



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127352** (13) **C2**
(51) МПК

C25C 7/02 (2006.01)

C25C 7/06 (2006.01)

C25C 3/08 (2006.01)

C25C 3/16 (2006.01)

C25C 3/24 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2020 02448</p> <p>(22) Дата подання заявки: 17.09.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 27.07.2023</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 62/559,860</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 18.09.2017</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: US</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.08.2020, Бюл.№ 15</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 26.07.2023, Бюл.№ 30</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/US2018/051323, 17.09.2018</p>	<p>(72) Винахідник(и): Гайерс Роберт (US), Ламботт Гійом (US), Гумберт Меттью (US), Бредшоу Річард (US)</p> <p>(73) Володілець (володільці): БОСТОН ЕЛЕКТРОМЕТАЛЛУРДЖИКАЛ КОРПОРЕЙШН, 6C Gill Street, Woburn, Massachusetts 01801, United States of America (US)</p> <p>(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: CN 106811563 A, 09.06.2017 US 1505495 A, 19.08.1924 US 5567286 A, 22.10.1996 US 4222841 A, 16.09.1980 US 2004/011660 A1, 22.01.2004 US 2004/112757 A1, 27.06.2004</p>
--	---

(54) СИСТЕМИ І СПОСОБИ ЕЛЕКТРОЛІЗУ РОЗПЛАВЛЕНИХ ОКСИДІВ

(57) Реферат:

Металургійні агрегати і системи згідно із запропонованою технологією можуть містити вогнетривку посудину, яка має бічні сторони і основу. Основа може утворювати множинну отворів, які знаходяться по центру всередині основи. Бічні сторони і основа можуть щонайменше частково утворювати внутрішній об'єм вогнетривкої посудини. Металургійні агрегати можуть містити кришку, змінно сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною. У кришці може бути утворена множина наскрізних отворів. Металургійні агрегати також можуть містити струмовідвід, суміжний із основою вогнетривкої посудини. Струмовідвід може містити струмопровідні виступи, розташовані всередині множини отворів, які знаходяться по центру всередині основи.

UA 127352 C2

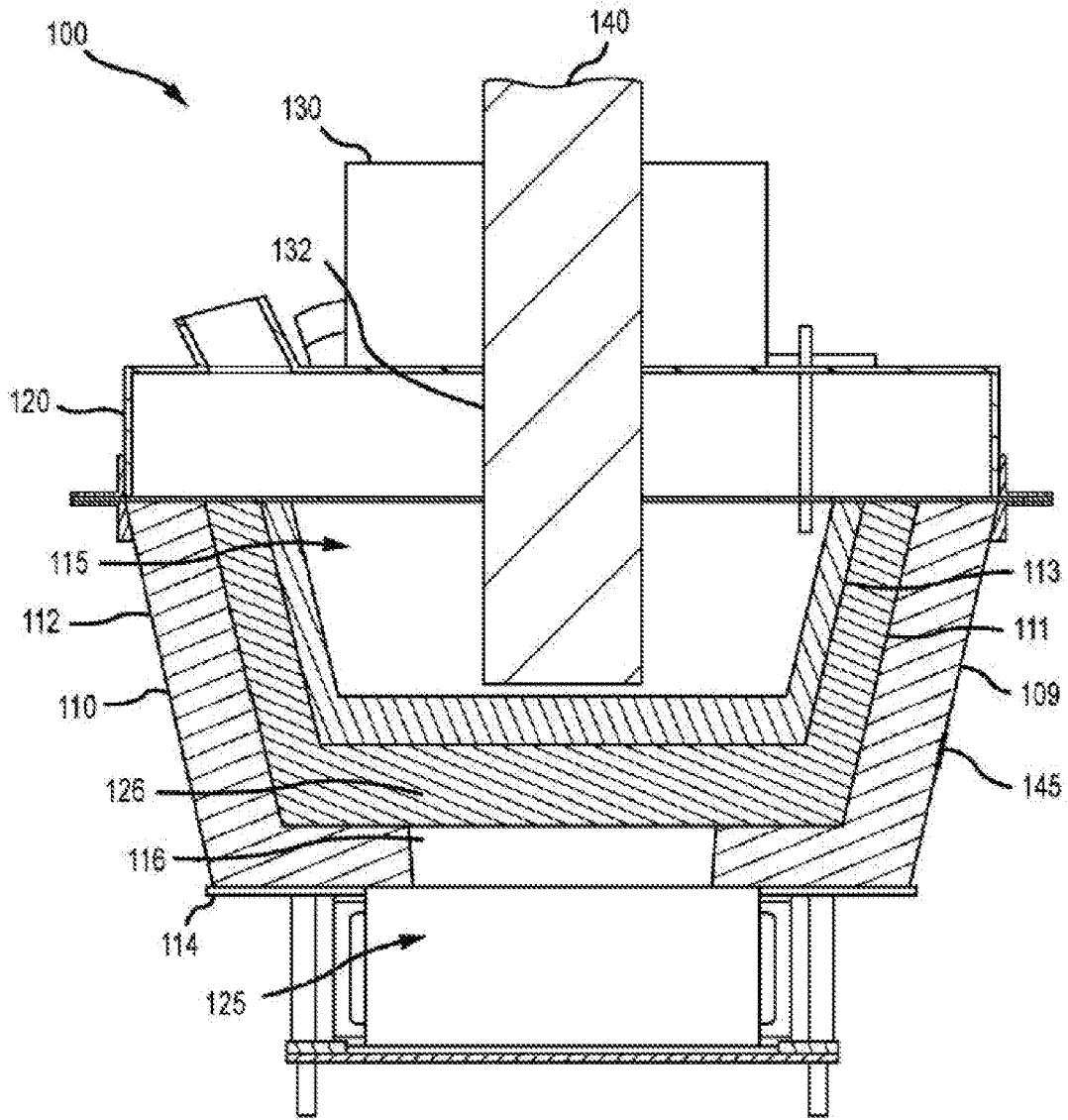


Fig. 1

Дана технологія стосується систем і компонентів, у яких можна проводити електролітичну обробку, і способів використання цих систем. Конкретніше, дана технологія стосується систем обробки для проведення електролізу розплавлених оксидів або інших металургійних операцій.

5 Металургійні посудини і системи використовують для множини різних процесів, включаючи виплавку металів і операції рафінування, які можуть включати, наприклад, плавлення та електроліз розплавлених оксидів. Посудини і системи для проведення таких процесів часто конструюють під конкретний процес, металевий продукт і металеву сировину, і їх не можна застосовувати для багатьох металів або операцій обробки. Крім того, робота систем може бути обмежена залежно від використаних матеріалів і від фіксованих параметрів і робочих характеристик системи. Багато з металургійних операцій обмежено певною температурою або джерелами енергії, і, отже, їх не можна застосовувати для обробки або рафінування багатьох різних корисних металів і матеріалів. У результаті робота цих систем може бути неефективна внаслідок постійних технологічних зупинок для проведення випуску металу або подачі сировини, операцій заміни електродів або коливань температури і/або продуктивності.

15 Отже, існує потреба у вдосконалених посудинах і системах, які можна використовувати для обробки низки металів і матеріалів ефективним способом. Ці та інші потреби задовольняються за допомогою даної технології.

Металургійні агрегати і системи згідно з даною технологією можуть містити вогнетривку посудину, яка має бічні сторони і основу. В основі може бути утворена множина отворів, які знаходяться по центру всередині основи. Бічні сторони і основа можуть щонайменше частково утворювати внутрішній об'єм вогнетривкої посудини. Агрегати можуть містити кришку, таку як вогнетривка кришка, змінно сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною. У кришці може бути утворена множина наскрізних отворів. Агрегати також можуть містити струмовідвід, суміжний з основою вогнетривкої посудини. Струмовідвід може містити струмопровідні виступи, розташовані всередині множини отворів, які знаходяться по центру всередині основи.

У варіантах здійснення металургійний агрегат може містити газонепроникне ущільнення, встановлене навколо першого отвору з множини наскрізних отворів, утворених у кришці. Газонепроникне ущільнення може бути виконане з можливістю приймання і пропускання рухомого анода через газонепроникне ущільнення та утворений у кришці перший отвір. Газонепроникне ущільнення може бути виконане з можливістю обмеження вивільнення газу з вогнетривкої посудини через перший отвір із множини утворених у кришці наскрізних отворів. Множина утворених у кришці наскрізних отворів може включати випускний отвір, підібраний за розмірами для розподілу газу з вогнетривкої посудини, і впускний отвір, підібраний за розмірами для розподілу матеріалу у вогнетривку посудину. Вогнетривка посудина може містити порошковий шар, який щонайменше частково утворює бічні стінки вогнетривкої посудини. Вогнетривка посудина також може містити шар сумісності, який утворює основу вогнетривкої посудини. Шар сумісності також може щонайменше частково утворювати бічні стінки вогнетривкої посудини.

40 Вогнетривка посудина може містити щонайменше два шари матеріалу. Зовнішній шар може містити ізоляційний матеріал. Внутрішній шар може містити матеріал, виконаний хімічно сумісним із електролітом, який міститься у внутрішньому об'ємі вогнетривкої посудини. Вогнетривка посудина може додатково містити проміжний шар матеріалу, розташований з утворенням щонайменше частини внутрішнього об'єму вогнетривкої посудини. Внутрішній шар може характеризуватися питомою теплопровідністю нижче або приблизно 25 Вт/(м·К). Ізоляційний шар може характеризуватися питомою теплопровідністю нижче ніж або приблизно 5 Вт/(м·К).

Дана технологія також охоплює металургійні системи. Системи можуть містити вогнетривку посудину. Системи можуть містити кришку, змінно сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною. У кришці може бути утворена множина наскрізних отворів. Системи також можуть містити вузол кріплення електрода. Вузол кріплення електрода може містити вертикально переміщуваний тримач. Вертикально переміщуваний тримач може бути виконаний із можливістю сполучення з електродом і з можливістю електричного з'єднання електрода з джерелом живлення.

55 Металургійна система також може містити основу системи, яка містить платформу, на якій може підтримуватися вогнетривка посудина. Система також може містити струмовідвід, розташований між платформою і основою системи. Струмовідвід може бути механічно з'єднаний із вогнетривкою посудиною. Вузол кріплення електрода також може містити станину, яка може містити вертикальний напрямний пристрій. Вузол кріплення електрода також може містити струмознімач, рухомо з'єднаний з напрямним пристроєм. Вузол кріплення електрода

також може містити ферму, яка з'єднує вертикально переміщуваний тримач зі струмознімачем. Ферма може являти собою або містити зігнуту ферму, яка проходить від першого кінця на струмознімачі до другого кінця, з яким може бути з'єднаний вертикально переміщуваний тримач. Другий кінець зігнутої ферми може позиціонувати вертикально переміщуваний тримач в осьовому суміщенні з отвором кришки щодо вертикальної осі. Система також може містити перше джерело живлення, електрично з'єднане з електродом, вертикально переміщуваним тримачем. Система також може містити друге джерело живлення, електрично з'єднане зі струмознімачем. У варіантах здійснення електрод може бути анодом. Перший кінець анода може заходити в утворений вогнетривкою посудиною внутрішній об'єм через газонепроникне ущільнення. Дистальна частина анода може бути з'єднана з вертикально переміщуваним тримачем.

Дана технологія також може охоплювати додаткові металургійні системи. Системи можуть містити вогнетривку посудину. Системи також можуть містити кришку, знімно сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною. У кришці може бути утворена множина наскрізних отворів. Перший отвір із множини отворів може містити випускний проріз. Системи можуть містити вузол кріплення електрода. Системи також можуть містити систему випуску, з'єднану з випускним прорізом кришки. Система випуску може бути виконана з можливістю окиснення відхідних потоків, які приймаються із вогнетривкої посудини. Другий отвір із множини утворених у кришці наскрізних отворів може містити впускний проріз. Металургійна система також може містити систему подачі, з'єднану з впускним прорізом. Система подачі може бути виконана з можливістю подачі матеріалу до вогнетривкої посудини.

Така технологія може забезпечувати багато переваг порівняно зі звичайними технологіями. Наприклад, технологія дає змогу створювати металургійні системи і агрегати, які можна експлуатувати в більш широкому інтервалі температур і енергій, ніж звичайні системи. Крім того, дану технологію можна застосовувати в безперервних процесах, на відміну від менш ефективної періодичної обробки. Ці та інші варіанти здійснення, разом із багатьма їх перевагами і ознаками, описано більш детально в поєднанні з наведеним нижче описом і доданими фігурами.

Додаткове розуміння суті і переваг розкритих варіантів здійснення можна реалізувати у разі звернення до інших частин опису і креслень.

На фіг. 1 представлено схематичний вигляд у розрізі ілюстративного металургійного агрегату згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 2 представлено схематичний вигляд зверху ілюстративної кришки металургійної посудини згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 3 представлено схематичний вигляд у розрізі металургійної посудини згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 4 представлено схематичний вигляд у перспективі струмовідводу згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 5 представлено схематичний вигляд у перспективі ілюстративної металургійної системи згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 6 представлено схематичний вигляд у перспективі ілюстративної металургійної системи згідно з варіантами здійснення даної технології.

На фіг. 7 представлено вибрані операції в ілюстративному способі використання металургійної системи згідно з даною технологією.

Деякі фігури наведено у вигляді схем. Має бути зрозуміло, що фігури призначені для ілюстративних цілей, і їх не слід розглядати в масштабі, якщо тільки конкретно не вказано, що вони наведені в масштабі. Крім того, у вигляді схем фігури представлено для полегшення розуміння, і які можуть не включати всі аспекти або відомості порівняно з реалістичними уявленнями і для ілюстративних цілей можуть містити матеріал у збільшеному вигляді.

На доданих фігурах аналогічні компоненти і/або ознаки можуть мати те саме цифрове посилальне позначення. Крім того, різні компоненти однакового типу в посилальному позначенні можна розрізнити за допомогою букви, яка показує відмінності між схожими компонентами і/або ознаками. Якщо в описі використане тільки перше цифрове посилальне позначення, то цей опис можна застосувати до будь-якого зі схожих компонентів і/або ознак, які мають те саме перше цифрове посилальне позначення незалежно від буквеного індексу.

У металургійній обробці може використовуватися сильний нагрів, наприклад, від теплових або електричних джерел, для обробки множини самих різних матеріалів, включаючи метали і металовмісні матеріали. Ці матеріали можуть мати точки плавлення значно набагато вище ніж 1000 °С, і тому посудина та будь-які пов'язані з нею компоненти, які контактують із

розплавленими матеріалами, можуть передавати дуже високі температури. Багато із систем працює із застиглою кіркою електроліту, яка може захищати стінки ванни від самих високих температур, а також від хімічного впливу компонентів електроліту на внутрішні стінки.

Звичайні ванни можуть бути обмежені установленням посудини або всієї системи. Наприклад, для багатьох конструкцій потрібна повна зупинка для видобування затверділого продукту. Крім того, витрачання одного з електродів, наприклад анода, може призвести до зупинки роботи, а також повного відновлення цільової речовини в системі, що може потребувати проведення додаткових періодичних завантажень. У звичайних системах можна справлятися з цими проблемами, зазвичай приймаючи обмеження або неефективності самої системи. З іншого боку, в даній технології використовуються такі конфігурації системи і принципи роботи, які забезпечують безперервну роботу ванни з одержанням множини цільових матеріалів.

Звертаючись до фіг. 1А, там показано вигляд у розрізі ілюстративного металургійного агрегату 100 згідно з варіантами здійснення даної технології. Цей агрегат і компоненти, які його складають, можна використовувати для генерування тепла будь-якою кількістю способів для плавлення матеріалів, які знаходяться всередині. Тепло можна одержувати шляхом підведення до посудини високої температури, а також можна виробляти або генерувати за рахунок електроенергії. Агрегат 100 може включати вогнетривку посудину 110, яка містить бічні сторони 112 і основу 114. Бічні сторони 112 і основа 114 можуть щонайменше частково утворювати внутрішній об'єм 115 всередині вогнетривкої посудини 110. Вогнетривка посудина 110 може бути виконана з можливістю вміщення в неї одного або більше матеріалів для обробки, таких як металовмісні матеріали, включаючи оксиди металів. Посудина може бути використана з будь-яким числом конфігурацій обробки, включаючи електроліз розплавлених оксидів, і може містити матеріали електроліту на додаток до оброблюваного металовмісного матеріалу. Вогнетривка посудина 110 може утворювати щонайменше один, а може утворювати множину отворів 116 у центральній зоні основи 114. Отвори можуть забезпечувати доступ до електропровідних елементів, зв'язаних зі струмовідводом, як зазначено нижче.

Металургійний агрегат 100 також може містити кришку 120, яка використовується в поєднанні з вогнетривкою посудиною 110. Кришка 120 може бути знімно сполучена з вогнетривкою посудиною 110 і може бути безпосередньо з'єднана, прикручена болтами, скріплена або зв'язана з вогнетривкою посудиною 110. У варіантах здійснення кришка 120 може бути знімно сполучена з вогнетривкою посудиною 110 болтами, кріпильними пристроями або іншими матеріалами, призначеними для з'єднання двох конструкцій. І кришка 120, і посудина 110 можуть мати фланець, який забезпечує поверхню контакту для з'єднання цих двох компонентів. Під час роботи кришка 120 може бути сполучена з вогнетривкою посудиною 110, утворюючи ущільнення, яке може являти собою рідинне ущільнення або може являти собою герметичне ущільнення. Крім того, в деяких варіантах здійснення кришка 120 може бути сполучена з вогнетривкою посудиною 110 для сприяння утриманню і/або збору або видаленню одержуваних відхідних матеріалів, включаючи газоподібні побічні продукти. У деяких варіантах здійснення кришка 120 може бути виконана з можливістю утворення частково, по суті або повністю герметичного ущільнення з вогнетривкою посудиною 110. У конструкції кришки 120 може бути утворена множина наскрізних отворів, як зазначено більш детально нижче з посиланням на фіг. 2.

Металургійний агрегат 100 також може містити струмовідвід 125, розташований суміжно з основою 114 вогнетривкої посудини 110. Струмовідвід 125 може являти собою електропровідний стрижень або матеріал, з'єднаний із вогнетривкою посудиною 110 або всередині неї. У деяких варіантах здійснення струмовідвід 125 може містити струмопровідні виступи 126, розташовані всередині множини отворів 116, які знаходяться по центру всередині основи 114 вогнетривкої посудини 110.

Металургійний агрегат 100 може містити газонепроникне ущільнення 130, встановлене навколо першого наскрізного отвору 132, утвореного в кришці 120. Газонепроникне ущільнення 130 може бути виконане з можливістю приймання і пропускання рухомого анода 140 через газонепроникне ущільнення 130 і перший наскрізний отвір 132, утворений у кришці 120. Залежно від процесу, виконуваного всередині вогнетривкої посудини 110, анод можна рухати одним або більше способами. Наприклад, у варіантах здійснення анод 140 може бути утворений із вуглецю або деяких інших електропровідних матеріалів. У самому процесі вуглець може щонайменше частково витратитися в реакції окиснення, наприклад, за якою може одержуватися монооксид вуглецю, діоксид вуглецю або якийсь інший вуглецевмісний матеріал. Під час процесу, в якому витрачається вуглець, анод можна перепозиціонувати, наприклад, шляхом опускання далі у вогнетривку посудину 110, щоб зберігати контакт із матеріалом

електроліту, зберігати конкретну відстань між анодом і катодом системи або подавати додатковий матеріал для витрачання. Крім того, під час операцій випуску металу рівень матеріалу всередині вогнетривкої посудини 110 може знижуватися, і анод також можна опускати для підтримання реакції під час випуску металу. Аналогічним способом можуть бути охоплені інші сценарії, в яких анод 140 під час роботи поступально переміщують. Хоча показано наявність одного-єдиного анода, в різних варіантах здійснення може бути множина анодів і утримувальних аноди систем залежно від розміру і форми посудини і розподілу катодних матеріалів або струмовідводів.

Газонепроникне ущільнення 130 може бути введене для забезпечення можливості вертикального поступального переміщення анода 140 за збереження або по суті збереження герметичного ущільнення. Наприклад, перший наскрізний отвір 132 в кришці 120 може бути підібраний за розміром для приймання анодів 140 множини розмірів, або може мати допуск, який забезпечує рух анода 140 під час роботи. Зазор, який може бути навколо анода 140 всередині першого отвору 132, може забезпечувати шлях виходу для газу, утвореного під час роботи. Газ, який одержується, може містити компоненти, які можуть бути шкідливими за вивільнення без обробки або можуть означати втрату тепла із системи зі зниженням ефективності процесу, який проводять. Відповідно, газонепроникне ущільнення 130 може бути утворене або виконане з можливістю обмеження вивільнення газу з вогнетривкої посудини 110 через перший наскрізний отвір 132, утворений в кришці 120. Газонепроникне ущільнення 130 може містити множину пластин, скручених болтами або зварених разом, і може містити одну або більше прокладок для утворення парового бар'єра навколо анода 140.

У варіантах здійснення технології вогнетривка посудина 110 може містити деяке число шарів і матеріалів. Хоча на фіг. 1 показано тришарову вогнетривку посудину, має бути зрозуміло, що у варіантах здійснення вогнетривкі посудини згідно з даною технологією можуть містити 1, 2, 3, 4, 5 або більше шарів із множиною різних конфігурацій. Як показано, вогнетривка посудина 110 містить множину шарів, а у варіантах здійснення може містити щонайменше два шари матеріалу. Вогнетривка посудина 110 може містити зовнішній шар матеріалу 109, яким може бути ізоляційний матеріал, виконаний із можливістю зменшення втрати тепла з вогнетривкої посудини. Вогнетривка посудина 110 також може містити внутрішній шар матеріалу 113, з яким може контактувати один або більше матеріалів всередині вогнетривкої посудини 110, включаючи компоненти електроліту. Внутрішній шар матеріалу 113 може містити матеріал, виконаний хімічно сумісним із електролітом, який міститься у внутрішньому об'ємі 115 вогнетривкої посудини 110. Цим матеріалом може бути матеріал, специфічний для конкретного хімічного процесу, виконуваного всередині вогнетривкої посудини 110. Наприклад, матеріалом 113 може бути матеріал, хімічно інертний до одного або більше компонентів електроліту, або ж цей матеріал може бути виготовлений із матеріалів, здатних витримувати температуру, тиск і/або хімічні умови у внутрішньому об'ємі 115 вогнетривкої посудини 110.

У деяких варіантах здійснення вогнетривка посудина 110 також може містити проміжний шар матеріалу 111. Проміжний шар матеріалу 111 може забезпечувати вогнетривкій посудині стійкість із точки зору конструкції, температури, реакційної здатності або інших характеристик. Кожний із шарів матеріалу може бути в різних формах. Наприклад, кожен шар матеріалу може утворювати частину однієї або обох бічних сторін 112, а також основи 114. Як показано на фіг. 1, внутрішній шар матеріалу 113 може утворювати внутрішні бічні стінки вогнетривкої посудини 110, тоді як проміжний шар матеріалу 111 може утворювати внутрішню основу і може утворювати наскрізні отвори через основу 114 вогнетривкої посудини 110, а також це може робити зовнішній шар 109. Навколо вогнетривкої посудини 110 може бути розташована охолодна оболонка (не показано), і навколо вогнетривкої посудини може протікати одне або більше охолодних текучих середовищ. Крім того, охолодна оболонка може мати відбивну поверхню для зменшення випромінювальної теплопередачі з вогнетривкої посудини 110. Можливі інші конфігурації, у яких матеріали утворюють одну або більше зон вогнетривкої посудини 110.

Вогнетривка посудина 110 може бути виконана з низки матеріалів, використовуваних під час виробництва звичайних печей, включаючи вогнетривкі глини і різні неметалічні матеріали, включаючи оксиди різних елементів. Як приклад, посудина може бути вироблена з металів або керамічних матеріалів і може містити оксиди, карбідів і/або нітриди кремнію, кальцію, магнію, алюмінію і бору. Матеріали вогнетривкої посудини також можуть включати один або більше із заліза, сталі, ніобію, молібдену, танталу, вольфраму, ренію, титану, ванадію, хрому, цирконію, гафнію, рутенію, родію, осмію або іридію, а також оксиди, нітриди та інші комбінації, які включають один або більше із цих матеріалів. Можна використовувати додаткові матеріали, коли ці матеріал або матеріали здатні витримувати температуру вище або приблизно 500 °C,

вище або приблизно 1000 °С, вище або приблизно 1500 °С, вище або приблизно 2000 °С, вище або приблизно 2500 °С, вище або приблизно 3000 °С, вище або приблизно 3500 °С, вище або приблизно 4000 °С або вище. На відміну від багатьох звичайних посудин, таких як багато з ванн Холла-Еру, які можуть бути обмежені температурами нижче ніж або приблизно 1000 °С, представлені посудини можуть бути здатними працювати зі значно більш високими температурами, які полегшують електрохімічну обробку багатьох додаткових металів із температурами плавлення вище ніж 1500 °С. Крім того, матеріали можуть не реагувати з матеріалами, які містяться всередині посудини. Вогнетривка посудина 110 також може містити проріз 145, виконаний із можливістю видачі рафінованих або оброблених матеріалів із вогнетривкої посудини 110. Фахівцям буде легко зрозуміти, що прорізи можуть бути розташовані в будь-якій кількості місць, і їх не слід вважати обмеженими показаною ілюстративною конструкцією.

Матеріали вогнетривкої посудини також можуть включати або бути утворені з матеріалів, які характеризуються конкретними тепловими характеристиками. Наприклад, внутрішній шар матеріалу 113 може характеризуватися більш високою питомою теплопровідністю, ніж зовнішній шар матеріалу 109, який може являти собою ізоляційний шар. Будь-які матеріали вогнетривкої посудини можуть характеризуватися питомою теплопровідністю нижче ніж або приблизно 30 Вт/(м·К) і можуть характеризуватися питомою теплопровідністю нижче ніж або приблизно 25 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 20 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 15 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 10 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 5 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 3 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 2 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 1 Вт/(м·К), нижче ніж або приблизно 0,5 Вт/(м·К) або менше. Питома теплопровідність кожного шару також може становити будь-який менший діапазон у межах будь-якого із цих вказаних діапазонів, наприклад, між приблизно 0,5 Вт/(м·К) і приблизно 2 Вт/(м·К) або менший діапазон у межах цього або інших вказаних діапазонів.

Звертаючись до фіг. 2, там показано схематичний вигляд зверху ілюстративної кришки 120 металургійної посудини згідно з варіантами здійснення даної технології. Як зазначено вище, в конструкції кришки 120 може бути утворена множина наскрізних отворів. Центральний отвір, яким може бути перший отвір 132, може бути передбачений для розміщення анода, як описано вище. Кришка 120 може утворювати контактний майданчик або фланець навколо першого отвору 132 для приймання і надання стабільної або плоскої поверхні для газонепроникного ущільнення з метою обмеження або запобігання виходу текучого середовища навколо анода або електрода, який проходить через перший отвір 132. Кришка 120 також може утворювати випускний отвір 210, який може бути підібраний за розмірами для розподілу газу з вогнетривкої посудини. Випускний отвір 210 також може містити контактний майданчик або фланець для з'єднання трубопроводу або іншого обладнання, який(-е) може забезпечувати гідралічне ущільнення навколо випускного отвору 210. Випускний отвір може забезпечувати регулювання тиску всередині металургійної системи, а також може забезпечувати видобування утвореної пари для низки призначень. Наприклад, діставану пару можна очищати, промивати в скрубєрі або додатково обробляти для зменшення шкідливих або небажаних властивостей. Крім того, діставану пару можна використовувати як джерело тепла для інших операцій, і пару можна діставати для інших варіантів використання. Наприклад, у деяких операціях обробки оксидів металів на аноді може утворюватися газоподібний кисень, який можна збирати із системи і використовувати за різними призначеннями, для яких придатний кисень.

У кришці 120 також може бути утворений один або більше впускних отворів 220, які можуть бути підібрані за розмірами для розподілу матеріалу або матеріалів у вогнетривку посудину. Як показано, впускні отвори 220 можуть бути утворені наскрізь у кришці 120 навколо випускного отвору 210. Наприклад, залежно від систем, пов'язаних із видобуванням або обробкою відхідних газів, а також із подачею матеріалу, впускний отвір 220а може бути утворений дистально до випускного отвору 210, як показано. У кришці 120 також може бути утворена множина наскрізних впускних отворів, які можна використовувати для забезпечення множини місць подачі аналогічного матеріалу або які можуть забезпечувати доступ для подачі різних матеріалів до вогнетривкої посудини. Наприклад, як показано, кришка 120 містить два впускних отвори 220, хоча може бути більша або менша кількість впускних отворів. При тому, що впускний отвір 220а можна використовувати для подачі оксиду цільового металу, наприклад, впускний отвір 220b можна використовувати для подачі до вогнетривкої посудини додаткових матеріалів електроліту, легувальних матеріалів або інших домішок або компонентів. Крім того, впускні отвори 220а можуть бути призначені для полегшення доставляння матеріалу у вигляді дрібних частинок, наприклад, через сито або лійкоподібний отвір. Багато зі звичайних систем включає турбулентну роботу, яка може викликати спікання або агломерацію матеріалу, що

доставляється. Дана технологія може забезпечувати значно більш стабільну роботу, забезпечуючи доставляння до системи матеріалів у вигляді дрібних частинок.

5 Перевага описаних систем за даною технологією полягає в тому, що вони можуть полегшувати безперервну обробку матеріалів, на відміну від електродугових печей. Представлені системи можуть безперервно споживати електрику для генерування тепла та одержання кінцевих матеріалів. Багато зі звичайних високотемпературних реакторів може працювати тільки за періодичної обробки. Хоча деякі системи Холла-Еру можуть працювати за безперервного споживання електрики, ці системи працюють за значно знижених температур зі зменшенням утворення і випромінювання тепла. Із цих переваг включення одного впускного прорізу, який може приймати регульований потік оксиду цільового металу, може полегшувати безперервну обробку. Впускні отвори 220 також можуть містити контактний майданчик або фланець для з'єднання трубопроводу або інших компонентів, пов'язаних із доставлянням матеріалу, які можуть забезпечувати утворення ущільнення навколо впускних отворів. Оскільки відповідне подавальне обладнання може бути з'єднане з кришкою 120 як безпосередньо, так і опосередковано, зняття обладнання для додання інших компонентів може бути утруднене або неефективне. Відповідно, для багатокомпонентних систем або для координування матеріалів електроліту в кришці 120 може бути утворена множина наскрізних впускних отворів 220.

20 У кришці 120 також можуть бути утворені отвори 230, які можуть включати інжекційні отвори, а також вимірювальні отвори. Для деяких операцій може бути корисна інжекція газу під час роботи. Отвори для подачі газу можуть забезпечувати додання до вогнетривкої посудини різних елементів. Отвори для подачі газу, включені до отворів 230, можуть містити сопло або проріз, із яким можна з'єднати газові трубопроводи, або можуть містити впуски, в які можна вставляти газові трубки. Отвори 230 також можуть включати отвори для вимірювального обладнання, включаючи операції вимірювання температури, тиску, електрики тощо. Використовувані датчики та обладнання можуть бути спеціально виконані з можливістю роботи за температур до, вище ніж або приблизно 1000 °С, вище ніж або приблизно 2000 °С, вище ніж або приблизно 3000 °С або вище. Однак із точки зору унікальної роботи за даною технологією можна використовувати множину стандартних датчиків. Описані системи можуть давати локалізований тепловий ефект всередині посудини, який може забезпечувати різні місця навколо посудини, які мають температури, які можуть бути на декілька сотень градусів нижче, ніж у центральній частині посудини. Це може забезпечувати вбудовування датчиків й іншого обладнання, яке традиційно не можна було задіяти в деяких звичайних системах, таких як електродугові печі, через випромінювальну теплопередачу за температур, які можуть перевищувати 2000 °С. Аналогічно до інших отворів, утворених у кришці 120, отвори 230 можуть забезпечувати ущільнення для обмеження або запобігання втрати(-і) або розпилення(-ю) газу з вогнетривкої посудини.

40 Кришка 120 також може містити прорізи 240 доступу, які можуть проходити з кришки 120 у різних напрямках, місцях розташування або під різними кутами. Прорізи доступу можуть містити нарізні ділянки або інші з'єднання з прокладками або фланцями, які можуть забезпечувати ущільнення прорізів доступу з кришкою або іншим засобом затуляння під час роботи для обмеження або запобігання вивільнення(-ю) газу. Прорізи доступу можуть сприяти візуальному огляду, тестуванню або іншим операціям за рахунок забезпечення різного доступу до зон вогнетривкої посудини. Як показано, прорізи 240 доступу можуть бути розподілені навколо кришки 120 для надання доступу до різних зон вогнетривкої посудини під час роботи. У кришці 120 може бути будь-яка кількість отворів кожного типу, і показана конфігурація є всього лише однією можливою конфігурацією, охоплюваною даною технологією. Має бути зрозуміло, що дана технологія аналогічним способом охоплює інші конфігурації, кількості отворів і комбінації отворів.

50 На фіг. 3 показано додатковий схематичний вигляд у розрізі вогнетривкої посудини 300 згідно з варіантами здійснення даної технології. Вогнетривка посудина 300 може мати додаткову конфігурацію матеріалів, до якої може входити порошок шар 310. Порошковий шар 310 може бути або включати будь-які з описаних вище матеріалів і може ставати структурно отвердженим за робочих температур, які можуть підійматися вище ніж 1000 °С. Порошковий шар 310 може щонайменше частково утворювати бічні стінки вогнетривкої посудини 300. Вогнетривка посудина 300 також може містити шар 320 сумісності. Шар 320 сумісності може утворювати внутрішню основу вогнетривкої посудини 300 і може утворювати отвори, крізь які можуть бути розподілені електропровідні елементи струмовідводу. Як показано, шар 320 сумісності може разом із порошковим шаром 310 також щонайменше частково утворювати бічні стінки вогнетривкої посудини. Шар 320 сумісності може бути виконаний хімічно, термічно або іншим способом, сумісним із матеріалами, які містяться

всередині вогнетривкої посудини. Вогнетривка посудина 300 також може містити ізоляційний матеріал 330, який міститься у зовнішній зоні навколо вогнетривкої посудини 300.

5 Характеристики вогнетривкої посудини 300 можуть бути частково основані на використуваних під час створення посудини матеріалах. Наприклад, до характеристик вогнетривкої посудини можуть робити внесок оксид алюмінію, оксид магнію, оксид цирконію або інші матеріали. Наприклад, питомий опір вогнетриву може бути в діапазоні від більш ніж або
10 приблизно $1,0 \cdot 10^{24}$ Ом·м за температур від нижче приблизно 500 °С до менше ніж або приблизно $1,0 \cdot 10^9$ Ом·м за температур вище ніж 1000 °С і може мати будь-яке значення в цьому діапазоні. Крім того, відсоткова частка іонної провідності за температур вище ніж 500 °С може варіювати залежно від матеріалів. За використання матеріалів зі зниженим іонним перенесенням іонна провідність може опускатися до нуля відсотків, тоді як за використання матеріалів із більш високим іонним перенесенням іонна провідність може досягати 100 відсотків і може мати будь-яке значення в цьому діапазоні.

15 Вогнетривка посудина може характеризуватися коефіцієнтом теплового розширення, який також залежить від використаних у посудині матеріалів. Наприклад, коефіцієнт теплового розширення вогнетриву може становити від приблизно 2 мкм/м·°С до приблизно 18 мкм/м·°С або більше, і може мати будь-яке значення в цьому діапазоні. Його значення можна регулювати залежно від робочих температур, і воно може характеризуватися залежною від температури зміною від приблизно -1 до приблизно +1 зі зміною матеріалів і робочих температур.
20 Вогнетривка посудина також може характеризуватися пористістю, яка частково залежить від матеріалів і формування посудини. У варіантах здійснення вогнетрив може характеризуватися пористістю від менше ніж або приблизно 10 % до більше ніж або приблизно 80 % і може мати будь-яку конкретну пористість у межах цього діапазону. Пористість може підвищувати ізоляційну здатність вогнетриву і в деяких варіантах здійснення пористість може становити
25 більше ніж або приблизно 50 %.

Звертаючись до фіг. 4, там показано схематичний вигляд у перспективі струмовідводу 400 згідно з варіантами здійснення даної технології. Як показано, струмовідвід 400 може містити блок 420, який може містити одну або більше електропровідних шин 430 для забезпечення електричного зв'язку з металургійним агрегатом. Струмовідвід 400 також може містити множину струмопровідних виступів 425, які виступають із блока 420. Струмопровідні виступи 425 можуть
30 бути введені за певним рисунком, як показано, але їх число і рисунок можуть бути задані для конкретної металургійної посудини.

Число і розташування струмопровідних виступів 425 можуть впливати на тепловий потік і теплову потужність посудини, а отже, регулюючи число і розташування струмопровідних елементів, систему можна регулювати низкою способів для встановлення стабільності або
35 рівноваги всередині посудини. Відповідно, для ілюстративних металургійних агрегатів і посудин за даною технологією струмопровідні елементи можна розташовувати вздовж блока 420 струмовідводу за рисунком, призначеним для забезпечення теплової і гідравлічної рівноваги по всій вогнетривкій посудині під час роботи. Такий рисунок може набувати множину різних геометричних форм залежно від розміру і форми посудини, а число та інтервал струмопровідних виступів також можна модифікувати аналогічним способом.

У деяких варіантах здійснення струмовідвід і/або анод можуть бути не з'єднані електрично з посудиною. Ці компоненти також можуть бути електрично ізольовані від кришки. Посудина може мати можливість бути електрично плаваючою, що може обмежувати або запобігати
45 електричне(-ому) заземлення(-ю) електрохімічної ванни. Отже, під час технологічних подій, у яких блукаючий струм замикає внутрішній вміст на посудину або кришку, необов'язково має місце замикання на землю.

За рахунок впливу на потік тепла і електроенергії через ванну струмопровідні виступи також можна використовувати для регулювання форми і місця розташування металовмісного
50 матеріалу, який знаходиться всередині металургійного агрегату. Наприклад, у промислових електролізних ваннах можна використовувати або формувати шар рафінованого металу для одержання стратифікованих шарів матеріалу у вогнетривкій посудині з більш щільним рафінованим металом уздовж основи вогнетривкої посудини. Однак цей шар може бути відносно товстим для того, щоб зберігати плоский профіль у вогнетриві. Конфігурація струмопровідних виступів може впливати на струм через систему, який може бути сконфігурований так, щоб примусити плавкий шар лежати плоским у вогнетриві.
55

У багатьох конфігураціях за даною технологією розплавлений метал, який утворився вздовж основи вогнетривкої посудини, під час роботи може слугувати катодом. Струмопровідні виступи або штирі 425 можуть бути введені залежно від їх електропровідних якостей, і у варіантах
60 здійснення вони можуть містити метал. Наприклад, у варіантах здійснення струмопровідні

виступи 425 можуть бути із або містити срібло, мідь, золото, алюміній, цинк, нікель, латунь, бронзу, залізо, платину, вуглецевмісний матеріал, свинець або сталь. У одному варіанті здійснення струмопровідні виступи 425 можуть містити мідь, яка має температуру плавлення нижче ніж 1100 °С. Однак, якщо рафінованим металом є, наприклад, залізо, рідке залізо може мати температуру понад 1500 °С. Відповідно, розплавлений метал може плавити струмопровідні виступи 425 із одержанням розплавленої суміші струмопровідних елементів і рафінованого металу.

Струмопровідні виступи можуть бути з металу з більш низькою температурою плавлення, ніж температура плавлення рафінованого матеріалу всередині посудини. У такому випадку частина струмопровідних виступів 425, яка контактує з матеріалом всередині посудини, також може плавитися. Через відносно стабільну температуру за межами температури плавлення матеріалу всередині посудини тепло може деякою мірою передаватися через вогнетривку основу 114 і струмопровідні виступи 425. Це може викликати плавлення щонайменше частини струмопровідних виступів 425. Цей рідкий матеріал, який також може містити суміш рафінованого матеріалу, може заповнювати будь-який проміжний простір між струмопровідними стрижнями і отвором перед повторним твердненням всередині отвору під штир або описаних вище отворів 116 у міру переміщення металу далі від теплового центру. Під час роботи це може захищати від витікання розплавленого матеріалу через отвір до струмовідводу, що за відсутності регулювання може викликати вихід системи з ладу. Відповідно, матеріали можуть бути здатні до «самозаліковування» всередині конструкції. У варіантах здійснення також може бути забезпечене додаткове охолодження струмопровідних елементів, наприклад, за допомогою теплопередачі в повітря, воду або яексь інше текуче середовище, яке може переносити тепло від струмопровідних елементів.

Кожний із отворів може характеризуватися об'ємом, призначеним для розміщення всередині кожного з множини отворів щонайменше частини кожного зі струмопровідних елементів у розплавленому стані. Він може містити розплавлену суміш струмопровідних виступів і рафінованого матеріалу. У варіантах здійснення довжину струмопровідних виступів можна підтримувати на рівні або нижче за рівень, який дорівнює товщині вогнетривкої основи 114. При цьому матеріал всередині вогнетриву може зберігатися в істотно більш чистому стані, а коли цей матеріал видаляють, або випускають, менш імовірно також витягування матеріалу зі струмопровідних елементів.

На фіг. 5 представлено схематичний вигляд у перспективі ілюстративної металургійної системи 500 згідно з варіантами здійснення даної технології. Металургійна система 500 може містити деякі або всі компоненти металургійного агрегату 100, як описано вище. Наприклад, металургійна система 500 може містити вогнетривку посудину 110. Вогнетривка посудина 110 може мати проріз 502 для забезпечення доступу з метою випускання металу з вогнетривкої посудини 110. У варіантах здійснення проріз 502 може містити зливний носок або з'єднувач для з'єднання каналу для видачі рафінованого матеріалу з вогнетривкої посудини 110. Металургійна система 500 також може містити кришку 120, яка може бути виконана з можливістю утворення по суті герметичного ущільнення з вогнетривкою посудиною 110, як описано вище. Кришка 120 також може утворювати множину отворів, як зазначалося вище щодо фіг. 2.

Металургійна система 500 також може містити вузол 510 кріплення електрода. Вузол кріплення електрода може містити низку компонентів для керування використанням і рухом електрода системою, який у варіантах здійснення може бути анодом. Вузол 510 кріплення електрода може містити вертикально переміщуваний тримач 515. Тримач 515 може бути виконаний із можливістю сполучення з електродом 520, який може бути аналогічним до описаного вище анода 140. Тримач 515 також може електрично з'єднувати електрод 520 із джерелом живлення для роботи металургійної системи. У деяких конфігураціях або варіантах технологічного застосування металургійної системи 500 може відбуватися витрачання або пошкодження електрода 520, який потенційно потребуватиме заміни. Відповідно, тримач 515 може бути підібраний за розмірами для одночасного розміщення щонайменше частини першого електрода і частини другого електрода, забезпечуючи безперервне використання електрода, без необхідності в перестой системи для перенесення компонентів. Під час роботи електрод 520, який може бути анодом, може проходити у внутрішній об'єм вогнетривкої посудини 110, як описано вище, через газонепроникне ущільнення 130, сполучене з кришкою 120. Потім дистальна частина електрода 520 може бути сполучена з вертикально переміщуваним тримачем 515, який може бути з'єднаний із механізмом для поступального переміщення анода під час роботи металургійної системи 500.

У деяких варіантах здійснення вузол 510 кріплення електрода і вогнетривка посудина 110

можуть бути окремо розташованими компонентами залежно від розміру системи або об'ємних вимог. Крім того, як показано, один або обидва з вузла 510 кріплення електрода і вогнетривкої посудини 110 можуть бути вбудовані в основу 525 системи, виконану з можливістю підтримки і рознесення компонентів один щодо одного для використання в процесі. Як зазначалося раніше, струмовідвід 125 може знаходитися під вогнетривкою посудиною 110, і, отже, основа 525 системи може бути виконана з можливістю розміщення струмовідводу 125. Як показано, основа 525 системи може містити платформу 527, на якій може підтримуватися вогнетривка посудина 110. Платформа 527 може мати форму рами для забезпечення доступу з метою проходження струмопровідних виступів струмовідводу 125 до вогнетривкої посудини 110 і електричного з'єднання з вогнетривкою посудиною 110. Струмовідвід 125 може бути розташований між платформою 527 і основою 525 системи. У варіантах здійснення струмовідвід може бути з'єднаний із основою 525 системи або платформою 527, у той час як у інших варіантах здійснення струмовідвід може бути не з'єднаний з будь-якою конструкцією, а може бути сполучений із і підтримуватися вогнетривкою посудиною 110. Платформа 527 також може забезпечувати захист над з'єднаннями шин струмовідводу 125, де можуть бути зроблені електричні з'єднання.

Вузол 510 кріплення електрода може містити множину компонентів, щоб зробити можливим точне регулювання руху електрода 520. Оскільки електрод 520 може бути розташований по центру над вогнетривкою посудиною 110, вузол 510 кріплення електрода може бути розташований збоку від вогнетривкої посудини 110, проходячи щонайменше частково упоперек вогнетривкої посудини 110 для сполучення з електродом 520. Вузол 510 кріплення електрода може містити щонайменше одну стаціонарну конструкцію і щонайменше одну поступально переміщувану конструкцію, які працюють у поєднанні для керування рухом електрода 520. Наприклад, вузол 510 кріплення електрода може містити станину 530, яка у варіантах здійснення може бути стаціонарною. Наприклад, станина 530 може бути нерознімно з'єднана з основою 525 системи або якоюсь іншою конструкцією, на якій знаходиться металургійна система 500. Станина 530 може містити напрямний пристрій або інші пристрої, на яких може проходити струмознімач 535. Струмознімач 535 може бути рухомо з'єднаний із будь-яким із компонентів станини 530, таким як показаний напрямний пристрій 540.

Або струмознімач 535, або станина 530 можуть містити моторизований засіб керування для вертикального переміщення струмознімача 535 на станині 530. Наприклад, струмознімач 535 може містити моторизований засіб керування, який дає змогу струмознімачу переміщатися і зупинятися в будь-якій кількості місць вздовж напрямного пристрою 540. Направний пристрій 540 також може слугувати для спрямування струмознімача 535, у той час як додаткова конструкція, така як напрямна 545, може забезпечувати вертикальний рух струмознімача 535. Напрямна і/або струмознімач можуть містити ланцюговий або гвинтовий привід, який дає змогу струмознімачу 535 здійснювати невеликі рухи вздовж станини 530. Крім того, станина 530 може містити моторизований регулятор, який може включати або іншим способом приводити в рух напрямну 545, яка може регулювати висоту струмознімача 535 вздовж напрямного пристрою 540. Має бути зрозуміло, що ці варіанти здійснення є всього лише прикладами, і даною технологією аналогічно охоплюється будь-яка кількість інших можливостей забезпечення вертикального поступального переміщення струмознімача 535.

Вузол 510 кріплення електрода також може містити ферму 550, з'єднану зі струмознімачем 535. Ферма 550 може містити щонайменше один, два або більше важелів, з'єднаних зі струмознімачем 535. Як показано, ферма 550 містить два важелі, з'єднані з протилежними сторонами струмознімача 535 навколо станини 530. Ферма 550 може з'єднувати вертикально переміщуваний тримач 515 зі струмознімачем 535. Через розміри вогнетривкої посудини 110 і місця розташування анода 520 ферма 550 може проходити одним або більше способами збоку від станини 530 у положення на відносній лінії із центральною частиною кришки 120. Наприклад, як показано, ферма 550 може являти собою або містити зігнуту конструкцію або зігнуті компоненти, які проходять від першого кінця ферми 550, з'єданого зі струмознімачем 535, до другого кінця, з яким з'єднаний вертикально переміщуваний тримач 515. Другий кінець ферми 550 може згинатися до того місця, яке позиціонує вертикально переміщуваний тримач 515 на одній лінії із отвором, таким як центральний отвір кришки 120. У інших прикладах ферма 550 може містити множину деталей, таких як L-подібний або інший багатодетальний елемент, який включає вертикальну складову, а також поперечну складову. Наприклад, ферма 550 може позиціонувати тримач в осьовому суміщенні щодо вертикальної осі з отвором кришки 120, таким як центральний отвір 132, як описано вище.

Хоча по всьому представленому розкриттю згадується ферма, має бути зрозуміло, що термін «ферма» для ферми 550 призначений охоплювати або визначатися як будь-який

несучий елемент, такий як підпора, балка, скоба, брус, плече, розпірка або будь-який опорний або конструктивний елемент або елементи, які у варіантах здійснення можуть бути зв'язані зі станиною і анодом. Хоча показана конкретна ферма, має бути зрозуміло, що з тим самим ефектом можна використовувати різні механічні опори, які охоплюються даною технологією

5

Металургійна система 500 також може містити електричні системи. На основі 525 системи може бути розташована катодна шина 555, яка може забезпечувати місце електричного з'єднання з джерелом живлення (не показано). Аналогічним способом на станині 530 може бути розташована анодна шина 560, яка може забезпечувати місце електричного з'єднання з джерелом живлення (не показано). Два з'єднувачі шини можуть забезпечувати з'єднання металургійної системи 500 із джерелом електроенергії як елементом живлення, який дає змогу кожному електроду діяти як анод або катод системи залежно від конкретної схеми підключення. Для роботи або забезпечення рушійної сили струмознімачу 535 може бути передбачене окреме джерело живлення. Відповідно, у варіантах здійснення вузол 510 кріплення електрода може

10

15

бути з'єднаний із двома джерелами живлення, причому перше джерело живлення електрично з'єднане через вертикально переміщуваний тримач або ферму з електродом 520, а друге джерело живлення електрично з'єднане зі струмознімачем.

На фіг. 6 представлено схематичний вигляд у перспективі ілюстративної металургійної системи 600 згідно з варіантами здійснення даної технології. Металургійна система 600 може містити деякі або всі компоненти металургійного агрегату 100, які описано вище, і може містити деякі або всі компоненти металургійної системи 500, які описано вище. Наприклад, металургійна система 600 може містити вогнетривку посудину 110. Металургійна система 600 також може містити кришку 120, яка може бути виконана з можливістю утворення по суті герметичного ущільнення з вогнетривкою посудиною 110, як описано вище. Кришка 120 також може утворювати множину отворів, як зазначалося вище щодо фіг. 2. Наприклад, кришка 120 може містити щонайменше один випускний проріз 210 і може містити щонайменше один впускний проріз 220. Металургійна система 600 також може містити описаний раніше вузол 510 кріплення електрода.

20

25

Металургійна система 600 також може містити відповідні системи для подачі і видалення матеріалів із вогнетривкої посудини. Наприклад, металургійна система 600 може містити систему 610 випуску, виконану з можливістю приймання або видалення матеріалів із вогнетривкої посудини 110. Система 610 випуску може містити трубопровід, з'єднаний із кришкою 120 на випускному прорізі 210. Як пояснювалося вище, кришка 120 може забезпечувати герметичне ущільнення з вогнетривкою посудиною 110 для стримування пари, яка утворюється, наприклад, кисневмісних матеріалів, які виділяються на аноді. Ці газоподібні речовини можна видаляти з вогнетривкої посудини 110 через трубопровід, з'єднаний із випускним прорізом 210. У варіантах здійснення трубопровід може містити один або більше клапанів, які забезпечують регульоване видалення газоподібних речовин із вогнетривкої посудини. Наприклад, хоча в деяких варіантах здійснення відхідна пара може вільно витікати з вогнетривкої посудини 110 через трубопровід, з'єднаний із випускним прорізом 210, у деяких варіантах здійснення можна регулювати доступ через випускний проріз 210, щоб він виникав зі встановленими інтервалами, наприклад, коли всередині вогнетривкої посудини нагромадилася кількість газоподібних речовин. Наприклад, датчики можуть виявляти наростання всередині вогнетривкої посудини 110 тиск, який може автоматично або іншим способом запускати вивільнення газу з посудини до системи 610 випуску.

30

35

40

45

Система 610 випуску може містити будь-яку кількість фільтрів, скрубєрів або пристроїв обробки для сприяння уловлюванню і/або обробці газоподібних речовин із металургійної системи 600. Наприклад, деякі технологічні побічні продукти можуть містити кисень, який можна відфільтрувати під час його виходу з вогнетривкої посудини 110, а потім збирати. Система 610 випуску може містити відстійний бак 612, виконаний із можливістю забезпечення видалення дисперсного матеріалу (частинок) із речовин, які випускаються. Оскільки під час роботи може утворюватися застигла кірка електроліту, може бути забезпечений додатковий доступ для пробивання кірки для доступу газоподібним речовинам, які містяться всередині. Видалення може виносити дисперсний матеріал із кірки або із внутрішніх матеріалів, який може осідати в баку 612 в міру доставляння газоподібних речовин через систему 610 випуску. У інших варіантах здійснення відхідні газоподібні речовини можуть включати гази, які можна обробляти з екологічних причин або для того, щоб уловлювати більш цінний продукт. Оскільки газоподібні речовини можуть виходити з вогнетривкої посудини за температур у сотні або тисячі градусів, їх тепло можна використовувати, щоб викликати протікання обробки. Наприклад, може бути введений каталітичний конвертер із системою уловлювання повітря, який може забезпечувати

50

55

60

вихід відхідних речовин для перетворення, наприклад, із монооксиду вуглецю на діоксид вуглецю. Система 610 випуску також може містити апарат для збору монооксиду вуглецю. Крім того, може бути введений пальник 614 із джерелом повітря або кисню для окиснення відхідних потоків до альтернативних речовин. Система 610 випуску також може містити шафу 616, яка може містити органи керування і системи подачі текучого середовища для використання під час збору і/або обробки відхідних газів.

Металургійна система 600 також може містити систему 620 подачі, функціонально зв'язану з одним або більше впускних прорізів 220. Знову ж система 620 подачі може бути з'єднана з кришкою 120 для збереження герметичного ущільнення із системою. Система подачі може забезпечувати доставляння вихідного матеріалу до вогнетривкої посудини 110 для одержання цільового матеріалу. Наприклад, через систему 620 подачі до вогнетривкої посудини 110 можуть доставлятися оксиди цільового металу. Система подачі може доставляти матеріал безперервно, або ж доставляння може бути структуроване згідно з виробництвом і видаленням цільового матеріалу, наприклад, періодичне доставляння або доставляння партій матеріалів, яке може забезпечувати безперервну роботу вогнетривкої посудини 110 і металургійної системи 600. Система 620 подачі також може містити інструмент для пробиття кірки електроліту перед доставлянням матеріалу до вогнетривкої посудини. У варіантах здійснення у кришці може бути множина впускних прорізів, для доставляння множини матеріалів або доставляння до різних зон посудини можна використовувати додаткові системи подачі.

Вище описані системи і пристрої можна використовувати в низці способів обробки матеріалів. На фіг. 7 представлено вибрані операції в ілюстративному способі 700 використання металургійної системи згідно з даною технологією. У цих способах можна використовувати будь-які або всі з вище описаних пристроїв або систем у множині різних операцій від рафінування металів до обробки й одержання сплавів та інших продуктів із множини різних сировинних матеріалів.

За операції 710 вихідну кількість матеріалу можна вмістити у вогнетривку посудину 110. Матеріали можуть включати щонайменше деякі з металів або металовмісних матеріалів, таких як руда, електроліт, шлак, кокс, або інші вогнетривкі або пічні матеріали. Залежно від типу печі або способу експлуатації електрод 140 може бути або анодом, або катодом, зв'язаним із множиною струмопровідних елементів, і під час роботи може мати будь-яку полярність. Наприклад, за електролізу розплавлених оксидів електрод 140 може бути анодом, і струм може подаватися через анод до поміщених всередині посудини матеріалів і через струмопровідні виступи 425 до струмовідводу 125. За операції 720 подаваний струм може створювати джоулеве нагрівання всередині вогнетривкої посудини, що може розпочати обробку матеріалів. Для виділення тепла через систему можна подавати великий струм, який може становити сотні, тисячі або сотні тисяч амперів. Наприклад, у варіантах здійснення струм може становити між приблизно 1000 і приблизно 5000 амперів або може становити між приблизно 5000 і приблизно 10000 амперів. Струм може бути будь-якої окремої величини в межах цих діапазонів, наприклад 4000 амперів або може бути вище або нижче за будь-які із вказаних чисел. Тепло, яке виділилося, може створювати в посудині температури, достатні для плавки матеріалів всередині посудини.

В міру плавлення матеріалів може відбуватися окисно-відновний процес для розділення матеріалів. Наприклад, якщо в матеріалах, які підлягають рафінуванню, містяться оксиди металів, такі як, наприклад, оксид заліза, оксид алюмінію тощо, до анода 140 можуть рухатися і окиснюватися на ньому кисневмісні іони, в той час як іони металів рухаються до струмовідводу 125 і відновлюються. Метал, який може утворюватися на вогнетривкій основі 114 у внутрішній зоні 115, може бути розплавленим, негативно зарядженим металом і тому може слугувати катодом у процесі, приймаючи електрони зі струмопровідних виступів струмовідводу 125. За операції 730 цей негативно заряджений розплавлений метал можна рафінувати під час процесу і виводити або діставати з посудини через один або більше прорізів 502. Іони кисню можуть утворювати на аноді 140 газоподібний кисень, і в посудині можуть виникати і вивільнятися пухирці газоподібного кисню, діоксиду вуглецю, монооксиду вуглецю або інших газоподібних речовин. Оскільки за операції 730 із системи дістають одержаний розплавлений метал, об'єм матеріалу всередині вогнетривкої посудини 110 може зменшуватися. Якщо компоненти системи не регулювати, анод 140 може втратити контакт із матеріалами електроліту. Відповідно, за операції 740 під час роботи, а також або під час видобування анод 140 можна модулювати за вертикаллю для збереження контакту з матеріалами всередині вогнетривкої посудини 110. Аналогічним способом у міру подачі додаткового матеріалу до вогнетривкої посудини 110 всередині посудини рівень матеріалу може підійматися, і анод 140 може бути піднятий.

Матеріали електроліту, використовувані в операціях обробки, можна вибирати залежно від одержуваних матеріалів. У варіантах здійснення ряд електролітів, використовуваних для одержання електролізом оксидів металів щодо більш реакційноздатних металів, може включати оксиди металів, а також суміші оксидних речовин. Ілюстративні оксиди металів можуть включати BeO, CaO, MgO, SrO і BaO. Крім того, разом із будь-якими іншими різновидами оксидів можна вводити оксиди Al, Si, Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm або Yb. Представлену систему також можна використовувати з радіоактивними металами і будь-якими іншими матеріалами, які можуть сприяти обробці згідно з даною технологією. Пропорції оксидів, включених до сумішей електролітів, можна вибирати так, щоб вони відповідали необхідним фізичним і хімічним властивостям для видобування цільового металу електролізом розплавлених оксидів. Фізичні властивості можуть включати те, що електроліт є менш щільним, ніж цільовий метал або цільовий сплав, коли цільовий метал відновлюють в основний сплав. У деяких варіантах здійснення різниці щільності може становити щонайменше приблизно 0,2 г/см³, хоча в деяких варіантах здійснення різниці щільності може бути більше або менше, хоча більші значення можуть полегшувати розділення. Крім того, матеріали електроліту можуть характеризуватися підвищеною щільністю порівняно із цільовими матеріалами, що може відбуватися, наприклад, за обробки сплавів.

Робота систем згідно з даною технологією може проходити в діапазоні значень, які можуть бути частково залежні від оброблюваних матеріалів. Наприклад, густини анодного і катодного струму можуть мати середні значення в діапазоні значень. Густини катодного струму можуть бути в діапазоні від менше ніж або приблизно 0,3 А/см² до приблизно 10 А/см² або більше. Густини анодного струму можуть бути в діапазонах, які частково залежать від використовуваного матеріалу анода. Наприклад, інертні аноди можуть працювати в межах меншого діапазону густини струму порівняно з графітом або іншими анодними матеріалами. Згідно з даною технологією, інертні матеріали анода можуть працювати за густини струму від менше ніж або приблизно 2 А/см² до приблизно 10 А/см² або більше. Крім того, графітні матеріали анода можуть працювати за густини струму від менше ніж або приблизно 0,5 А/см² до приблизно 40 А/см² або більше. Різниці напруг між матеріалами анода і катода можуть аналогічно варіювати залежно від матеріалу, використовуваного для анода, причому інертні матеріали утворюють більш вузьке технологічне вікно. Наприклад, у комбінаціях із використанням інертного матеріалу анода різниці напруг між анодом і катодом можуть бути в діапазоні між приблизно 1 В і приблизно 110 В або більше. Крім того, в комбінаціях із використанням графіту або іншого анодного матеріалу різниці напруг між анодом і катодом можуть бути в діапазоні між приблизно 1 В і приблизно 130 В або більше.

У попередньому описі з метою пояснення було викладено багато подробиць із тим, щоб забезпечити розуміння різних варіантів здійснення даної технології. Однак фахівцеві в даній галузі техніки має бути ясно, що деякі варіанти здійснення можна реалізовувати без деяких із цих подробиць або з додатковими подробицями.

Після розкриття декількох варіантів здійснення фахівцям у даній галузі техніки має бути ясно, що можна використовувати різні модифікації, альтернативні конструкції та еквіваленти без відхилення від суті варіантів здійснення. Крім того, щоб уникнути непотрібного ускладнення розуміння даної технології, низку добре відомих процесів і елементів не було описано. Відповідно, вищенаведений опис не слід сприймати як такий, що обмежує обсяг охорони даної технології.

Коли зазначено діапазон значень, потрібно розуміти, що, якщо в контексті явно не вказано інше, між верхньою і нижньою межами цього діапазону також конкретно розкрито кожне проміжне значення, до найменшої частки одиниці нижньої межі. Охоплено будь-який більш вузький діапазон між будь-якими вказаними значеннями або невказаними проміжними значеннями у вказаному діапазоні і будь-яке інше вказане або проміжне значення в цьому вказаному діапазоні. До діапазону можна незалежно включати або виключати верхню і нижню межі цих менших діапазонів, і технологія також охоплює кожний діапазон, де кожна, жодна або обидві межі включено до менших діапазонів, з урахуванням будь-якої спеціально виключеної межі у вказаному діапазоні. Коли вказаний діапазон включає одну або обидві межі, також включено діапазони з виключеною кожною або обома цими включеними межами. Коли списком представлено багато значень, аналогічним способом конкретно розкрито будь-який діапазон, який охоплює або оснований на будь-якому із цих значень.

У рамках винаходу і в доданій формулі винаходу, якщо в контексті явно не вказано інше, форма однини включає форму множини. Отже, наприклад, посилання на «матеріал» включає багато таких матеріалів, а посилання на «ванну» включає посилання на одну або більше ванн і їх еквіваленти, відомі фахівцям у даній галузі техніки, тощо.

Також слова «містити (містить)», «який містить», «вміщують (вміщує)», «який вміщує», «включати (включає)» і «який має» за використання в цьому описі та в подальшій формулі винаходу призначені вказувати на наявність вказаних ознак, предметів, компонентів або операцій, але вони не виключають наявності або додання однієї або більше інших ознак, предметів, компонентів, операцій, дій або груп.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Металургійний агрегат для виконання електролізу розплавлених оксидів, який містить:
 - 10 вогнетривку посудину, яка має бічні сторони і основу, причому основа утворює множину отворів, які знаходяться по центру всередині основи, при цьому бічні сторони і основа утворюють внутрішній об'єм вогнетривкої посудини, причому вогнетривка посудина містить щонайменше два шари матеріалу, причому зовнішній шар містить ізоляційний матеріал, і при цьому
 - 15 внутрішній шар містить матеріал, виконаний сумісним з електролітом, що міститься у внутрішньому об'ємі вогнетривкої посудини;
 - кришку, що знімається, сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною, причому кришка утворює множину наскрізних отворів; і
 - струмовідвід, суміжний із основою вогнетривкої посудини, причому струмовідвід містить
 - 20 струмопровідні виступи, розташовані всередині згаданої множини отворів, які знаходяться по центру всередині основи.
2. Металургійний агрегат за п. 1, який додатково містить газонепроникне ущільнення, встановлене навколо першого отвору зі згаданої множини утворених у кришці наскрізних отворів, причому газонепроникне ущільнення виконане з можливістю приймання і пропускання
- 25 рухомого анода через газонепроникне ущільнення та утворений у кришці перший наскрізний отвір.
3. Металургійний агрегат за п. 2, в якому газонепроникне ущільнення виконане з можливістю обмеження вивільнення газу з вогнетривкої посудини через перший отвір зі згаданої множини утворених у кришці наскрізних отворів.
4. Металургійний агрегат за п. 1, у якому згадана множина утворених у кришці наскрізних отворів містить випускний отвір, підібраний за розмірами для розподілу газу з вогнетривкої посудини, і впускний отвір, підібраний за розмірами для розподілу матеріалу у вогнетривку посудину.
5. Металургійний агрегат за п. 1, у якому вогнетривка посудина містить порошковий шар, який
- 35 утворює бічні стінки вогнетривкої посудини, і шар сумісності, який утворює основу вогнетривкої посудини, і при цьому шар сумісності також утворює бічні стінки вогнетривкої посудини.
6. Металургійний агрегат за п. 1, у якому вогнетривка посудина додатково містить проміжний шар матеріалу, розташований із утворенням щонайменше частини внутрішнього об'єму вогнетривкої посудини.
- 40 7. Металургійний агрегат за п. 1, у якому внутрішній шар характеризується питомою теплопровідністю нижче ніж або $25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.
8. Металургійний агрегат за п. 1, у якому ізоляційний матеріал характеризується питомою теплопровідністю нижче ніж або $5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.
9. Металургійний агрегат для виконання електролізу розплавлених оксидів, який містить:
 - 45 вогнетривку посудину, яка має основу, причому основа утворює множину отворів, які знаходяться по центру всередині основи, причому вогнетривка посудина містить щонайменше два шари матеріалу, причому зовнішній шар містить ізоляційний матеріал, і при цьому внутрішній шар містить матеріал, виконаний сумісним з електролітом, який міститься у внутрішньому об'ємі вогнетривкої посудини;
 - 50 струмовідвід, суміжний із основою вогнетривкої посудини, причому струмовідвід містить струмопровідні виступи, розташовані всередині згаданої множини отворів, які знаходяться по центру всередині основи; і
 - вузол кріплення електрода, причому вузол кріплення електрода містить:
 - вертикально переміщуваний тримач, при цьому вертикально переміщуваний тримач виконаний
 - 55 із можливістю сполучення з електродом і електричного з'єднання електрода з джерелом живлення;
 - станину, причому станина містить вертикальний напрямний пристрій, і
 - струмознімач, рухомо з'єднаний із вертикальним напрямним пристроєм.
10. Металургійний агрегат за п. 9, який додатково містить основу агрегату, яка містить
- 60 платформу, на якій підтримується вогнетривка посудина.

11. Металургійний агрегат за п. 10, який додатково містить струмовідвід, розташований між платформою і основою агрегату, причому струмовідвід механічно з'єднаний із вогнетривкою посудиною.
- 5 12. Металургійний агрегат за п. 9, у якому вузол кріплення електрода додатково містить ферму, яка з'єднує вертикально переміщуваний тримач зі струмознімачем.
13. Металургійний агрегат за п. 12, у якому ферма являє собою зігнуту ферму, яка проходить від першого кінця на струмознімачі до другого кінця, з яким з'єднаний вертикально переміщуваний тримач.
- 10 14. Металургійний агрегат за п. 13, у якому другий кінець зігнутої ферми позиціонує вертикально переміщуваний тримач в осьовому суміщенні щодо вертикальної осі з отвором кришки, знімно сполученої із вогнетривкою посудиною і виконаної із можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною, причому кришка утворює множину наскрізних отворів.
- 15 15. Металургійний агрегат за п. 9, який додатково містить перше джерело живлення, електрично з'єднане з електродом за допомогою вертикально переміщуваного тримача, і друге джерело живлення, електрично з'єднане зі струмознімачем.
16. Металургійний агрегат за п. 9, у якому електрод є анодом, причому перший кінець анода проходить у внутрішньому об'ємі, утвореному вогнетривкою посудиною, і при цьому дистальна частина анода сполучена з вертикально переміщуваним тримачем.
- 20 17. Металургійний агрегат для виконання електролізу розплавлених оксидів, який містить: вогнетривку посудину, яка має основу, причому основа утворює множину отворів, які знаходяться по центру всередині основи, причому вогнетривка посудина містить щонайменше два шари матеріалу, причому зовнішній шар містить ізоляційний матеріал, і при цьому внутрішній шар містить матеріал, виконаний сумісним з електролітом, який міститься у внутрішньому об'ємі вогнетривкої посудини;
- 25 струмовідвід, суміжний із основою вогнетривкої посудини, причому струмовідвід містить струмопровідні виступи, розташовані всередині згаданої множини отворів, які знаходяться по центру всередині основи;
- кришку, знімно сполучену з вогнетривкою посудиною і виконану з можливістю утворення ущільнення з вогнетривкою посудиною, причому кришка утворює множину наскрізних отворів, і
- 30 при цьому перший отвір із множини отворів містить випускний проріз;
- вузол кріплення електрода; і
- систему випуску, з'єднану з випускним прорізом кришки, причому система випуску виконана з можливістю окиснення відхідних потоків, які приймаються з вогнетривкої посудини.
- 35 18. Металургійний агрегат за п. 17, у якому другий отвір зі згаданої множини утворених у кришці наскрізних отворів містить впускний проріз, і при цьому металургійний агрегат додатково містить систему подачі, з'єднану з впускним прорізом і виконану з можливістю подачі матеріалу до вогнетривкої посудини.
19. Металургійний агрегат за п. 17, який додатково містить газонепроникне ущільнення, встановлене навколо додаткового отвору зі згаданої множини утворених в кришці наскрізних
- 40 отворів, причому газонепроникне ущільнення підібране за розмірами для прийому і пропускання рухомого анода через газонепроникне ущільнення і утворений в кришці додатковий наскрізний отвір.
20. Металургійний агрегат за п. 17, в якому вогнетривка посудина містить порошковий шар, який утворює бічні стінки вогнетривкої посудини, і шар сумісності, який утворює основу вогнетривкої
- 45 посудини, і при цьому шар сумісності також утворює бічні стінки вогнетривкої посудини.

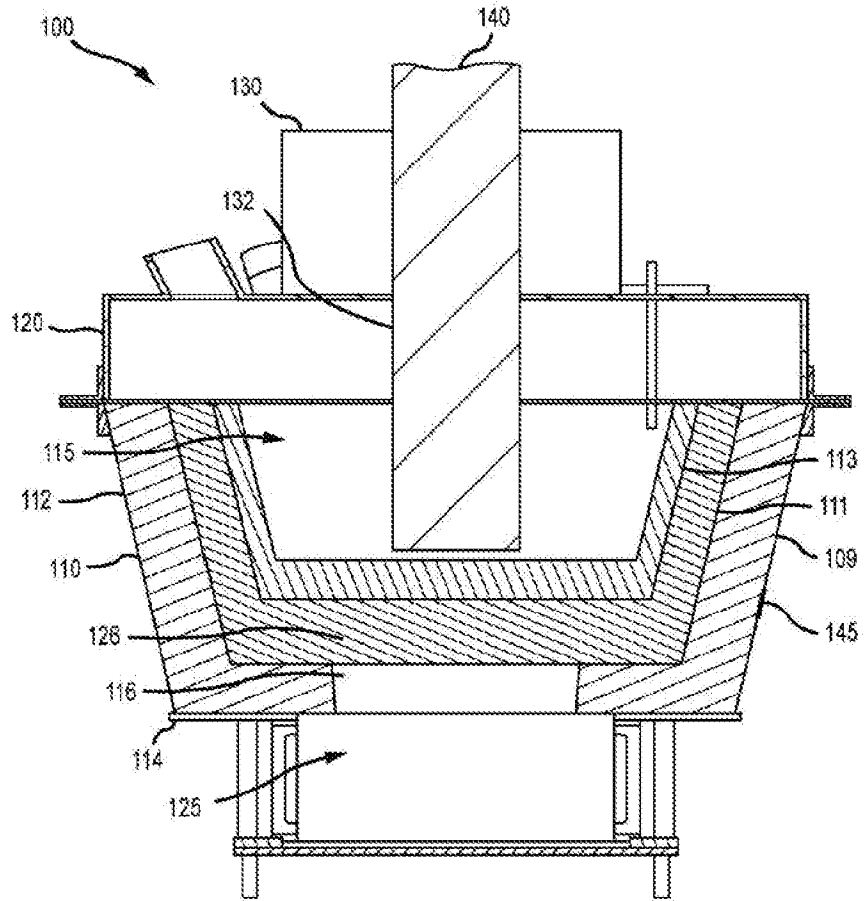


Fig. 1

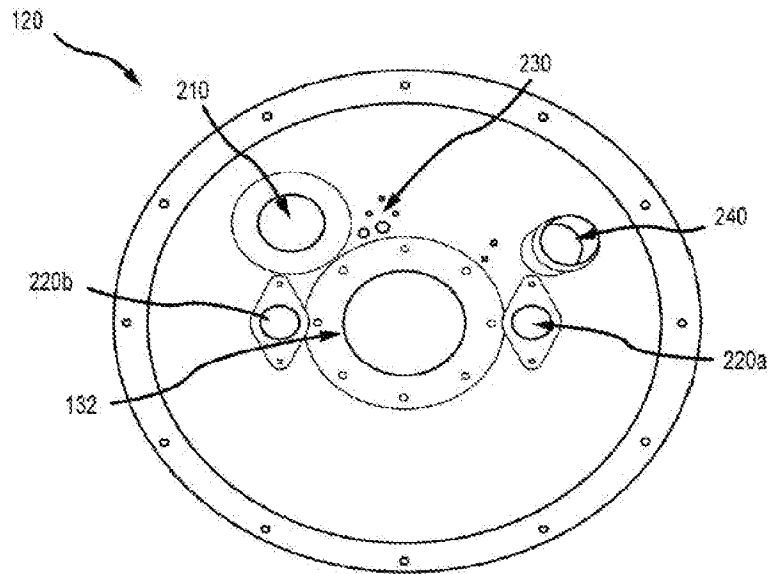


Fig. 2

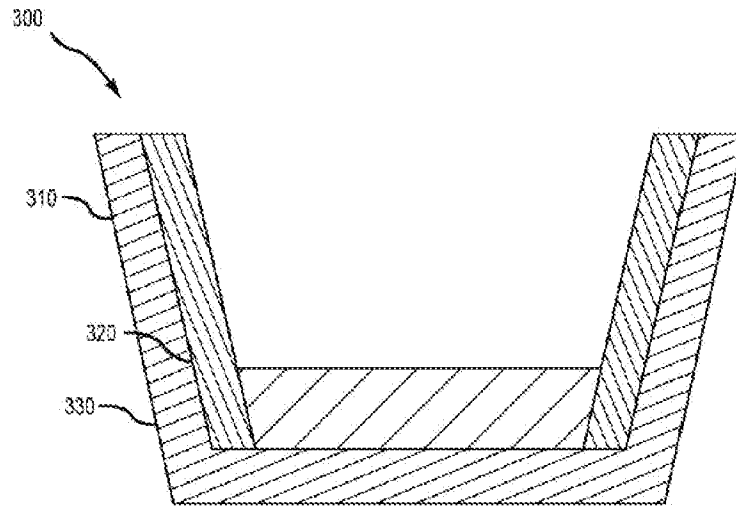


Fig. 3

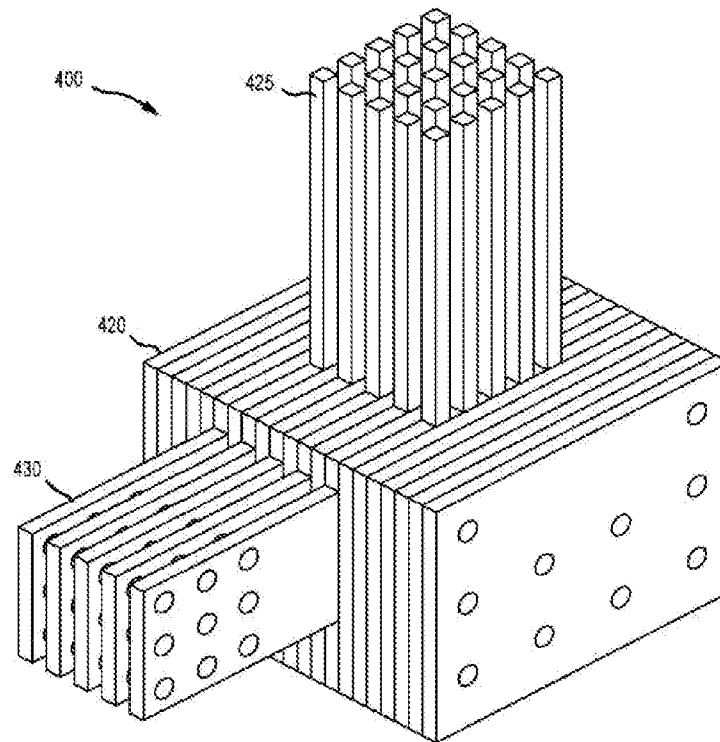


Fig. 4

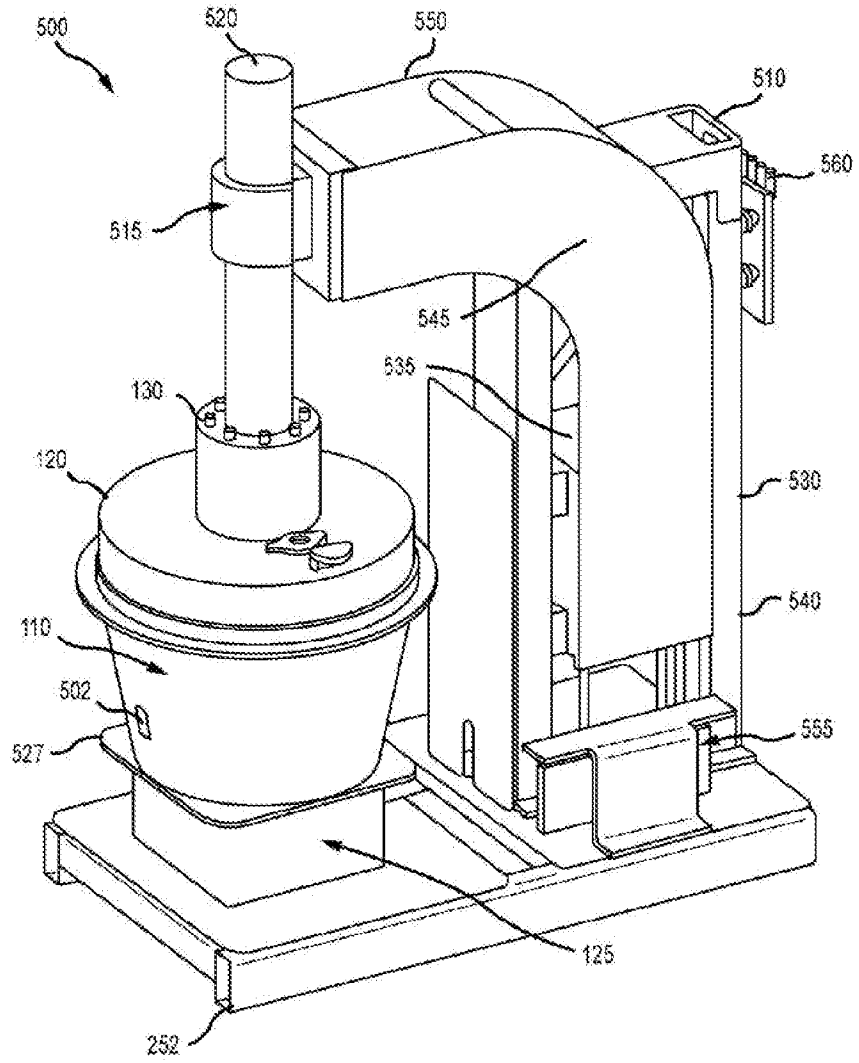


Fig. 5

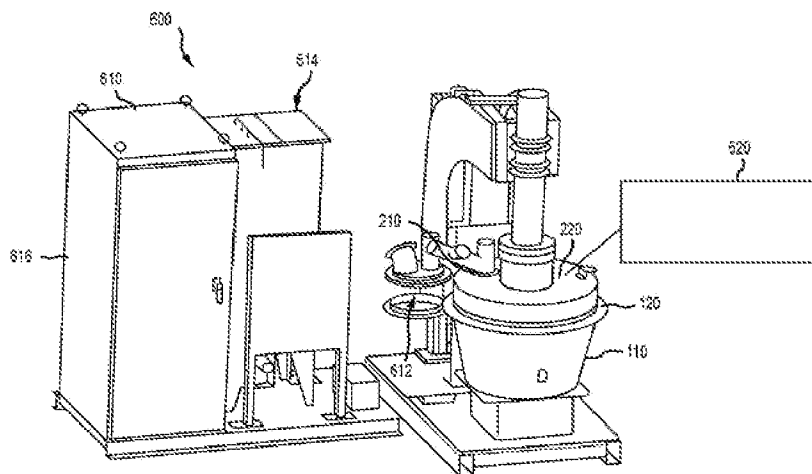


Fig. 6



Фіг. 7