

Винахід відноситься до області переробки золотовмісних поліметалевих матеріалів з метою виділення золота, а конкретно - до способу вилучення золота із сплавів його з іншими в основному неблагородними металами, і може бути використаний при переробці металевого скрапу: брухт ювелірних виробів і інші відходи ювелірної промисловості, монетний брухт, самородне золото, золотовмісний брухт зубопротезування, відходи радіотехнічної промисловості, напівпродукти переробки золотовмісних руд із вмістом золота в широких межах.

Відомі способи вилучення золота зі сплавів з іншими металами, причому вибір технології переробки золотовмісного матеріалу залежить від вмісту в ньому золота і характеру (природи) інших складових.

Для виділення золота зі сплавів з іншими менш благородними металами при вмісті золота 20-80% широко застосовується так званий метод хлорування в розплаві [1], який полягає в тому, що в попередньо розплавлений оброблюваний матеріал при  $T=1423\text{K}$  через графітові труби подають газоподібний хлор; хлориди металів-домішок (заліза, цинку, свинцю й ін.), що утворилися, відганяють і уловлюють в електростатичних конденсаторах; після відгону основної маси домішок видаляють хлориди міді і заліза з поверхні розплаву, а виділене золото розливають у виливниці, одержуючи товарні злитки з вмістом золота не менше 99,5%, срібла не більше 0,35%.

Недоліками відомого способу є висока енергоємність, складність апаратного оформлення, обумовлена роботою в атмосфері хлору при високій температурі і труднощами виконання вимог екологічної безпеки.

Для подальшого більш глибокого очищення золота, отриманого методом хлорування, а також для рафінування золота зі сплавів його з благородними металами за умови високого вмісту в них золота застосовують електролітичний метод [2]. З оброблюваного сплаву виготовляють аноди (склад: золото - 85-92%, паладій - 6-15%, срібло - 0,3-1% ), які розміщують у виконаний з порцеляни і кераміки електролізер. Катодом слугують тонкі пластинки золотої фольги. Електроліт готують електролітичним розчиненням золотого електрода в соляній кислоті, причому концентрацію золота в робочому розчині доводять до 150-180г/л, паладій - 70-80г/л, соляної кислоти - 100-110г/л. Процес електролізу провадять при напрузі в комірці 0,5В, забезпечуючи анодну щільність струму 970А/м<sup>2</sup>, температуру ванни 333-343К і перемішування повітрям. У цих умовах домішки розчиняються на аноді і переходять в електроліт, при тривалому використанні якого концентрація платини і паладій в ньому збільшується до такого ступеня, що ці метали можна виділити хімічними способами. Золото виділяється на золотому катоді, який після закінчення процесу виймають як готову продукцію високого ступеня чистоти ( вміст золота до 99,99%).

Однак застосування цього способу для вилучення золота зі сплавів його з неблагородними металами й маючих відносно велику кількість цих домішок (більше 20%) технічно й економічно недоцільне.

Відомі способи електрохімічного виділення золота зі сплавів його із сріблом при афінажному виробництві срібла. Так, при переробці шламу електролітичного одержання міді, що містить близько 95% срібла, 3% золота і різні кількості міді, свинцю, вісмуту, нікелю й ін. металів (так званий сплав Доре), його сплавляють і відливають в аноди, що надходять на електроліз [3,4]

У цьому процесі, який по технічній суті є найбільш близьким до того, що заявляється, аноди вміщують в електролізер, де катодом слугують сталеві або титанові стрижні, а електролітом є розчин азотнокислих солей срібла, міді та інших металів, що містяться в сплаві. При пропусканні струму анодне срібло розчиняється й осаджується на катоді, інші компоненти сплаву накопичуються в електроліті, а золото переходить в анодний шлам, який збирають, промивають і направляють на подальшу переробку.

Відомий спосіб вирішує задачу отримання високочистого срібла (ступінь його чистоти сягає іноді 99,99%), і розроблені параметри процесу забезпечують ефективне вирішення цієї задачі. Так, при проведенні процесу в так званих електролізерах Мебіуса в одному випадку [3] процес електролізу провадять у нейтральному

розчині з додаванням нітрату срібла до концентрації 60г/л срібла (концентрація аніону  $\text{NO}_3^-$  складає 34г-іон/л), при напрузі на ванні 2,7В і катодній щільності струму 50А/м<sup>2</sup>. В іншому варіанті (на заводі "Монреал Іст") [4] афінаж срібла провадять шляхом виділення його в електролізерах Мебіуса на титанових катодах при використанні як електроліту розчину азотнокислих солей срібла (125-145г/л), міді (11-18г/л) і свинцю (0,2-

0,5г/л), таким чином, сумарна концентрація аніону  $\text{NO}_3^-$  складає 90-120г-іон/л. Напруга на ванні 4,4В, анодна щільність струму 958А/м<sup>2</sup>.

Склад виділеного у відомому способі золотовмісного шламу залежить від складу виготовлених срібних анодів і від умов процесу електролізу. Одержуваний на заводі "Монреал Іст" золотовмісний шлам містить 39-62% золота, до 50% срібла, 2-5% міді і 2-6% свинцю і вимагає подальшої переробки для більш повного виділення золота, срібла й інших коштовних металів хімічними методами, наприклад методом хлорування в розплаві.

Задачею винаходу є створення нового способу вилучення золота з різного роду поліметалевих матеріалів із забезпеченням спрощення технології, високого ступеня вилучення і чистоти виділеного золота.

Поставлена задача вирішена в запропонованому способі вилучення золота з поліметалевих матеріалів електролізом, що включає використання як анода попередньо розплавленого і відлитого у форму оброблюваного матеріалу, електрохімічне розчинення металів-домішок з наступним осадженням їх на катоді і виділення золота у вигляді анодного шламу і відрізняється тим, що забезпечують вміст золота в матеріалі, з якого виготовляють анод, в межах 5-50%мас. і процес електролізу провадять з використанням як електроліту

водяного розчину кислоти і/або солі з аніоном  $\text{NO}_3^-$  або  $\text{SO}_4^{--}$  при сумарній концентрації аніону 100-250г-іон/л, анодній щільності струму 1200-2500А/м<sup>2</sup> напрузі на ванні 5-12В.

Необхідний вміст золота в матеріалі аноду (5-50%мас.) при наявності поліметалевих матеріалів із різним вмістом золота, що надходять на переробку, забезпечують шляхом усереднення різних партій вихідної сировини.

При переробці сплавів, що містять більше 50% золота, необхідний вміст його в матеріалі аноду забезпечують введенням у розплав коригувальної добавки.

Як коригувальну добавку доцільно використовувати мідь, цинк, нікель, срібло або сплав цих металів, узятих у будь-якому якісному і кількісному співвідношенні.

Економічно доцільно використовувати як коригувальну добавку катодний шлам процесу електролізу попередніх партій оброблюваного матеріалу.

Нижче на конкретних прикладах здійснення винаходу (див. також дані таблиці) показано, що регулюванням параметрів процесу електролізу в межах, зазначених у формулі винаходу, і при забезпеченні вмісту золота в матеріалі аноду в межах 5-50% досягається ефективно видалення металів-домішок і виділення основної їх маси на катоді, а анод перетворюється на шлам з вмістом золота не нижче 93%, причому домішки, що залишаються в ньому, легко видаляються промиванням спочатку концентрованою кислотою, потім водою, а одержуване в злитках золото має високий ступінь чистоти.

Таким чином, забезпечується спрощення процесу як у порівнянні з методом хлорування в розплаві, так і в порівнянні з технологією, що передбачає застосування відомих електрохімічних способів, у якій той же результат може бути досягнутий тільки при додатковій складній хімічній обробці отриманого золотомісного шламу.

Отже, поставлена задача вирішена з досягненням необхідного технічного результату.

Нижче наведені конкретні приклади застосування запропонованого способу.

Приклад 1.

Процес вилучення золота з поліметалевого золотомісного матеріалу проводять на дослідно-промисловій установці, що включає електролізер, підключений до джерела постійного струму, хімічний реактор для промивання шламу, сушильну шафу та індукційну плавильну піч.

Корпус електролізера виконаний з вініласту, має прямокутну форму (довжина 700мм, ширина 350мм, висота 400мм) і закритий щільно прилягаючою кришкою. Катод виготовлено з нержавіючої сталі у вигляді прямокутного листа товщиною 1мм, площею 4дм<sup>2</sup> та закріплено на катодній штанзі.

Для проведення процесу електролізу з підготовленого матеріалу відливають анод у вигляді двох пластин масою 2-2,5кг і розміром 140х15х250мм кожна, котрі підвішують у електролізері на анодній штанзі за допомогою гаків, виготовлених з нержавіючої сталі. При цьому анодні пластини розміщують у спеціальних мішках, виготовлених з хлоринової тканини і призначених для збирання анодного шламу.

Матеріал, що надійшов на переробку, розплавляють в індукційній печі. Якщо вміст золота в ньому перевищує 50%, у розплав додають коригувальну добавку у кількості, необхідній для зниження вмісту золота до 35-45%. Отриманий сплав з вмістом золота 5-50% розливають у виливниці для одержання анодних пластин зазначених вище розмірів, які і використовують у процесі електролізу.

У даному прикладі з метою добування золота переробці піддають технологічний брукт ювелірного виробництва такого складу, % мас.: золото-10,5, мідь-45, нікель-25, цинк-15, срібло-4,5. Брукт розплавляють і відливають з нього анодні пластини, що розміщують в електролізері як зазначено вище.

Процес електролізу проводять з використанням як вихідного електроліту водного розчину азотної кислоти з концентрацією 150 г/л при таких умовах:

Склад робочого електроліту: мідь-90г/л, нікель-40г/л, цинк-26г/л, срібло-8г/л, сумарна концентрація аніону

$\text{NO}_3^-$  -150г-іон/л.

Напруга на ванні	5,5В
Анодна щільність струму	1500А/м <sup>2</sup>
Сила струму на ванні	80А
Температура електроліту	343К

У процесі електролізу відбувається анодне розчинення металів-домішок та їх осадження на катоді. Процес провадять до повного руйнування анодних пластин. В цьому прикладі час спрацьовування анодних пластин склав 65 годин. Отриманий анодний шлам з високим вмістом золота накопичується в анодних мішках.

Після закінчення процесу катодний шлам, який накопичився на дні електролізера, вибирають з електролізера і завантажують у ємності-накопичувачі, а анодний шлам вибирають з мішків, промивають у хімічному реакторі спочатку концентрованою азотною кислотою при температурі 373К, а потім водою. Отримане золото сушать у сушильній шафі і сплавляють у злитки в індукційній печі.

Приклад 2.

На установці, що описана у прикладі 1, проводять вилучення золота з двох партій відходів ювелірного виробництва такого складу, % мас.: 1 партія - золото-58,5, мідь-33,5, срібло-8,0; 2 партія - золото-33,3, мідь-50,0, срібло-16,7.

Відходи розплавляють і для коригування складу змішують у співвідношенні, що забезпечує такий вміст компонентів в матеріалі аноду, % мас.: золото-40,5, мідь-44,5, срібло-15,0.

Отриманий сплав відливають у виливниці і використовують у процесі електролізу як описано в прикладі 1.

Свіжоприготовлений електроліт - водний розчин азотної кислоти, концентрація 200г/л.

Умови процесу електролізу:

Склад робочого електроліту: мідь-80г/л, срібло-15г/л, сумарна концентрація аніону  $\text{NO}_3^-$  -200г-іон/л.

Напруга на ванні	8В
Сила струму на ванні	90А
Анодна щільність! струму	1700А/м <sup>2</sup>
Температура електроліту	363К

Процес провадять до повного спрацьовування анода, що у даному прикладі відбулося за 40 годин. Далі шлами витягають і обробляють, як описано в прикладі 1.

Приклад 3.

Переробці піддають відходи ювелірного виробництва такого складу, %мас.: золото-58,3, мідь-22,0, нікель-15,0, цинк-4,7. Відходи розплавляють в індукційній печі і для одержання анодного матеріалу потрібного Складу

в розплав додають мідь, забезпечуючи такий склад матеріалу анода, % мас.: золото-40,8, мідь-42,6, нікель-13,2, цинк-3,4. Далі виготовляють аноди і провадять процес електролізу як описано в прикладі 1.

Свіжоприготовлений електроліт - водний розчин сірчаної кислоти, концентрація 150г/л.

Основні параметри процесу електролізу:

Склад робочого електроліту: мідь-100г/л, нікель-30г/л, цинк-10г/л, сумарна концентрація аніону  $\text{SO}_4^{--}$  - 150г-іон/л.

Напруга на ванні 8,5В

Сила струму на ванні 95А

Анодна щільність струму 1850А/м<sup>2</sup>

Температура електроліту 363К

Процес провадять до повного спрацьовування анодів (у даному прикладі 40 годин). Далі шлами обробляють, як описано в прикладі 1, за винятком того, що промивання анодних шламів провадять спочатку у концентрованій сірчаній кислоті, а потім у воді.

Приклад 4.

Переробці піддають продукт цементації цинком ціаністих золотовмісних розчинів, отриманих шляхом ціаністого вилуговування золотовмісних руд такого складу, % мас.: золото-51,3, цинк-38,7, нікель-4,5, срібло-2,9, залізо-2,6. Вихідний матеріал розплавляють в індукційній печі і для одержання аноду потрібного складу в розплав додають катодний шлам, отриманий у процесі за прикладом 1 (склад представлений у таблиці), забезпечуючи таке співвідношення компонентів в матеріалі аноду, % мас.: золото-36,4, цинк-32,7, мідь-14,5, нікель-11,6, срібло-4,2, залізо-0,6.

З отриманого сплаву виготовляють анодні пластини і провадять процес електролізу, як описано в прикладі 1. Свіжоприготовлений електроліт - водний розчин азотної кислоти, концентрація 200г/л.

Основні параметри процесу електролізу:

Склад робочого електроліту: цинк-90г/л, мідь-15г/л, нікель-12г/л, срібло-5г/л, залізо-1г/л, сумарна концентрація аніону  $\text{NO}_3^-$  -200г-іон/л.

Напруга на ванні 8,4В

Сила струму на ванні 85А

Анодна щільність струму 1600А/м<sup>2</sup>

Температура електроліту 363К

Процес припиняють після повного спрацьовування анодів - через 36 годин. Шлами вилучають і обробляють, як описано в прикладі 1.

Характеристики складу шлами в процесу електролізу, ступеня вилучення і якості отриманого за прикладами 1-4 золота, наведені в таблиці, наочно підтверджують ефективність способу, що заявляється.

Таблиця

Показник	Приклад 1	Приклад 2	Приклад 3	Приклад 4
Вміст золота в анодному шламі, % мас.	93,6	95,6	93,9	96,2
Ступінь вилучення золота, % мас	99,2	99,5	99,4	99,6
Вміст золота в злитках, % мас.	98,6	99,7	99,0	99,76
Склад катодного шламу, % мас.	мідь-47,0 нікель-27,0 цинк-18,0 срібло-7,0 золото-0,04	мідь-74,2 срібло-26,8 золото-0,01	мідь-72,7 нікель-20,8 цинк-6,5 золото-0,01	цинк-50,5 мідь-21,3 нікель-19,8 срібло-7,1 залізо-1,3 золото-0,02

Джерела інформації

1. М.А. Меретуков, А.М. Орлов "Металлургия благородных металлов", М. Вид. "Металлургия", 1991р. стор.354.
2. Там же, стор.355-356.
3. Там же, стор.343-344.
4. Там же, стор.347-348, 356.