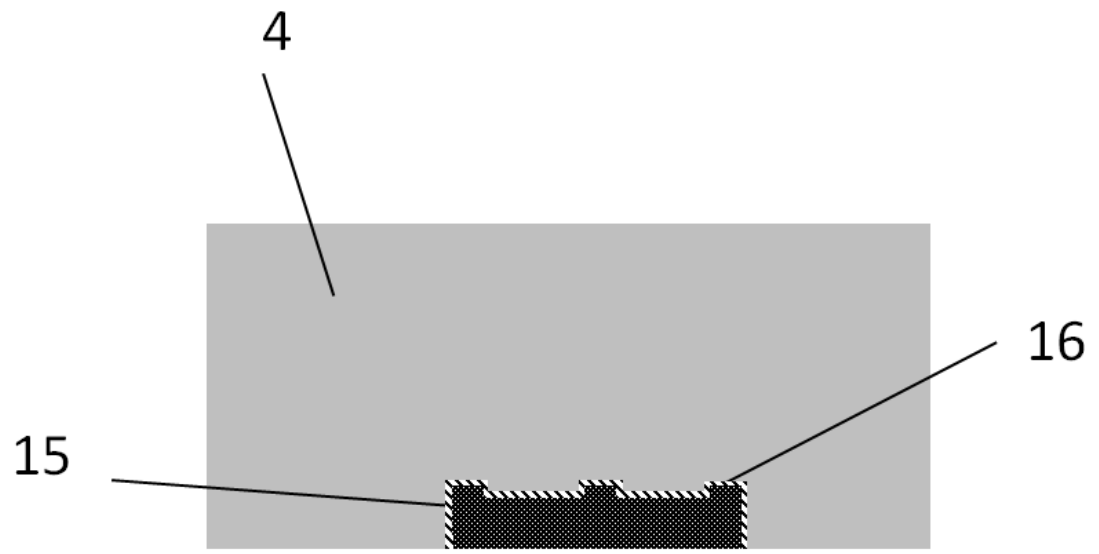


Fig. 10C



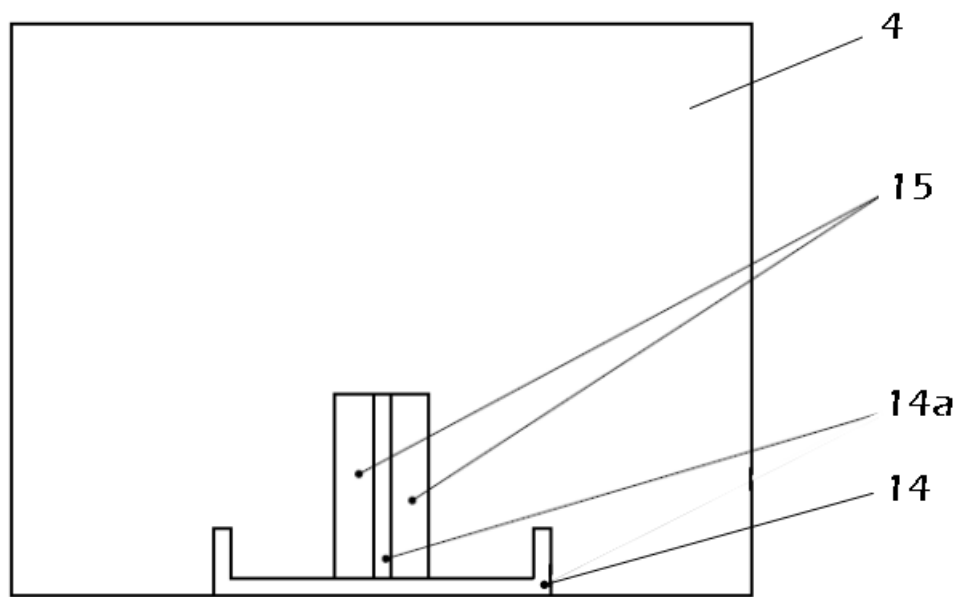


Fig. 13A

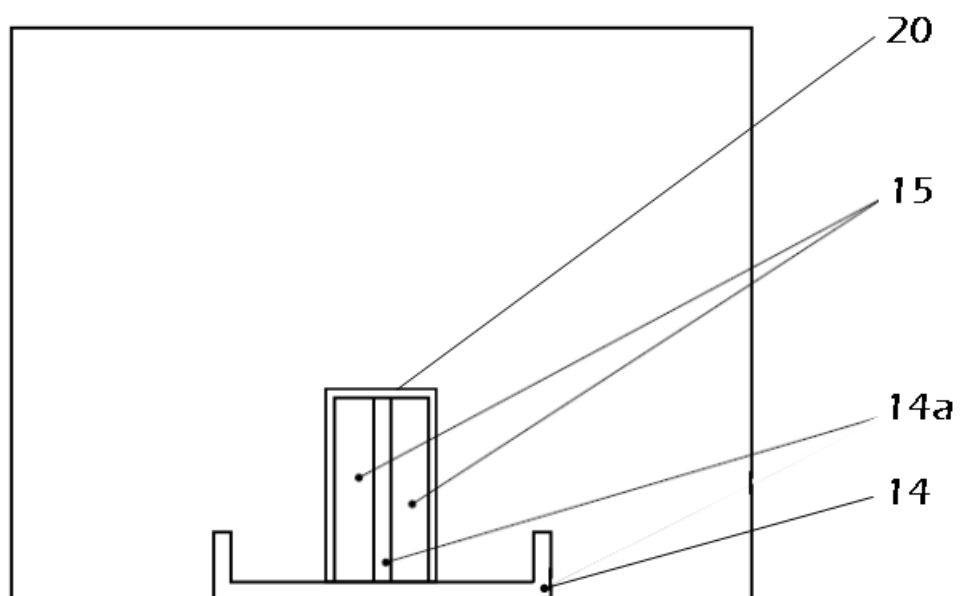


Fig. 13B

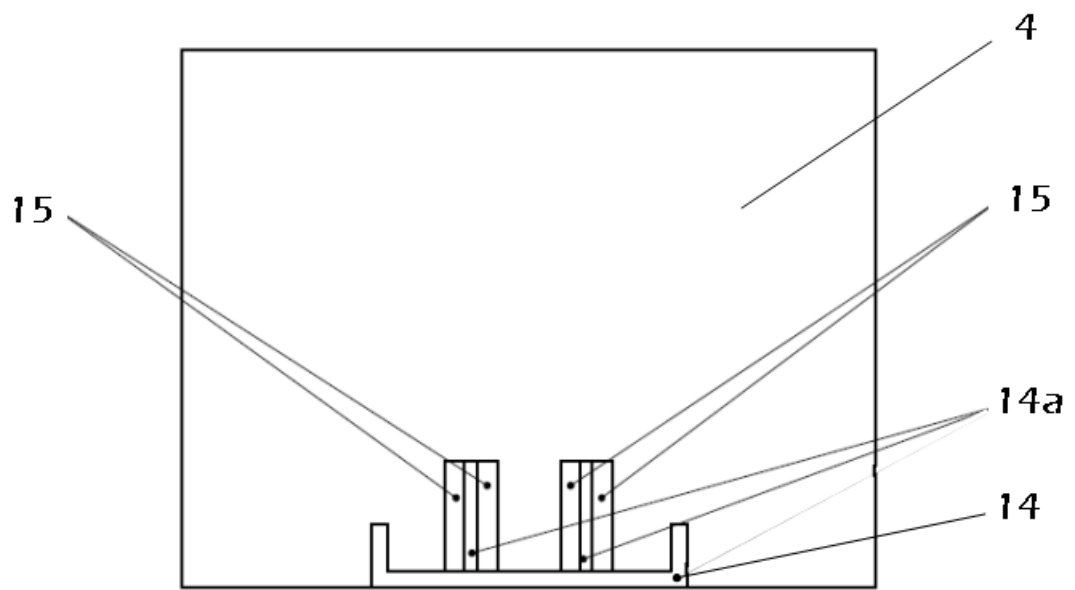


Fig. 13C

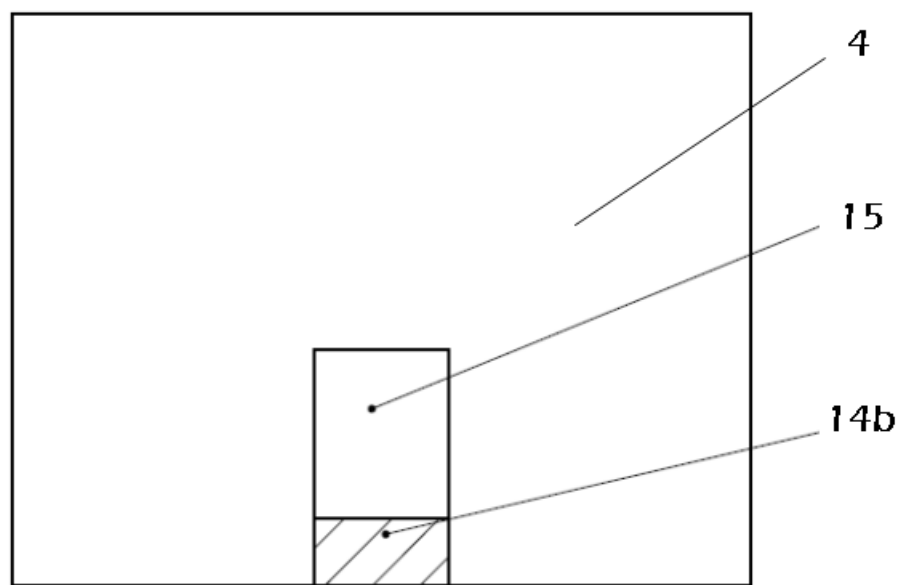


Fig. 14

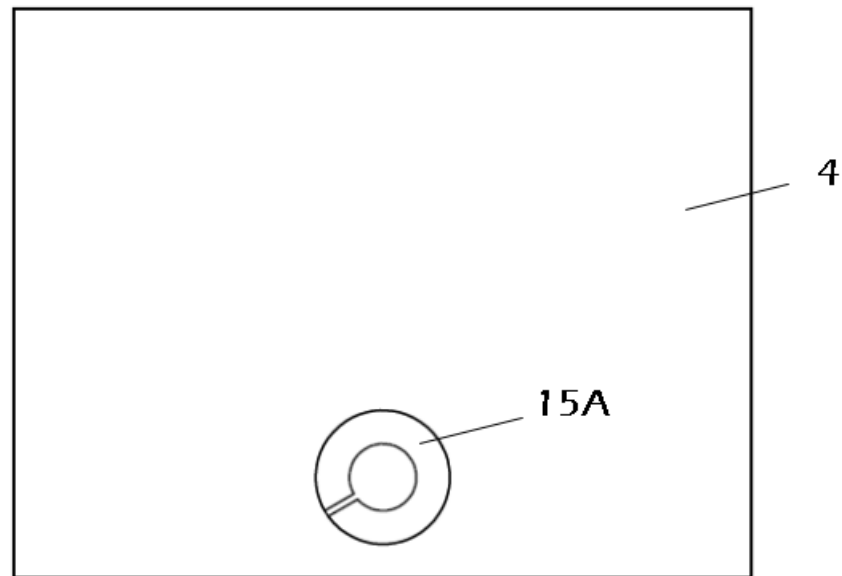


Fig. 15

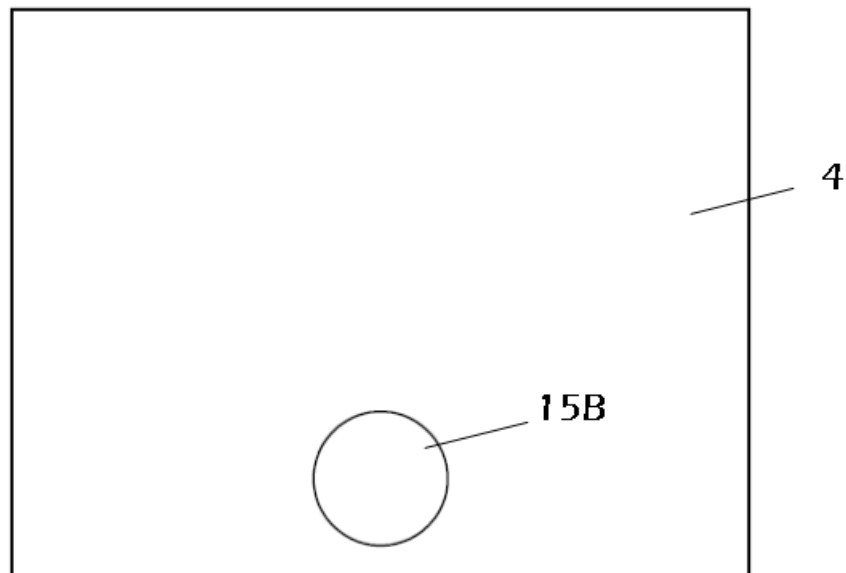


Fig. 16

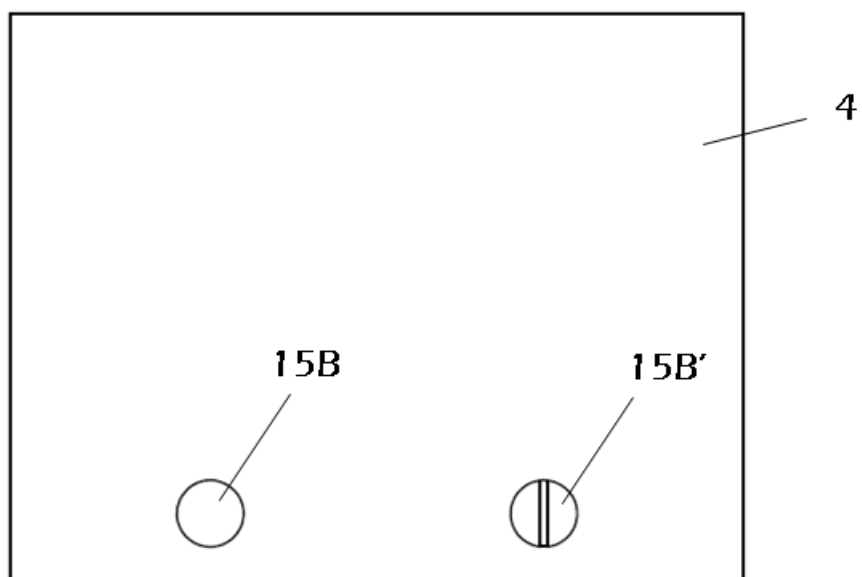


Fig. 17

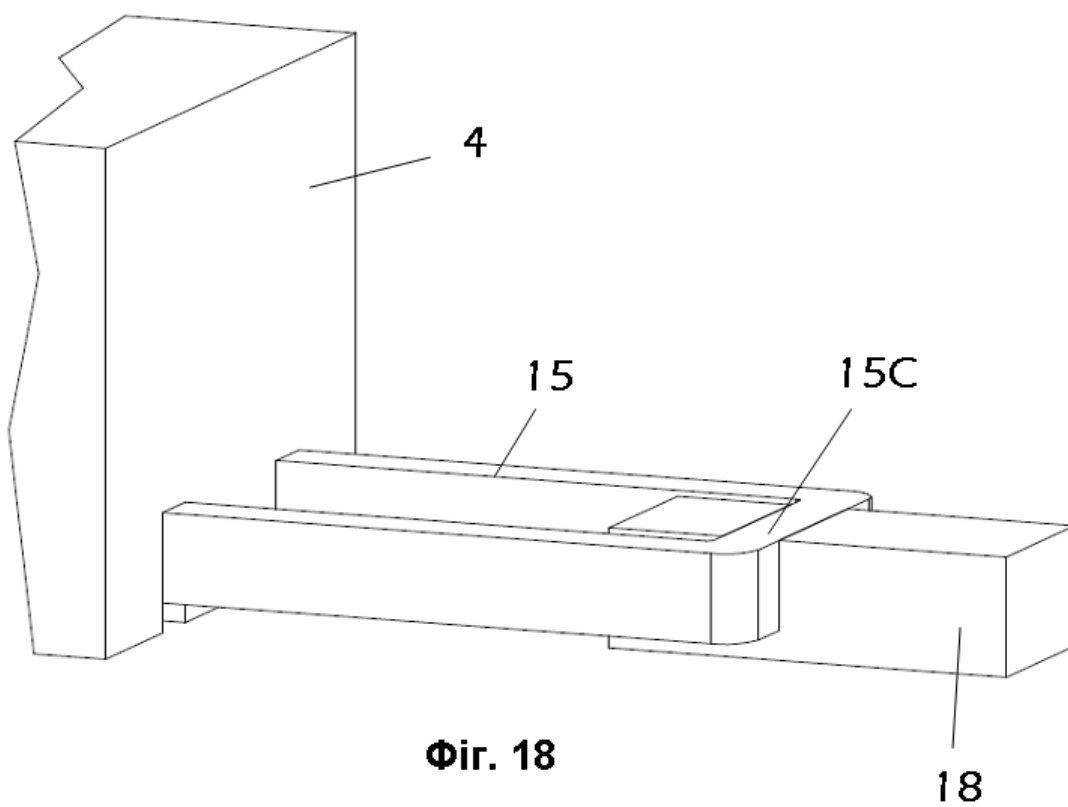


Fig. 18