

Даний винахід відноситься до витягання цінних металів з керметного матеріалу, зокрема - керметного матеріалу, з якого складаються позитивні і негативні електроди (анооди). Такі інертні керметні анооди включають в себе інертні або невитратні електроди, що використовуються у виробництві алюмінію електролітичним відновленням глинозему, розчиненого в розплавленій сольовій ванні. Зокрема, даний винахід відноситься до композиції, що містить випалений і/або невивпалений кермет у вигляді, придатному для витягання з нього цінних металів в плавильній печі, зокрема - в плавильній печі для виплавки нікелю або міді, і до способу плавки, в якому дана композиція використовується як вихідна сировина сама по собі або з рудою і/або рудним концентратом.

Алюміній до цього часу отримують з використанням добре відомого електролізера Хола-Еру відтоді, як Чарльз Мартін Хол винайшов спосіб відновлення алюмінію з його фторидних солей електролізом, який є предметом [патенту США №400664, виданого 2 квітня 1889р.]. У цьому способі електролітичного відновлення оксид алюмінію (наприклад, глинозем або Al_2O_3) розчиняють у ванні розплавленої солі. Алюміній, що міститься в глиноземі, відновлюють до металевого або елементарного алюмінію за допомогою електролітичного процесу, в ході якого алюміній з оксиду алюмінію відновлюється на аноді, внаслідок чого утворюється металевий або елементарний алюміній. Протягом багатьох років в даному способі використовувалися вуглецеві анооди. Вуглецеві анооди витрачаються в ході даного процесу, так під час електролізу вуглець взаємодіє з глиноземом з утворенням елементарного алюмінію і діоксиду вуглецю.

З недавнього часу в електролітичному виробництві алюмінію стали використовувати інертні анооди. Такі інертні анооди мають перевагу, яка полягає в тому, що вони не витрачаються під час відновлення алюмінію. Тому дані інертні анооди називають також невитратними аноодами або стабільними за розмірами аноодами.

Інертні або невитратні анооди повинні бути здатні протистояти жорстким умовам, в яких вони використовуються (тобто в розплавленій сольовій ванні, яка містить розчинений глинозем). Крім того, оскільки згадані анооди не витрачаються під час процесу отримання алюмінію, вони повинні протистояти таким надто жорстким умовам протягом значного періоду часу. Зокрема, інертний аноодний матеріал повинен задовольняти ряду важко здійснених умов. Так, наприклад, цей матеріал не повинен реагувати з криолітичним електролітом або розчинятися значною кількістю-небудь мірою в криолітному електроліті, який звичайно використовується в способі Хола-Еру. Аноодний матеріал не повинен реагувати з киснем або корелювати в кисневмісній атмосфері. Такий матеріал повинен бути термостійким при температурах приблизно $1000^{\circ}C$ і повинен мати високу механічну міцність. Аноодний матеріал повинен мати електропровідність більше $1200\text{Om}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ при робочій температурі плавильного електролізера приблизно $950-970^{\circ}C$. Крім того, отриманий з використанням інертних аноодів алюміній не повинен бути в кількість-небудь помітній мірі забруднений компонентами аноодного матеріалу.

Було виявлено, що виготовлені з керметного матеріалу інертні анооди задовольняють вищезгаданим вимогам, що робить їх особливо придатними для застосування в способі Хола-Еру.

Кермети являють собою композиційні матеріали, які мають керамічну фазу і металеву фазу. Вони мають унікальну властивість, яка об'єднує в собі бажані властивості кераміки і металів, включаючи хімічну інертність і електропровідність. Приклади інертних аноодів, виготовлених з кермету, описані в [патентах США №5865980 і 6030518], описи яких включені в даний опис за допомогою даного посилання.

Внаслідок надзвичайно жорсткого робочого середовища в електролізері, з плином часу дані інертні анооди, виготовлені з кермету, необхідно замінювати. Заміна використаних аноодів новими створює проблему їх утилізації, пов'язану з втратою цінних металевих компонентів, що містяться в них. Оскільки типовий інертний аноод містить комбінації металів, які можуть включати в себе нікель, срібло, мідь і залізо, спрямування таких аноодів у відходи буде представляти значну втрату для алюмінієвої промисловості, якщо згадані метали не будуть витягнуті і або продані, або рециркульовані. Інертний аноод, описаний в [патенті США №5865980], містить 14мас.% міді, 7мас.% срібла, 40мас.% оксиду нікелю, 38мас.% заліза і сліди інших металів. Тому спрямування згаданих аноодів у відходи без витягання з них цінних металів буде марнотратним і економічно невигідним.

У деяких інертних аноодних матеріалах знайдені також оксиди олова (JOM Light Metals 1996, «Inert Anodes for the Primary Aluminum Industry» by Rudolf Pawiek, and JOM Light Metals, May 2001, «Cell Operations and Metal Purity Challenges for the use of Inert Anodes» by Thoustad and Olsen»).

Склад і властивості інертних аноодів, які використовуються в промисловості з виробництва алюмінію, представлені в статті [Джозефа Бенедіка (Joseph Benedyk) в JOM Light Metal Age, February 2001]. У вказаній статті зазначається, що кермет складається з керамічної фази і металеві фази, причому керамічна фаза може являти собою матрицю з фериту нікелю з дисперговою в ній металеві фазою, яка може являти собою, наприклад, сплав кольорових металів, таких як мідь або срібло.

Крім використаних керметних аноодів, є також браковані керметні анооди внаслідок розламування, матеріали-інгредієнти кермету і залишки, отримані під час процесу виробництва таких інертних аноодів, а також інертні анооди, які не задовольняють стандартам контролю якості. Такі ж проблеми, вказані вище відносно використаних аноодів, відносяться також до відходів кермету, пов'язаних з вказаними вище матеріалами. Таким чином, вищезгадані проблеми відносяться до використаних і невикористаних інертних аноодів і залишків від виробництва.

Хоча є вельми бажаним витягання цінних металів з вищезгаданих аноодних матеріалів, досі не був запропонований який-небудь економічним чином здійснений спосіб їх витягання, незважаючи на необхідність розв'язання даної проблеми, що є в промисловості. Передбачається, що це є результатом того, що властивість інертності і інші властивості, які роблять дані анооди стійкими в існуючих жорстких умовах в електролізері для електролітичного відновлення алюмінію, роблять витягання цінних металів з цих аноодів надзвичайно важким і таким, що вимагає багато зусиль. До появи даного винаходу не було відомо економічно життєздатних способів витягання цінних металів з таких інертних аноодів. У цей час авторами даного винаходу було виявлено, що цінні метали можуть бути економічним чином витягнуті з даних інертних аноодів і аноодних матеріалів за допомогою плавки, зокрема - в звичайній плавильній печі для виплавки нікелю або міді, при

перетворенні кермету з інертних анодів в композицію, яка може бути піддана плавці в плавильній печі.

Рат (Rath) в [патенті США №4119454] розкриває спосіб витягання цінного чорного металу з сталюого скрапу. У цьому способі використовується стадія плавки, на якій сталюий скрап подають в плавильну піч, внаслідок чого вгорі утворюється шар шлаку і розплавлений шар під цим шаром шлаку. У даному способі передбачене роздільне витягання шарів шлаку і металу. У патенті Рата не розкрито або не запропоновано витягання цінних металів ні з керметного матеріалу взагалі, ні, зокрема, з інертних анодів, які містять кермет. Більше того, в патенті Рата не розкрито або не запропоновано керметна композиція у вигляді, в якому вона може бути легко піддана плавці в звичайній плавильній печі. Крім того, патент Рата жодним чином не стосується розв'язання технічних проблем, пов'язаних з витяганням цінних металів з надзвичайно інертної композиції, яка призначена протистояти жорстким умовам, що використовуються при виплавці алюмінію.

Капанен з співавторами (Karapen et al.) в [патенті США №4029494] розкривають спосіб і пристрій для витягання цінних благородних металів з анодного шламу, отриманого в процесі електролізу міді. Анодний шлам, що містить благородні метали, які витягуються, піддають процесу плавки. У патенті Капанена з співавторами не розкрито, або не запропоновано використання їх способу для витягання цінних металів з анодів, які містять кермет. Крім того, Капанен з співавторами жодним чином не торкаються розв'язання технічних проблем, вказаних вище відносно витягання цінних металів з інертного керметного матеріалу, який призначений протистояти жорстким умовам при виплавці алюмінію.

Сансінеллі (Sancinelli) в [патенті США №5186740] розкриває спосіб попередньої обробки скрапу перед процесом плавки, в якому з цього скрапу витягують цінні метали. Попередня обробка включає в себе зменшення розміру частинок скрапу перед його введенням в плавильну піч і відділення компонентів, таких як органічні матеріали, від скрапу перед процесом плавки. У патенті Сансінеллі не розкритий або не запропонований який-небудь спосіб витягання цінних металів з інертних анодів, які містять кермет. Більше того, оскільки Сансінеллі не торкається витягання цінних металів з кермету, він не вирішує яку-небудь з унікальних проблем, пов'язаних з витяганням цінних металів з інертного кермету, який спеціально призначений протистояти жорстким умовам при виплавці алюмінію.

Елмор з співавторами (Elmore et al.) в [патенті США №4118219] розкривають спосіб, в якому компоненти свинцевих акумуляторних батарей піддають процесу плавки для витягання з них цінних металів. У даному способі виділяють тверду металеву фракцію і направляють її на рафінування, де її сушать, плавлять і/або піддають плавці і рафінують з отриманням свинцевих сплавів, які можуть бути повторно використані в нових батареях. Елмор з співавторами розкривають використання флюсу в процесі плавки і додатково розкривають використання вуглецевої добавки як відновника в процесі плавки. Однак, Елмор з співавторами не розкривають або не пропонують витягання цінних металів з інертних анодів, які містять кермет, і вони жодним чином не торкаються розв'язання вищезгаданих технічних проблем, пов'язаних з витяганням цінних металів з такого інертного матеріалу як кермет.

Огава з співавторами (Ogawa et al.) в [патенті США №4274785] розкривають введення анодного скрапу в конвертерну піч. Анодний скрап при введенні його в піч діє як охолоджуючий матеріал. Огава з співавторами не розкривають або не пропонують витягання цінних металів з інертних анодів, які містять кермет, і вони не вирішують яку-небудь з вищезгаданих технічних проблем, пов'язаних з витяганням цінних металів з такого інертного матеріалу.

[Патенти США №3393876 і 3689253] представляють додатковий інтерес, оскільки в них розкритий спосіб плавки для витягання свинцю з батарей.

Жоден з вищезгаданих документів не направлений на розв'язання унікальних проблем, пов'язаних з витяганням цінних металів з керметного матеріалу, який призначений протистояти жорстким умовам в електролізері для виплавки алюмінію, і при цьому в жодному з даних документів не розкрито або не , пропонується утворення керметного матеріалу у вигляді, з якого цінні метали можуть бути витягнуті при умовах витягання металів в плавильній печі.

Є можливим відділення елементарного металу від інших компонентів, але такі методи розділення не підходять для витягання цінних металів з кермету, і, більш того такі методи не забезпечують витягання цінних металів із сполук металів, і знайдених в керметі.

Мета даного винаходу полягає в отриманні композиції, яка містить керметний матеріал, зокрема використаний і невикористаний, у вигляді, який є придатним для плавки, з тим, щоб в процесі плавки з кермету могли бути витягнуті цінні метали.

Мета даного винаходу полягає також у витяганні цінних металів з композиції, яка містить керметний матеріал, з використанням плавильної печі, зокрема плавильної печі для виплавки нікелю або міді.

Вказані і інші цілі досягаються отриманням спочатку керметного матеріалу, з якого потрібно витягнути цінні метали. Відповідні джерела такого кермету включають в себе, але без обмеження ними, використані і невикористані інертні аноди, які містять кермет, і кермет, використаний у виробництві інертних анодів і/або від виробництва інертних анодів. Кермет, використаний у виробництві інертних анодів, включає в себе залишок від виробництва інертних анодів і інертний невикористаний анод з виробничого обладнання. Як джерело кермету можуть бути використані інші керметовмісні матеріали або виробни.

Будь-яке з вищезгаданих джерел кермету, включаючи будь-яку комбінацію даних джерел (з цього місця і далі вони називаються в даному описі «інертним анодним матеріалом») спочатку оцінюють і охарактеризовують з використанням фізичної/аналітичної характеристики для визначення придатності інертного анодного матеріалу до переробки для повторного використання (рециркуляції).

Фізичну характеристику здійснюють для визначення здатності кришитися (крихкість) матеріалу і для визначення того, чи буде цей матеріал досить вільним від уламків і безпечний при маніпуляціях з ним у випадку рециркулювання. Аналітичну характеристику здійснюють для визначення мінеральних і металевих складових і їх вмісту і для визначення того, чи є цей інертний анодний матеріал відповідним для отримання вихідного матеріалу (сировини) у вигляді концентрату для плавильної печі, основуючись на конкретних технічних вимогах до вихідної сировини, що подається у вигляді концентрату в плавильну піч. Аналітичну

характеризацію проводять також для визначення цінності металу, що витягується, вмісту мінеральних речовин, рівнів вмісту домішок і рівнів вмісту тих складових, які можуть бути шкідливими для процесу плавки і які будуть використовуватися при витяганні бажаних цінних металів.

Потім цей інертний анодний матеріал збагачують з отриманням концентрату згідно з даним винаходом з використанням методів збагачення, які добре відомі фахівцям в галузі гірництва і металургійної технології. Такі способи збагачення включають в себе будь-яке традиційне сортування і зменшення розміру частинок до досягнення необхідних характеристик по текучості і величині частинок матеріалу, що подається в процес плавки. Такі характеристики певним чином пов'язані з параметрами процесу плавки і вибраним типом продукту, що отримується у вигляді металевого концентрату, технічно прийняттого для процесу плавки. Якщо джерело кермету включає в себе некерметні компоненти, такі компоненти бажаним чином відділяють від кермету у вигляді частини процесу збагачення. Так, наприклад, у випадку, коли як джерело кермету використовують інертні аноди, що мають нікелеві або хромонікелеві стрижні (JOM Light Metal Age 2001, «Inert Anodes for the Hall-Heroult Cell: The Ultimate Material Challenge» by Joseph C Benedyk, May 2001), некерметні компоненти, такі як ці стрижні або інші металеві складові, бажаним чином видаляють у вигляді частини процесу збагачення.

У деяких випадках джерело кермету не буде містити жодного некерметного компонента. У таких випадках кермет збагачують виключно шляхом подрібнення з отриманням концентрату згідно з даним винаходом. Оскільки підлягаючі видаленню некерметні компоненти відсутні, то отриманий збагачений кермет є таким же, як і збагачений інертний анодний матеріал, з якого були видалені некерметні компоненти у вигляді частини процесу збагачення.

Перед введенням в плавильну піч і перед подальшим процесом плавки, в концентрат згідно з винаходом бажаним чином вводять домішки (наприклад, металургійні флюсуючі реагенти, інші вигідні домішки-інгредієнти, включаючи інші металовмісні матеріали, руди або рудні концентрати), які необхідні або корисні для досягнення бажаних технічних вимог до металургійної якості утворюваного в результаті концентрату, отриманого із збагаченого інертного анодного матеріалу. Вказані домішки-інгредієнти вигідним чином змішують із збагаченим інертним анодним матеріалом (тобто концентратом) для складання (тобто отримання необхідної рецептури) композиції концентрату, що містить домішки, які можуть бути подані в плавильну піч для витягання з неї цінних металів. До такого концентрату на основі збагаченого інертного анодного матеріалу бажаним чином додають зв'язуючі і/або домішки, які придушують утворення пилу, з тим, щоб його можна було агломерувати і/або гранулювати з утворенням тим самим відповідного концентрату згідно з даним винаходом, з якого в процесі плавки можуть бути витягнуті цінні метали.

Використаний в даному описі термін «концентрат» відноситься до матеріалу, що має досить високий рівень вмісту (тобто концентрацію) металу, який підлягає витяганню в процесі плавки, в якому використовується первинна плавильна піч, незалежно від того, чи були зроблені які-небудь кроки (чи проводилися стадії) концентрування для отримання такого концентрату. Для отримання необхідної концентрації підлягаючого витяганню металу звичайні руди вимагають тривалого видалення землянистих і не маючих цінності компонентів під час збагачення таких руд. Збагачення інертного анодного матеріалу не вимагає тривалих стадій концентрування.

Цей концентрат, який включає в себе такі домішки і збагачений інертний анодний матеріал або інший збагачений кермет, складає один аспект даного винаходу. Такий концентрат з домішками, що містяться в ньому, такими як флюсуючий реагент, може бути направлений в традиційну плавильну піч з домішками, що містяться в ній, такими як флюсуючий реагент, для витягання цінних металів, що містяться в ньому.

Альтернативно, флюсуючі домішки можуть бути введені в плавильну піч в так званому процесі шихтування (нашарування шихти). У процесі шихтування збагачений інертний анодний матеріал (тобто концентрат згідно з даним винаходом) шихтують з бажаними частинками необхідних флюсів з тим, щоб коли шихтований матеріал переміщують в плавильну піч, концентрат переміщався вже з відповідною кількістю флюсу.

Матеріал концентрату, який переважно включає в себе домішки і переважно знаходиться в агломерованому вигляді, може бути випалений в окислювальних умовах перед введенням концентрату в плавильну піч для початку процесу видалення домішок і окислення деяких сполук-компонентів.

Вищезгаданий концентрат являє собою один аспект даного винаходу, який відноситься до композиції, що складається по суті з відділеного керметного матеріалу у вигляді, придатному для традиційної виплавки нікелю і/або міді, з тим, щоб в процесі такої виплавки з кермету могли бути витягнуті цінні метали.

Даний винахід відноситься також до застосування вищезгаданого концентрату в плавильній печі для витягання цінних металів з інертного анодного матеріалу. Таким чином, відповідно до іншого аспекту даний винахід відноситься до способу плавки, в якому вихідна сировина, що подається в плавильну піч включає в себе вищезгаданий концентрат, який містить інертний анодний матеріал у вигляді, придатному для плавки.

Плавильна піч, що використовується в способі згідно з даним винаходом, являє собою первинну плавильну піч, яка є піччю, яка була сконструйована для витягання нікелю або міді разом з іншими супутніми цінними металами з руди. Термін «первинна» означає, головним чином, що метали витягують з руди (тобто в первинній плавильній печі), а не з джерела, яке звичайно являє собою металеві скрапи (вторинна плавильна піч). Первинні плавильні печі є переважними для використання в способі плавки згідно з даним винаходом, оскільки вони володіють здатністю до ефективного і економічного виділення і витягання цінних металів з концентрату згідно з даним винаходом. Крім цього, внаслідок проведення металургійного процесу в первинній плавильній печі концентрат згідно з даним винаходом з вигодою об'єднують з рудними концентратами в процесі плавки, внаслідок чого забезпечуються ефективність і сприятлива економіка, пов'язана з первинною плавкою. Процес первинної плавки має наступні характеристики, які відрізняють цей процес від вторинної плавки.

Важливо, що основна функція процесу первинної плавки полягає у витяганні цінних металів з концентратів. Вона виконується внаслідок хімічного відновлення розплавленої фази під час даного процесу, в

якому розплавлені домішки руди і концентрату переходять в шлак, який складається з флюсуючих реагентів, які сприяють контролю як в'язкості загальної розплавленої маси, так і густини легкоплавкого шлаку, що утворився. Отриманий розплавлений шлак низької щільності гравіметрично (тобто під дією сили тяжіння) відділяється від цієї маси і спливає на поверхню, звідки його потім витягують або для спрямування у відходи, або для переробки шляхом його повторного введення в плавильну піч для витягання будь-яких цінних компонентів, що залишилися. Шлаки, що подаються на переробку, називають оборотними шлаками (оборотами).

Вторинна плавка, хоч в ній і може бути використаний флюсуючий реагент, спрямована на переплавлення маючих цінність металів, що містяться в металевому скрапі, а не в руді і концентраті. Переплавлення сприяє утворенню і формуванню металу для виготовлення виробів, а не відділенню металу від землистих компонентів або інших домішок.

Інертний анодний матеріал, що використовується в даному винаході, містить наступний метал або метали, які можуть бути витягнуті в сукупності за допомогою даного винаходу:

Нікель	Паладій	Кобальт
Мідь	Родій	Осмій
Олово	Золото	Іридій
Срібло	Платина	Рутеній

Хоча згідно з винаходом можуть бути використані різні типи способів плавки і відповідних пристроїв, два з найбільш загальноприйнятих способів плавки включають в себе так звані технології безперервної плавки і зваженої плавки, призначені для сульфідних мідних і/або нікелевих концентратів. Тому плавильні печі для виплавки міді і нікелю є найбільш переважними для використання в даному винаході. Процеси виплавки міді і нікелю і відповідні таким процесам пристрої є особливо застосовними в тих випадках, коли інертний анодний матеріал містить дорогоцінні метали (ДМ), такі як срібло і золото, або метали платинової групи (МПГ).

Терміни «плавка» і «виплавка» добре відомі фахівцям в даній галузі і являють собою загальний опис хімічного відновлення металу з руди, яка його містить, або концентрату за допомогою способу, що звичайно включає в себе плавлення, з тим, щоб землісті і інші домішки, що відділяються у вигляді більш легких і більш легкоплавких шлаків, могли бути легко видалені з відновленого металу. Звичайно під термінами «плавка» і «виплавка» фахівцями в даній галузі розуміється процес, який є відмінним від випалення, сплавлення, вогневого рафінування і інших пірометалургійних операцій. Однак, в більш сучасних технологіях зваженої або безперервної плавки деякі з вказаних стадій об'єднані.

Дві найбільш важливі стадії процесу первинної виплавки міді і/або нікелю являють собою відновну плавку, внаслідок якої утворюється розплавлений штейн і розплавлений шлак, і плавку штейна, внаслідок якої утворюється розплавлений «блістер» (суміш чорнових металів) і розплавлений шлак. Плавка з отриманням штейна може бути проведена у відбивній печі, електричній печі, печі безперервної дії або шахтній печі, тоді як наступну стадію, на якій утворюється блістер, звичайно здійснюють в печі, яку називають конвертером, але в кожному випадку є виключення.

Звичайно композицію концентрату згідно з даним винаходом використовують в процесах відновної плавки, в яких утворюються розплавлений штейн і розплавлений шлак.

У такому способі відновної плавки дорогоцінні метали і метали платинової групи разом з кольоровими металами, такими як кобальт, нікель і мідь, під час процесу плавки переходять швидше в штейн, ніж в шлак, внаслідок чого вони нагромаджуються і після конвертування залишаються в блістері. Є відносно стандартною процедурою надалі витягувати індивідуальні цінні метали стандартними металургійними способами, такими як електрохімічне витягання. Тому внаслідок рафінування металу з блістера отримують витягнуті дорогоцінні метали, метали платинової групи і кольорові метали, такі як нікель, кобальт і мідь, що спочатку містилися в керметі.

У деяких випадках може виявитися бажаним витягання кольорових сплавів (сплавів кольорових металів) безпосередньо з блістера без проміжної процедури рафінування металів. Однак звичайно це буває в тих випадках, коли в блістері не присутні дорогоцінні метали і/або метали платинової групи, а вміст металів в блістері є таким, що у вигляді сплаву він може бути безпосередньо сформований і використаний для виготовлення виробів.

Отриманий за допомогою процесу плавки шлак може бути витягнутий і використаний в будівельній промисловості відповідно до відомих методів. Так, наприклад, шлак може бути використаний у вигляді дорожнього заповнювача, залізничного щебеневого баласту, середовища для струминного очищення або як інгредієнт в портландцементі. Альтернативно, він може бути спрямований у відходи або на утилізацію відповідно до методик переробки відходів, відомих для безпечного видалення шлаку.

У процесі плавки є також звичайною рециркуляція шлаку або деякої його частини як оборотів зворотно в плавильну піч для витягання з нього цінних металів, що залишилися.

Даний винахід є вигідним, оскільки збагачений інертний анодний матеріал може бути повернений в обладнання для виробництва інертних анодів і включений до складу знову виготовлених інертних анодів. При використанні збагаченого інертного анодного матеріалу у виробництві нових інертних анодів такий збагачений матеріал повинен бути оцінений з тим, щоб він задовольняв технічним умовам за тими інгредієнтами, які використовуються в процесі виробництва інертних анодів. Альтернативно, збагачений інертний анодний матеріал може бути спрямований в обладнання для виробництва інертних анодів для включення його до складу інертних анодів, що знову виготовляються без попередньої оцінки (фізичної і/або аналітичної), і в такому випадку оператор обладнання по виробництву інертних анодів буде досліджувати матеріал і дивитися, чи задовольняє він стандартам контролю якості. Є економічним, щоб термін служби продукту міг бути збільшений за рахунок повторного використання у виробництві, однак тільки вибрана фракція збагаченого матеріалу може оцінюватися як можлива для рециркуляції у виробничий процес, тоді як при використанні

способу плавки згідно з даним винаходом може бути перероблена вся кількість збагаченого матеріалу для економічного витягання з нього цінних металів. Крім того, продукт у вигляді концентрату згідно з даним винаходом, що знаходиться у вигляді, який може бути підданий плавці для витягання з нього цінних металів, є цінним товаром, який може бути проданий заводам по первинній плавці для використання як джерело металевої вихідної сировини для плавки, сам по собі або в комбінації з вихідною сировиною для плавки на основі руди. Даний аспект винаходу є особливо вигідним внаслідок того, що він забезпечує отримання цінного, надзвичайно ліквідного товарного продукту, який в іншому випадку повинен бути направлений у відходи зі значними витратами і втратами цінних металів, що в ньому містяться.

Короткий опис креслень

Фіг.1 є технологічною схемою, яка представляє переважний варіант здійснення переробки і витягання цінних металів з інертних анодних матеріалів відповідно до даного винаходу.

Фіг.2 є технологічною схемою, яка ілюструє схему плавки мідних і/або нікелевих концентратів, що мають достатній вміст сульфідних сполук з тим, щоб процес був майже або повністю автотермічним.

Фіг.3 є технологічною схемою, яка ілюструє різні типи схем плавки, які можуть бути використані в даному винаході.

Тепер буде представлений докладний опис винаходу з посиланням на Фіг.1.

Використаний в даному винаході інертний анодний матеріал походить від і отриманий з обладнання 16 для виробництва інертних анодів, як показано на Фіг.1. Крім того, як інертний анодний матеріал може бути використаний інертний анодний матеріал від використаних інертних анодів, отриманих з обладнання для виробництва алюмінію. Інертний анодний матеріал, отриманий з обладнання для виробництва інертних анодів, включає в себе залишок від виробництва інертних анодів і невикористані інертні аноди. Три цих виявлених джерела інертного анодного матеріалу можуть бути використані окремо або у вигляді будь-якої їх комбінації або підкомбінації. Крім того, хоча даний винахід спрямований головним чином на витягання цінних металів з інертного анодного матеріалу, при практичній реалізації даного винаходу можуть бути використані інші керметні матеріали. Таким чином, потрібно зрозуміти, що інертний анодний матеріал при практичній реалізації даного винаходу може бути замінений на будь-який керметний матеріал.

Даний винахід є особливо корисним для витягання цінних металів з інертних анодів, описаних в [патентах США №№6030918 і 5865980]. Таким чином, цінні метали можуть бути витягнуті з використаних інертних анодів, невикористаних інертних анодів і відповідних неспечених невикористаних інертних анодів, які описані в [патентах США №№6030918 і 5865980]. Крім цього, в даному винаході також застосовні залишки від виробництва інертних анодів в поєднанні з інертними анодами, що виготовляються згідно з двома вищезгаданими патентами.

Відповідно до одного аспекту даного винаходу, інертний анодний матеріал може бути повернений в технологічний цикл (рециркульований) шляхом повторного використання в обладнанні для виробництва інертних анодів після збагачення цього інертного анодного матеріалу. Перед збагаченням інертного анодного матеріалу його направляють на процедуру фізичної/аналітичної характеристики, причому його характеристику переважним чином проводять для визначення придатності такого інертного анодного матеріалу до рециркуляції. Процедура фізичної характеристики включає в себе огляд і оцінку типового зразка інертного анодного матеріалу для з'ясування текстури, кольору і гранулометричного складу, геометрії і малюнків зламу, вмісту пластичних (ковких) некерметних металевих компонентів і сторонніх матеріалів і уламків, а також для визначення щільності, твердості і крихкості. Фізична характеристика є, як відомо фахівцям в даній галузі техніки, основою для вибору відповідних пристроїв збагачення сортуванням, дробленням, дрібним розмелюванням і/або подрібненням. Крім того, прийнятність якості інертного анодного матеріалу для рециркуляції основана на елементному аналізі. Шкідливі домішки і/або небезпечні компоненти можуть, в залежності від їх вмісту, послужити причиною того, що матеріал буде визнаний неприйнятним. Аналітичні визначення здійснюються з використанням традиційних металургійних методик проведення випробувань, стандартних в даній промисловості.

Інертний анодний матеріал, який був визначений як прийнятний, може зажадати демонтажу (розбирання) в установці 15 демонтажу анодів. Якщо демонтаж не потрібний, його збагачують в установці 2 збагачення і потім рециркулюють шляхом повторного використання як інгредієнта в обладнанні 16 для виробництва інертних анодів.

Рециркуляція шляхом повторного використання збагаченого інертного анодного матеріалу є не обов'язковою. Замість повторного використання збагаченого інертного анодного матеріалу в обладнанні для виробництва анодів, збагачений матеріал у вигляді композиції концентрату дорогоцінних і/або кольорових металів є придатним для плавки при відповідних умовах для витягання з нього цінних металів в процесі плавки. Термін «кольоровий» визначений в Словнику термінів гірництва (Dictionary of Mining Terms, Maclean Hunter Publishing Co.) і відноситься до руд, які піддають переробці головним чином не через вміст в них заліза. Таким чином, вираження «концентрат кольорових металів» означає, що цей концентрат містить достатню кількість дорогоцінних металів, металів платинової групи або цінних кольорових металів, які можуть бути економічно вигідним чином витягнуті в плавильній печі, але також і те, що він має якість, вигідну для плавки. Концентрат кольорових металів, крім кольорових металів, може містити залізо. Термін «дорогоцінний метал» відноситься до золота і срібла.

Інертні анодні матеріали з установки 1 характеристики або з установки 15 демонтажу (як використані, так і невикористані) звичайно містять некерметні компоненти, такі як металеві опори, з'єднувачі або стрижні, які сортують і видаляють як частину процесу збагачення інертного анодного матеріалу в установці 2 збагачення. Некерметні компоненти, такі як з'єднувачі, які можуть бути такими, що утилізуються для повторного використання, переміщують в установку 18 витягання з'єднувачів. На стадії збагачення в установці 2 збагачення таке пристосування, як опори і/або електричні з'єднувачі, видаляють з тим, щоб кермет, що залишився, міг бути легко подрібнений в установці 2 збагачення без якого-небудь негативного впливу з боку некерметних матеріалів, які не легко дробляться або подрібнюються. Сортування і видалення цих

некерметних компонентів гарантують, що збагачений кермет не буде містити яких-небудь матеріалів, які можуть заважати проведенню стадій плавки або витягання металу.

Крім видалення некерметного матеріалу, процес збагачення включає в себе також подрібнення керметного матеріалу дробленням, розмелюванням і/або подрібненням з отриманням таких розмірів частинок, які є відповідними для плавки в плавильній печі. У деяких випадках некерметні матеріали можуть за недбалістю попасти в керметний матеріал, що піддається дробленню, розмелюванню або подрібненню. Такий матеріал звичайно не буде подрібнюватися, оскільки йому не властива крихкість кермету. Після завершення або під час процесу подрібнення вказані матеріали потрібно видалити за допомогою будь-якої традиційної процедури сортування або грохочення. Тому в деяких випадках збагачення буде включати в себе додаткове сортування. Після завершення цього процесу продукт збагачення являє собою концентрат для плавки. Вказаний процес збагачення відрізняється від збагачення більшості руд, оскільки для більшості руд необхідне звичайне сортування, дроблення і подрібнення і, крім того, додатково необхідна стадія фізичного відділення і видалення з руди землистих компонентів, які містять цінні метали в незначній кількості або не містять їх взагалі. Так, наприклад, при збагаченні руди, що містить цінні метали в незначній кількості, необхідні технологічні стадії концентрування з використанням флотаційних сепараторів для відділення компонентів, що мають цінність, у вигляді сполук металів від небажаних землистих компонентів руди або компонентів руди, що містять цінні метали в незначній кількості. Однак, така стадія концентрування необхідна, коли збагачення інертного анодного матеріалу приводить до відділення і видалення з нього некерметних компонентів, що додатково концентрує вже досить високий процентний вміст цінного металу, що дозволяє оцінювати його як концентрати після завершення процесу збагачення.

Під час процесу збагачення відсутня економічна або металургійна необхідність в подальшому концентруванні металу, що міститься в інертному анодному матеріалі, крім видалення некерметних матеріалів, оскільки відразу ж після того, як керметний матеріал був виділений і роздроблений або подрібнений, він має достатній вміст цінного металу для того, щоб його можна було економічно вигідно витягнути в ході операції плавки. Іншими словами, подрібнений кермет має досить високу концентрацію підлягаючого витягання в окремій плавильній печі металу для того, щоб оцінювати і розглядати його як концентрат, придатний для використання як вихідна сировина для плавильної печі.

Тому, кажучи коротко, завершення процесу збагачення інертного анодного матеріалу досягають після сортування і видалення некерметних компонентів для виділення кермету і подрібнення цього виділеного кермету за допомогою будь-якої методики подрібнення, такою як дроблення, розмелювання, подрібнення, або будь-яка комбінація вказаних методик, з отриманням текучого порошку або гранульованого матеріалу, причому без необхідності в проведенні яких-небудь додаткових стадій. Однак, кінцевий концентрат може бути поліпшений доданням до нього флюсуючих агентів в установці 10.

Збагачений інертний анодний матеріал (тобто подрібнений керметний компонент інертного аноду) являє собою кінцевий металевий концентрат, який може бути безпосередньо направлений в плавильну піч 4, як показано на Фіг.1. Однак, може виявитися переважним, щоб збагачений інертний анодний матеріал був об'єднаний з іншими композиціями металосульфідних концентратів, які містять додаткові метали і флюси, що підвищують якість вихідної сировини для плавильної печі.

Різні способи плавки, які можуть бути використані в даному винаході, показані на Фіг.3. В залежності від використовуваного способу плавки концентрат або композицію концентрату згідно з даним винаходом переважно агломерують і/або гранулюють в установці 3 агломерації/грануляції. Для сприяння агломерації і/або гранулюванню концентрату, до концентрату переважно додають зв'язуючі. Для даної мети застосовні звичайні зв'язуючі, такі як органічні зв'язуючі. Крім того, під час або після агломерації і/або гранулювання концентрату можуть бути використані традиційні домішки, що придушують утворення пилу.

До концентрату як домішка для сприяння плавці концентрату можуть бути додані флюсуючі реагенти. Приклади флюсуючих реагентів, які можуть бути використані в даному винаході, включають в себе оксид алюмінію (глинозем), вапняк, кремнезем, магнезію, залізо і деякі інші сполуки металів, такі як гідроксиди металів і оксиди міді, нікелю, кобальту, дорогоцінного металу і/або металу платинової групи.

Концентрат може бути використаний як вихідний матеріал для плавильної печі сам по собі, або ж він може бути введений в плавильну піч в комбінації з рудами і/або рудними концентратами кольорових металів. Таким чином, в одному варіанті втілення даного винаходу передбачається додання до концентрату на основі кермету як домішки руди або рудних концентратів кольорових металів. Термін «руда і концентрат кольорових металів» означає, що основними металами, що представляють інтерес, в руді або концентраті є кольоровий метал, який може бути витягнутий в плавильній печі. Руди і концентрати кольорових металів (далі в і описі «рудний концентрат»), на додаток до кольорових металів, можуть містити залізо, але воно не є основним металом, що представляє інтерес. Домішка рудного концентрату кольорових металів в комбінації з металевими концентратами, отриманими з інертних анодних матеріалів, може бути потім змішана або сполучена з утворенням вихідного матеріалу (сировини), який(у) подають в плавильну піч. Різні домішки (такі як, наприклад, інший сульфідний рудний концентрат кольорових металів, зв'язуючі і флюсуючі реагенти) показані на технологічній схемі Фіг.1 позицією 10.

Вищезгадані руди, які можуть бути використані як домішки, являють собою ¹ руди, які вже мають достатню концентрацію металу, що підлягає витягання в процесі плавки (цінного металу), при цьому під час збагачення не потрібні стадії концентрування такого цінного металу. Вищезгадані рудні концентрати, які можуть бути використані як домішки, являють собою руди, в яких цінні метали були збагачені або сконцентровані видаленням з руди землистих або небажаних пустих порід (відходів), що мають незначний вміст цінного металу. І руди, які не вимагають стадій концентрування для отримання бажаної концентрації цінного металу, і руди, в яких бажана концентрація цінного металу була отримана за допомогою стадій або стадій концентрування під час процесу збагачення, можуть бути класифіковані як «рудний концентрат». Відповідно, використаний в даному описі термін «руда або концентрат» має на увазі як такий, що охоплює ті вищезгадані руди, які були сконцентровані в процесі збагачення, а також ті руди, які мають бажану

концентрацію цінного металу без необхідності проведення яких-небудь стадій концентрування під час збагачення.

В альтернативному варіанті втілення, замість змішування домішок з концентратом збагаченого інертного анодного матеріалу, такі домішки додають в плавильну піч. Як вказувалося вище, процес плавки може включати в себе попередню стадію 13 випалення. У даній ситуації, якщо збагачений інертний анодний матеріал об'єднують з технологічними домішками, такими як гідроксиди металів або органічні зв'язуючі, випал буде вигідно сушити, прожарювати ці гідроксиди і випалювати ці органічні речовини і в той же час видаляти частину сірки, яка потім буде вигоряти з інших супутніх сульфідних руд, що піддаються процесу випалення, як передбачається Хальпіном (Haipin) в патенті США № 4356030.

Оскільки концентрат згідно з даним винаходом вигідним чином об'єднують з рудним концентратом в плавильній печі, вибір флюсу або концентрату буде варіюватися в залежності від конкретних робочих параметрів того плавильного обладнання, яке використовується в кожному конкретному випадку. Флюс для плавильного обладнання звичайно вибирають на основі конкретних сполук у використовуваній руді і інших чинників, які добре відомі фахівцям в галузі плавки руд. Однак, для сприяння використанню концентрату згідно з даним винаходом як компонент вихідної сировини, що використовується в конкретному плавильному обладнанні, такий концентрат може бути заздалегідь офлюсований флюсуючою домішкою, яка поєднується з тим флюсом, який використовується в плавильному обладнанні, або посилює дію цього флюсу в плавильному обладнанні, в якому підлягає плавленню збагачений інертний анодний матеріал.

Звичайно флюсуючі реагенти, що використовуються для виплавки нікелю, є такими ж, як і ті, які використовуються для виплавки міді, однак частка флюсу, що використовується, при цьому може змінюватися. Тому концентрат згідно з даним винаходом може включати в себе будь-який з тих флюсів, використання яких добре відоме при виплавці нікелю і/або міді. Приклади і додаткове обговорення флюсів, які застосовні в даному винаході, наведені нижче.

Склади флюсів

Хімічні склади десяти комерційних флюсів, що насипаються на під показані в таблиці 1. Основними компонентами всіх цих флюсів є кремнезем і глинозем - утворювачі сітки з оксидного скла (склоутворювачі). Ці флюси також містять FeO, CaO, Na₂O і K₂O, які є руйнівниками сітки (які також називаються «флюси самі по собі». Крім того, ці флюси мають невеликі вмісти S, MnO, Cr₂O₃, TiO₂, MgO, P₂O₅ і BaO.

Таблиця 1

Хімічний склад комерційних флюсів, що насипаються на під

Флюс	C	S	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SiO ₂	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	BaO	X ₂ O	F
A	0,30	0,10	1,49	0,17	0,11	0,18	7,50	66,5	-	0,01	11,7	7,52	-	5,23	0,13
B	0,06	0,12	8,76	0,14	0,11	1,13	3,87	47,8	0,36	0,24	26,0	6,23	0,08	5,29	0,10
B	0,03	0,07	9,02	0,14	0,09	1,14	3,84	47,3	0,30	0,23	26,0	5,84	0,08	5,19	НА
C	0,18	0,24	5,17	0,13	0,09	1,09	12,8	51,6	0,64	0,08	22,2	3,86	0,06	4,17	0,16
D	0,14	0,31	4,44	0,11	0,08	1,06	12,2	51,0	0,51	0,07	22,0	4,05	0,06	4,18	0,09
E	0,33	0,06	3,81	0,16	0,05	0,94	11,2	54,1	0,33	0,15	20,7	4,07	0,09	2,25	2,02
F	0,04	0,10	10,7	0,15	0,14	1,03	5,24	46,8	0,05	0,23	23,9	7,50	0,12	4,27	0,08
F	0,14	0,13	10,4	0,15	0,02	1,04	5,93	48,0	0,22	0,21	24,3	6,97	0,11	4,36	НА
G	0,07	0,14	16,1	0,22	0,17	1,18	4,07	48,0	0,80	0,32	25,1	6,22	0,21	3,67	0,16
H	0,08	0,12	16,5	0,23	0,11	1,20	3,91	40,5	0,75	0,95	25,9	6,58	0,21	4,42	0,07
I	0,19	0,17	3,78	0,16	0,13	1,12	12,4	47,8	0,91	0,08	19,5	9,97	0,05	2,50	0,84
J	0,11	0,46	1,53	0,13	-	0,84	2,15	42,7	1,22	0,02	21,3	5,04	0,05	3,46	1,30
Мін.	0,03	0,06	1,49	0,11	0,02	0,18	3,84	40,5	0,05	0,01	11,7	3,86	0,05	2,25	0,08
Макс.	0,33	0,46	16,5	0,23	0,17	1,20	21,5	66,5	1,22	0,95	26,0	9,97	0,21	5,29	2,02

НА = Не Аналізували

Додаткові склади флюсів, що використовуються на окремих плавильних заводах по всьому світу, показані нижче в таблиці 2.

Таблиця 2

Плавильна піч	Піч	Склад флюсу, %					
		Cu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	CaO	MgO
Morenci ¹	Відбивна	-	12,3	1,0	0,7	43,9	-
New Cornelia ¹	Відбивна	-	3,1	0,6	0,5	54,0	-
Onahama ²	Відбивна	-	79,6	6,3	2,6	0,9	-
Mufilura ³	Електрична	-	2Д	0,6	-	52,8	0,6
KCC Utah	Відбивна	-	6,1	-	-	52,2	-
	Відбивна	-	67,9	2,0	4,0	7,6	3,0

¹Аризона ³Замбія

²Японія ⁴Юта.

Флюс звичайно складається з піску з високим вмістом кремнезему і звичайного вапняку, що робить шлак більш текучим. Іноді використовується «руда прямої плавки», яку вводять як флюсуючий матеріал, так і додаткову мідь.

Таблиця 3

Склади промислових концентратів, флюсів, штейнів

Плавильна піч	Процес	Концентрат					Флюс				Штейн			
		Cu	Fe	S	SiO ₂	інший	SiO ₂	Al ₂	Fe ₂ O ₃	інший	Cu	Fe	S	O
Magma	Зважена плавка, процес «Оутокумпу»	30	28	33	6	(Al ₂ O ₃ -CaO-MgO) ₂	95	2	2	CaO 1	62	14	23	1
Chino	Inco Flash	25	29	36	5	Al ₂ O ₃ 1	90	3	3	Cu 1,7	58	18	23	2
Ilo	Відбивна піч Furnace	28	27	32	6	Al ₂ O ₃ 3	90	2	3	CaO 1	35	34	24	3
Mufulira	Електрична піч	39	16	21	12	Al ₂ O ₃ 2 CaO 2 MgO	2	2		CaCO ₃ 95 MgO 2	57	18	22	1
Southern	Піч процесу «Норанда»	26	28	33	4	Al ₂ O ₃ 1	96				70	6	21	
Copper														
Calctones	Піч процесу «Teniente»	31	25	34	6	Al ₂ O ₃ 1	91	5			75	4	21	

Спосіб плавки, який особливо застосовний в даному винаході, показаний на Фіг.2. Як відмічалось вище, даний спосіб забезпечує економічне і ефективне витягання цінних металів з концентрату згідно з даним винаходом, коли він об'єднаний і переробляється з сульфідним рудним концентратом. Якщо робиться саме так, то нижче розкритий типовий використаний спосіб плавки.

Спосіб плавки

1. Призначення - Плавка загальноприйнято являє собою пірометалургійний процес, призначений для витягання і відділення вибраних металів від інших металів і/або мінеральних домішок, з якими вони або фізично, або хімічно пов'язані. Спосіб, спрямований на отримання цінних металів, що містяться в металовмісному концентраті згідно з даним винаходом, переважно здійснюють в комбінації з процесом плавки концентрату сульфідів нікелю і/або сульфідів міді. Способи плавки сульфідного рудного концентрату численні, як показано на Фіг.3, і будь-який з показаних способів може бути використаний для витягання бажаного цінного металу. Спосіб плавки, який є найбільш привабливим в промисловості по виробництву металів, показаний на схемі у вигляді зваженої плавки.

Зважена плавка була розроблена в 1949р. в Фінляндії компанією «Оутокумпу» (Outokumpu Company). Плавильні печі для зваженої плавки компанії «Оутокумпу» в цей час використовуються на більш ніж 40 заводах у всьому світі, і при цьому доведено, що вони є найбільш ефективними з всіх первинних плавильних печей для виплавки міді і/або нікелю як з економічної точки зору, так і з точки зору охорони навколишнього середовища. Продуктивність печі зваженої плавки, що використовується в даній технології, звичайно знаходиться в діапазоні від 1500 до 3000 тон концентрату на день.

Зважена плавка включає в себе вдування повітря, кисню, концентратів і флюсу в подову піч при 1250°C. У гарячій печі сульфідні мінеральні частинки концентрату (наприклад, Ni, Fe, S₂ або CuFeS₂, або суміш) відразу ж швидко реагують з O₂ дуття. Це приводить до (i) регульованого окислення Fe і S концентрату, (ii) значному виділенню тепла і (iii) плавленню твердих частинок. Процес є безперервним. Коли практикується інтенсивне збагачення дуття киснем, процес є майже або повністю автоматичним (тобто в процесі виділяється достатня кількість тепла, в зв'язку з чим відсутня потреба в іншому джерелі тепла). Процес ідеально підходить для плавлення подрібнених частинок концентратів, які мають сумарний вміст сірки 20-35 процентів по масі в перерахунку на суху речовину. Продукти зваженої плавки являють собою:

- (a) розплавлений Ni/Cu-Fe-S штейн,
- (b) розплавлений залізо-силікатний шлак; і
- (c) гарячий навантажений пилом відхідний газ, що містить SO₂.

Як показано на Фіг.2, розплавлений штейн направляють в конвертери для окислення-конвертування в розплавлену металеву мідь і/або нікель, шлак звичайно направляють на переробку шлаку для додаткового витягання (довитягання) металів, а відхідний газ направляють на витягання тепла, пилу і SO₂.

Задачі зваженої плавки полягають в отриманні:

- (a) розплавленого штейну постійного складу і постійної температури, що подається в конвертери;
- (b) шлаку, який містить тільки дуже маленьку фракцію тих Cu або Ni, які надходять в піч зваженої плавки;
- (c) відхідного газу, досить багатого на SO₂ для його ефективного витягання у вигляді H₂SO₄; і
- (d) в здійсненні (a), (b), (c) швидким, енергетично ефективним чином.

У конструкції печі зваженої плавки використовується відкрита ділянка над подовою камерою (металоприймачем), яка являє собою або вертикальну камеру безпосередньо над подиною, або відкриту горизонтальну камеру, об'єднану в одне ціле з поданою. При будь-якій конструкції печі концентрат, флюс і збагачене киснем нагріте повітря вдувають в ці камери, де протікає безперервна, так звана зважена реакція (тобто хімічна реакція) з утворенням розплавленого штейну, розплавленого шлаку і утримуючих SO₂ відхідних газів. Змішані розплавлений штейн і шлак падають і збираються на подині печі, тоді як газова фракція, що складається з SO₂ і летких компонентів, надходить в систему газоочиснення. Дві розплавлені фракції штейну і шлаку є такими, що не змішуються, і внаслідок різниці в їх питомій вазі розділяються на два окремих шари.

Шлак, що є менш в'язкою рідкою фракцією, спливає на поверхню штейну, звідки він може бути окремо видалений для довитягання металів, напряду у відходи або і вигідного повторного використання.

Перемішуваний в конвертер шар розплавленого штейну складається переважно з сульфідів заліза і міді і/або нікелю, які є взаємно розчинними. Оскільки мідь і нікель мають слабу хімічну спорідненість до кисню, то при введенні кисню в конвертер утворюється дуже мала кількість оксиду міді і/або нікелю, і майже вся кількість Cu і Ni в шихті акумулюється в шарі, якій називається «блістером». З іншого боку, залізо легко об'єднується з киснем з утворенням оксидів заліза, які, в свою чергу, реагують з кремнеземистим флюсом з утворенням силікату заліза. Вказані сполуки, плюс кальцієвий, магнієвий і алюмінієвий мінеральні флюси, що залишилися, які були присутніми в концентраті, утворюють шлак більш низької щільності, який гравіметрично відділяється від описаного вище блістера, тоді як додатковий кисень об'єднується з сіркою з утворенням газоподібного SO₂, який збирають для отримання сірчаної кислоти.

Концентрат і флюс, спочатку вдуті в піч зваженої плавки, дозують таким чином, що штейн, що утворився, який далі подають в конвертер, містить звичайно 40-45 процентів міді і/або нікелю і від 25 до 30 процентів кожного із заліза і сірки. Штейн містить більшість важких елементів, присутніх в шихті, практично всі дорогі метали і метали платинової групи і частина миш'яку і сурми, якщо вони присутні в концентраті. Метали, що містяться, такі як миш'як, селен, і інші елементи, що знаходяться в слідових кількостях утворюють легкі сполуки і відносяться в потоку газу.

2. Матеріали, що подаються - Матеріал, що подається спочатку являє собою випалені сухі частки концентрату або суміші висушеного концентрату. Додатково, по всій площі плавильної печі можуть бути додані перероблені шлаки (тобто обороти) з конвертера і анодної печі, а також колошникові пили з обладнання для збору пилу. До матеріалу, що подається, можуть бути додатково додані осади з гідрометалургійних процесів або матеріали з процесів рафінування.

Приклади флюсу, що подається, як показано в таблиці 4, звичайно складаються з піску з високим вмістом кремнезему, вапняку і інших реагентів, що допомагає регулювати текучість шлаку для сприяння його відділенню. Використовується заздалегідь офлюсований концентрат, подібний до концентрату, представлений у даному винаході, який на додаток до міді і/або нікелю, дорогіх металів і металів платинової групи містить флюсуючий матеріал.

Склад матеріалів, що подаються для однієї з печей в Аризоні представлений в таблиці 4:

Таблиця 4

Композиція шихти,
що подається в плавильну піч (1)

Концентрати	65%
Обороти	25%
Гідрометалургійний осад	2%
Колошникові пили	1%
Кремнеземистий флюс	1%
Вапняк	6%

Ця шихта, що подається, давала штейн, 47% якого перед вміщенням в конвертер складав штейн і 53% - шлак.

3. Виробничі умови - Процес окислення в печі зваженої плавки забезпечував велику частину енергії або всю енергію, необхідну для нагрівання і плавлення. Процес є великомасштабним, автотермічним, протікає з утворенням побічних продуктів, однак для сприяння регулюванню температури печі на рівні приблизно 1250°C може бути використане викопне паливо. SO₂ виходить з печі зваженої плавки з відхідним газом при високій концентрації (>10%). Потім газ охолоджують і очищають від пилу і SO₂ вловлюють у вигляді продукту, що являє собою сірчану кислоту.

Як показано на Фіг.1, процес плавки відбувається звичайним чином, внаслідок чого утвориться штейн 7, відокремлюваний від шлаку 5. Шлак скачується і застигає, тоді як штейн окремо витягують з плавильної печі. Витягнутий штейн далі надходить в конвертер 19, в якому мідь і/або нікель і дорогі метали відділяються від заліза і сірки. Витягнутий метал, позначений як блістер 12, являє собою або бажаний сплав 9, або з використанням традиційних металургійних методів, таких як електрохімічне витягання, блістер рафінують для витягання основного металу, а також дорогіх металів. Витягання основного металу або металів і дорогіх металів і металів платинової групи з блістера відбувається в пристрої для рафінування металів 8. Рафінування металів приводить до отримання кольорових металів 11 і дорогіх металів 20. Для витягання металу з використанням традиційних методів витягання (наприклад, процесу електрохімічного витягання) можуть бути вибрані різні метали, що містяться в штейні. У ході процесу селективно і послідовно відділяють бажаний цільовий метал в залежності від електрорухомої сили металу.

Шлак витягують окремо і йому дають можливість застигнути. Збіднений цінними металами, що витягуються, шлак переважно руйнують, додаючи йому гранульовану форму, внаслідок чого він може бути потім безпечно направлений у відходи, оскільки він є невилуговуваним в дощовій воді, як передбачається Хальпіном в [патенті США №4356030]. Видалення шлаку показано на Фіг.1 позицією 14. Крім цього, замість видалення шлаку, він може бути додатково підданий дробленню, гранулюванню і/або подрібненню і використаний для різних застосувань в будівництві, таких як будівництво доріг, у вигляді інгредієнта цементу (наприклад, портландцементу) або може бути використаний як наповнювач в будь-якому процесі, в якому необхідний наповнювач. Альтернативно, шлак 5 може бути рециркульований зворотню в плавильну піч для витягання з нього додаткових кількостей цінних металів, якщо вони в ньому присутні. У цьому випадку шлак переважно гранулюють і повертають в плавильну піч. Вторинний шлак, що містить цінні метали, що

витаються, віднесені до оборотів 6, показаних на малюнку.

Для підвищення якості вихідної сировини, що подається на плавку, використовуються домішки вигідних флюсуючих реагентів, розкриті в даному описі. Домішки можуть включати в себе вибрані гідроксиди і оксиди кольорових металів і можуть також включати в себе вуглецеві відновники для поліпшення характеристик шлаку в процесі плавки.

Як вказувалося вище, шлак може бути направлений у відходи. Будь-які невеликі кількості невитягнутих металів і/або металевих домішок, які залишаються в шлаку, взяті в скловидну або скляну матрицю шлаку, і тому шлак є відповідним для безпечного напрямку у відходи і є невилуговуваним в дощовій воді. Тому даний винахід відноситься також до енергетично ефективного способу переробки відходів частини інертного анодного матеріалу, яка не має цінності, з використанням описаного вище способу витягання, в той же час є таким, що задовольняє необхідним вимогам безпечного для навколишнього середовища спрямування у відходи.

Варіант втілення винаходу, показаний на Фіг.1, обговорюється в даному описі з посиланням на плавку, що включає в себе технологію плазменно-дугового пірометалургійного процесу розділення/витягання металів і більш традиційні операції 4 плавки для витягання міді і нікелю з сульфідної або латеритової руди, традиційний спосіб плавки, в який з вищезгаданих причин доданий концентрат на основі збагаченого інертного аноду. Результатом вказаних процесів є блістер, що містить витягнуті вибрані цінні метали 12, які можуть бути додатково рафіновані 8 або продані на ринку у вигляді сплаву 9.

Метали, що витягуються з інертного анодного матеріалу, включають в себе мідь, нікель, кобальт, олово, золото, срібло, платину, родій і паладій, а також інші метали, які можуть входити до складу інертного анодного матеріалу. Всі з вищезгаданих металів можуть бути витягнуті з штейну, отриманого під час процесу плавки.

У деяких випадках може бути бажаним вибір деяких металів для витягання. Зокрема, бажано вибрати для витягання даним способом мідь, нікель, кобальт, золото, срібло, платину, паладій і родій. Так, наприклад, в плавильній печі для виплавки міді цільовим металом може бути мідь, оскільки витягання нікелю буде менш ефективним.

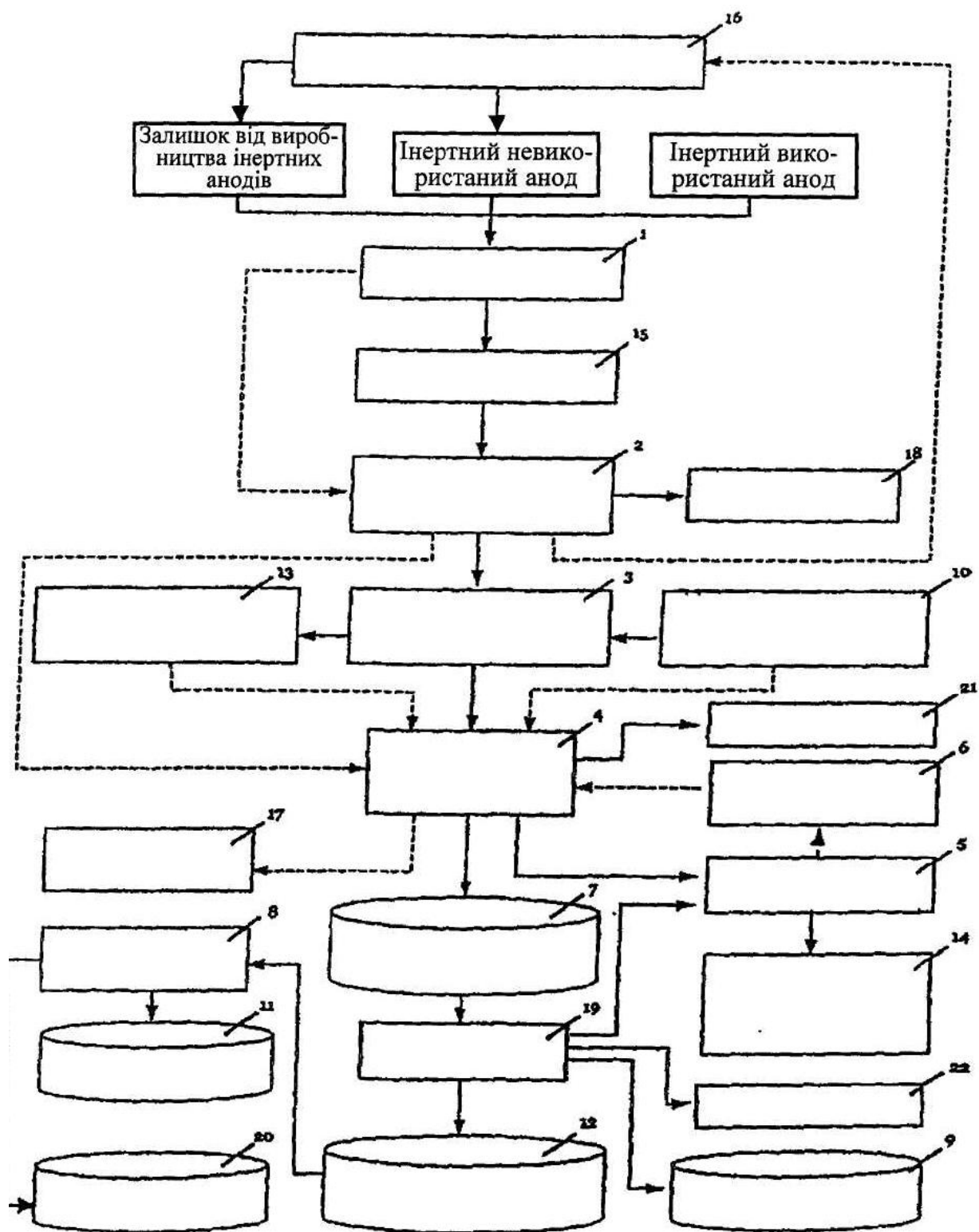
Крім вигідного витягання цінних металів з інертного анодного матеріалу і інших керметних матеріалів, даний винахід забезпечує також додаткові переваги. Зокрема, отриманий в первинній плавильній печі шлак містить в собі (обволікає) метали, які не витягуються, знайдені в інертному анодному матеріалі або іншому керметному матеріалі. Вказане обволікання іммобілізує такі метали як найкраща демонстраційна технологія (BAT), що зводить до мінімуму вилуговування і, внаслідок цього, робить вказані матеріали досить стійкими для того, щоб задовольняти загальноприйнятим стандартам Управління з охорони навколишнього середовища США.

Інша перевага відноситься до використання в даному винаході первинних плавильних печей. Що стосується первинних плавильних печей, то вони володіють здатністю запобігати або значно знижувати виділення токсичних речовин в навколишнє середовище. Тому, при використанні первинної плавильної печі для способу, в якому використовується концентрат на основі кермету, будь-які токсичні виділення, що утворюються внаслідок плавки кермету або інертного анодного матеріалу, будуть значно мінімізовані за рахунок уловлювання шкідливих компонентів, що знаходяться в повітрі, або газоподібних шкідливих компонентів в систему 21 і 22 очищення відхідного газу.

Хоча даний винахід був описаний з точки зору деяких визначених варіантів його втілення, фахівці в даній галузі техніки легко визнають, що без відхилення від його суті можуть бути зроблені різні модифікації, зміни, упущення і заміщення. Тому мається на увазі, що даний винахід обмежений тільки об'ємом нижченаведеної формули винаходу.

Перелік посилальних позицій Фіг. 1

- 1 Фізична/аналітична характеристика
- 2 Збагачення: сортування, дроблення/розмелювання, подрібнення
- 3 Приготування концентрату змішування, агломерація/гранулювання
- 4 Плавильна піч
- 5 Шлак
- 6 Обороти
- 7 Штейн: кольорові і дорогоцінні метали
- 8 Рафінування металу
- 9 Сплави кольорових металів
- 10 Домішки: концентрат кольорових, металів, зв'язуючі, флюсуючі реагенти
- 11 Кольорові метали
- 12 Блістер: кольорові і дорогоцінні метали
- 13 Випалювальна піч 500-600°C
- 14 Застосування в будівництві: домішка до цементу; або безпечне спрямування у відходи
- 15 Демонтаж аноду
- 16 Виробництво інертних анодів
- 17 Феронікелеві сплави
- 18 Витягання з'єднувачів
- 19 Конвертер
- 20 Дорогоцінні метали
- 21 Система очищення відхідного газу
- 22 Система очищення відхідного газу



Фіг. 1

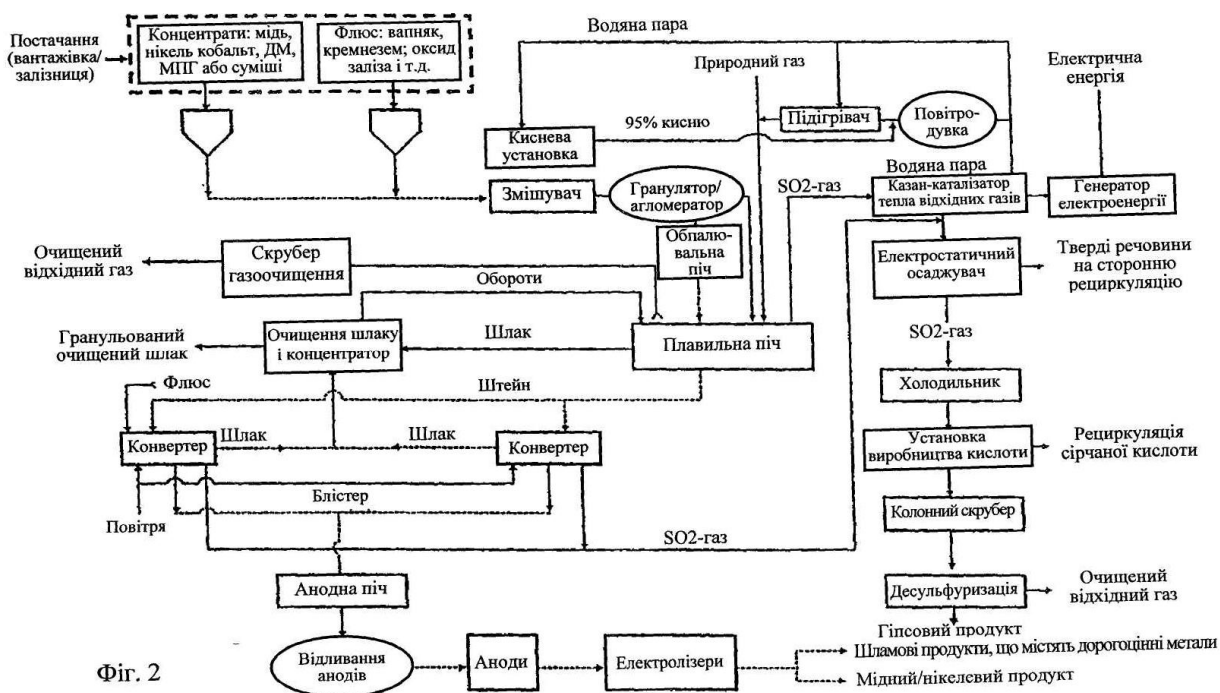
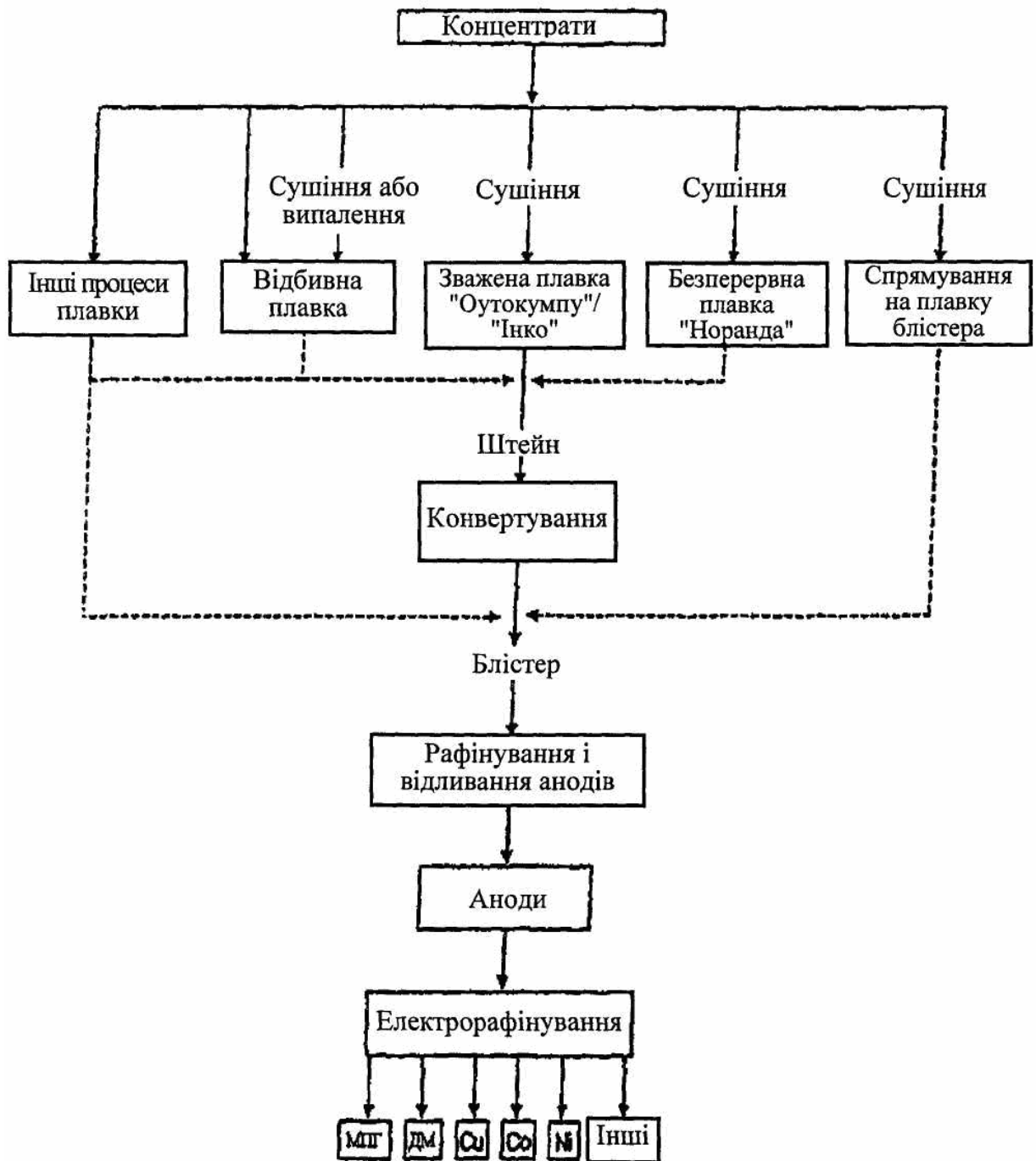


Fig. 2

Процеси плавки концентратів
кольорових металів



Фіг. 3