Державний заклад «Центральна державна науково-технічна бібліотека
гірничо-металургійного комплексу України»

ЕКОЛОГІЯ ТА РЕЦИКЛІНГ В МЕТАЛУРГІЇ

Тематична добірка публікацій з актуальних питань
промислового природокористування та ресурсозбереження

Випуск 1

Дніпро - 2024

Дана тематична добірка містить копії першоджерел, присвячених останнім науковим і практичним досягненням промислової екології в металургійній галузі, дослідженню зв'язків виробництва та довкілля, обґрунтуванню засобів гармонізації їх взаємодії, розвитку «зелених» технологій та залученню відходів у вторинний цикл виробництва.

Складено за фондом ЦДНТБ ГМК України станом на 01.01.2024 р.

Бібліографічний анотований список до тематичної добірки «Екологія та рециклінг в металургії»

УДК 658.567.1:621.794.42]:621.774
DOI: 10.31721/2306-5451-2021-1-52-35-39

Утилізація солянокислих відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва / Є.А. Манідіна., К.В. Бєлоконь, О.С. Воденнікова та ін. // Вісник Криворізького національного університету. – 2021. – Вип. 52. – С. 35-39.

Робота присвячена визначенню параметрів переробки солянокислих відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва з отриманням залізного коагулянту. Встановлено вплив параметрів обробки відпрацьованих травильних розчинів на якість отриманого коагулянту; розроблена апаратурно-технологічна схема переробки відпрацьованих травильних розчинів з отриманням залізного коагулянту. Запропонована технологія утилізації солянокислих відпрацьованих розчинів, яка може бути рекомендована для використання на металургійних підприємствах України. Встановлено, що найбільш перспективними методами обробки солянокислих відпрацьованих травильних розчинів є методи з отриманням товарного продукту. Визначено, що переробку солянокислих відпрацьованих травильних розчинів найбільш доцільно проводити з одержанням коагулянту. Встановлено, що при витраті повітряної суміші, що містить озон, 0,5 л/хв повне окиснення ферум (II) хлориду до ферум (III) хлориду відбувається через 36 хв від початку обробки. При витраті повітряної суміші, що містить озон, 1,5 л/хв повне окиснення ферум (II) хлориду до ферум (III) хлориду відбувається через 18 хв від початку обробки. Встановлено, що повне окиснення ферум (II) хлориду до ферум (III) хлориду за допомогою озону відбувається в 1,5 рази швидше ніж киснем. Експериментально встановлено, що ефективна доза коагулянту ферум (III) хлориду для осадження коричневого залізного пігменту в розчині становить 62 мг/л. Розроблена принципова апаратурно-технологічна схема переробки солянокислих відпрацьованих розчинів з отриманням коагулянту – ферум (III) хлориду.

Ключові слова: прокатне виробництво, солянокислий відпрацьований травильний розчини, ферум (II) хлорид, озон, утилізація, ефективна доза коагулянту……**С.9**

УДК 614.3:669
DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-1-28-36

Мартинова А. Ю. Щодо вимірювання вмісту моноетаноламіну при контролюванні технологічного процесу сіркоочищення та в об'єктах довкілля / А. Ю. Мартинова, В. О. Сараєва, А. І. Ларіна // Вуглехімічний журнал. – 2021. – № 2. – С.28-36.

Проблема очищення коксового газу від сірчистих сполук, не зважаючи на їх зменшення останнім часом у сировинній базі коксування, залишається актуальною у зв'язку з вимогами щодо зниження викидів діоксиду сірки в атмосферне повітря. При використанні моноетаноламіну для очищення коксового газу від сірчистих сполук виробничники стикаються з проблемами визначення його точної концентрації що у розчинах, то й у коксовому газі та в об'єктах довкілля. У статті надано огляд існуючих наразі методів кількісного визначення вмісту моноетаноламіну в рідких та газоподібних середовищах. Наведено результати досліджень щодо можливості їх використання в умовах коксохімічного виробництва, визначені напрямки вдосконалення відомих методів з метою усунення впливу супутніх компонентів, притаманних коксохімічному виробництву (зокрема аміаку, амінів, фенолів та ін.), котрі викривляють результати аналізу. Описано розроблені авторами способи підвищення вибірковості аналітичних методик щодо вмісту моноетаноламіну при його визначенні у: – коксовому газі – ґрунтується на поглинанні досліджуваної речовини з коксового газу розчином ортоборної кислоти з подальшим визначенням його у розчині з пнітрофенілдіазонієм; – повітрі робочої зони в умовах коксохімічного виробництва – негативний вплив сірководню та фенолу запропоновано усувати за допомогою поглинального приладу, що містить розчин натрію гідроксиду, розташованого перед поглиначем з розчином соляної кислоти для моноетаноламіну (переглянуту методику вимірювання з внесенням доповнень, викладену згідно з вимогами чинного законодавства в області метрології та з встановленими метрологічними характеристиками, погоджено Головним санітарним лікарем України). Викладено напрямки досліджень, необхідних для розробки методики аналізу на вміст моноетаноламіну у технологічних водах коксохімічних виробництв.

Ключові слова: сіркоочищення, моноетаноламін, визначення вмісту, вибірковість, аміак, п-нітрофенілдіазоній, коксовий газ, комплексна сполука, інтенсивність забарвлення, фотометрія, вимірювання……**...С.14**

УДК 669.15'28-198
DOI: 10.15587/1729-4061.2022.252321

Виявлення особливостей структурно-фазових перетворень при переробці техногенних металургійних відходів з вмістом тугоплавких елементів / В.О. Волох, А.М. Поляков, М.М. Ямшинський та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Том 1, № 12. – С. 6-11. – Текст англ.

Досліджено особливості фазового складу та мікроструктури легуючого сплаву, який отримано з використанням відновлювальної плавки оксидних техногенних відходів. Це необхідно для визначення технологічних показників, що забезпечують підвищення ступеня вилучення легуючих елементів під час переробки техногенної сировини та при подальшому використанні легуючого матеріалу. Визначено, що в сплаві при співвідношенні Si:C в шихті 0,11 фазовий склад переважно складався з твердого розчину елементів в α-Fe, а також карбідів Fe3C та Fe3W3C. При співвідношеннях Si:C в шихті 0,28 та 0,52 з разом із твердим розчином елементів в α-Fe мали прояв Fe8Si2C, Fe5Si3 та FeSiC, FeSi2 відповідно. Мікроструктура сплаву мала чіткий прояв декількох фаз з різним вмістом легуючих елементів. Зміна співвідношення Si:C в шихті з 0,11 до 0,28 та 0,52 призводила до збільшення в досліджених ділянках залишкового вмісту кремнію (% мас.) з 0,00–0,25 до 0,12–1,79 та 0,20–2,11 відповідно. При цьому вміст вуглецю (% мас.) в досліджених ділянках змінювався з 0,25–2,12

до 0,24–2,52 та 0,45–2,68 відповідно. Вміст легуючих елементів у досліджених ділянках змінювався в межах (% мас.): W – 0,00–43,06, Mo – 0,00–32,72, V – 0,19–20,72, Cr – 0,69–33,94, Co – 0,00–3,96. Аналіз результатів досліджень свідчить, що найбільш прийнятним співвідношенням Si:C в шихті є 0,52. В цьому випадку спостерігається певний вміст залишкового кремнію разом з вуглецем у вигляді карбосиліцидних та силіцидних з'єднань. Такі показники сплаву забезпечують достатню відновну здатність сплаву при використанні. Властивості сплаву дозволяють замінити частину стандартних феросплавів при виплавці сталей, що не мають жорстких обмежень за вуглецем

Ключові слова: окалина легованих сталей, оксидні техногенні відходи, відновна плавка, рентгенофазові дослідження……..……...…….**С.23**

УДК 669.782

DOI: 10.26661/2071-3789-2022-1-10

Прутцьков Д.В. Дослідження технології виплавки технічного кремнію з використанням відходів карбідів кремнію / Д.В. Прутцьков, О.Г. Кириченко // Металургія. – 2022. – №1. – С.81-86.

Представлено короткий огляд промислових технологій отримання технічного кремнію, виділені окремі питання, що потребують вдосконалення. Наведено результати промислових випробувань двостадійної технології плавки технічного кремнію з добавками карбіду кремнію в шихту. Як джерела карбіду кремнію використовувалися відходи SiC і карбід кремнію, що утворюються при виготовленні карбідокремнієвих нагрівачів. Проаналізовані потенційні підприємства – джерела утворення відходів карбід-кремнієвих матеріалів. Обрано відходи виробництва силітових нагрівачів. Розглянуто питання утворення відходів силітових нагрівачів в умовах ПАТ «Запоріжвогнетрив». Дослідна плавка проводилася у промислових печах. Відпрацювана промислова технологія проведення плавки технічного кремнію у трифазних печах потужністю 16,5 МВт·А. Проаналізований електричний режим плавки. Досліджені електрофізичні властивості застосованих шихт. Визначено оптимальне дозування для кожного виду відходів, що вводяться. Розглянуті особливі режимі процесу завантаження шихти у піч. Протестовано декілька варіантів завантаження вихідних матеріалів. Наведені результати продуктивність, енергоспоживання, загального завантаження введених відходів SiC та вилучення кремнію. Для розширення сировинної бази проведений пошук відходів Si C. Розроблено та реалізовано організаційно-технічні заходи щодо збору та класифікації шматкової шихти. Встановлено, що добавка SiC-відходу з сировини ачесонівського процесу позитивно впливає на роботу печі. В результаті проведеної роботи встановлено, що невеликі добавки SiC-відходів до шихти плавки кремнію діють ефективно: зростання продуктивності печі та зниження питомих витрат електроенергії.

Ключові слова: плавка, кремній, шихта, піч, карбід кремнію, промислові випробування, витрата, продуктивність……..……..……..**С.29**

УДК 628.4.034

DOI: 10.32782/2225-6733.44.2022.6

Волошин В.С. Чи варто шукати «золоті пропорції» Фібоначчі в процесах утворення відходів / В.С. Волошин // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2022. – Вип. 44. – С. 43-53.

Робиться спроба пов'язати закономірності появи відходів в технологічних процесах із закономірностями відомої «золотої пропорції» Леонардо Фібоначчі, як системи оптимального розподілу енергії між її членами, і, враховуючи умови порівнянності між рівноправними членами в основній формулі ряду Фібоначчі, ввести в їх співвідношення умови оптимального осмисленого порівняння енергії, як основу для використання числа F = 1,618 або пов'язаних із ним з семантичного розширення концептуального змісту ряду Фібоначчі, що показано в роботі. Були упорядковані інші варіанти аналогової серії Фібоначчі для їх порівнянності з пропорціями між основними матеріальними компонентами типового технологічного процесу. Ряд прикладів реальних технологічних процесів показує різні співвідношення між числовими значеннями компонентів основних матеріальних та інших складових технологічного процесу: сировини, енергії, інформації, виробів і відходів, упорядкованих в залежності від відносності зміни їх ентропії в самому технологічному процесі. Показано, що відсутність таких пропорцій, в тому числі і як показник мінімального утворення відходів, має своє коріння в досліджуваному принципі термодинамічної двоєдності між компонентами сировини і енергією, що використовується в системі. Показано, що основою для появи в матеріальних потоках технологічного процесу відносин, близьких до числа Фібоначчі або аналогічних до нього залежностей у відповідному ряду, може бути лише подолання існування принципу термодинамічної двоєдності в технологічному процесі.

Ключові слова: промислові відходи, система виробництва, числа Фібоначчі, золота пропорція, утворення мінімальних відходів, термодинамічна рівновага, термодинамічна двоєдність…….....……..**С.35**

УДК 669.725/338.4

DOI: 10.15407/plit2022.03.063

Гнатуш В. А. Світові тенденції ринку вторинної переробки відходів та брухту берилію / В.А. Гнатуш // Процеси лиття. – 2022. – № 3. – С. 63-70.

Переробка відходів і брухту металів є важливим компонентом сучасної економіки, через те, що природні металеві ресурси є вичерпними. А так як метали, в тому числі і берилій, є основою людської цивілізації, то аналіз світового ринку вторинної переробки відходів і брухту берилію є актуальним в XXI столітті. Показано, що берилій використовується в багатьох галузях промисловості від автомобілебудування до супутників і ядерних реакторів. Впродовж 2011-2021 роки середньорічне виробництво берилію в світі становило 263 т. Найбільшими виробниками берилію в світі є США та Китай. В той же час в світі сформувався ринок відходів і брухту берилію. Основними експортерами цих товарів в 2020 році були Швейцарія (частка 38,9 %) та США (36,2 %), а імпортерами – Канада (39,7 %) і Австрія (38,1 %). За період з 2015 по 2020 рік США збільшили експорт відходів і брухту берилію з середньорічним темпом 61,4 % CAGR. В той же час найбільш динамічними імпортерами відходів і брухту берилію були Німеччина (CAGR 46,8 %) та ОАЕ (16,5 %). Звертається увага на екологічні аспекти переробки брухту, який містить берилій. Наразі результати обстеження персоналу свідчать про те, що переробка електронного брухту з використанням сучасних технологій забезпечує мінімальний ризик впливу берилію при диханні. Відзначається, що переробка електричного і електронного брухту потребує впровадження певного операційного менеджменту. Особливо це актуально для країн, що розвиваються. Показано, що для переробки електронного брухту використовуються процеси пірометалургії, гідрометалургії та

біометалургії. Відзначається, що біометалургійна переробка електронних відходів має низькі експлуатаційні витрати, мінімальний об’єм хімічного і біологічного мулу та високу ефективність у детоксикації стоків порівняно з процесами піро- і гідрометалургії. Представлено інформацію стосовно виокремлення берилію з конструкцій ядерних реакторів шляхом використання електрохімічних, хімічних або термічних процесів.

Ключові слова: ринок, тенденції, берилій, відходи, брухт, екологія, менеджмент, технології……..……...…**С.46**

УДК 66.096.5:661.13:661.666

DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-455-465

Оцінка зменшення викидів парникових газів при отриманні штучного графіту в електротермічному киплячому шарі / М. В. Губинський, А. В. Сибір, С. С. Федоров та ін. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2022. – Вип. 36. – С. 455-465.

Однією з основних світових тенденцій розвитку світової економіки є її декарбонізація з виконанням зобов'язань щодо зменшення викидів парникових газів. Значні витрати енергоносіїв і відповідно викиди парникових газів мають процеси отримання високочистих графітованих матеріалів та чорної металургії. Тому розробка та впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій на основі електротермічного киплячого шару дозволить вирішити емісію парникових газів при виробництві електродної продукції. Метою роботи є визначення екологічної ефективності впровадження інноваційної технології на основі електротермічного киплячого шару у порівнянні з існуючими. В основу методики досліджень покладено розрахунки емісії парникових газів з використанням питомих показників викидів при виробництві електричної енергії та спаленні природного газу. В роботі запропонована методика, що враховує структуру виробництва електроенергії та палива в Україні, їх види та якість. Враховано технологічні витрати електроенергії під час її транспортування від станцій до споживача, питомі витрати палива на виробництво електроенергії. Розрахунки проведені для чотирьох варіантів технологічного процесу, які реалізовані на ПрАТ «Укрграфіт» та включають стадію кальцинації антрациту у обертових печах чи електрокальцинаторах, стадію графітації у печах Ачесона та Кастнера. В роботі проаналізовано два варіанти технологій з електротермічним киплячим шаром. Результати розрахунків свідчать, що запропонована технологія отримання дрібнодисперсного штучного графіту на основі антрациту Донецького родовища значно зменшує викиди парникових газів у порівнянні з діючими технологіями ПрАТ «Укрграфіт» у 2-3,5 рази. Питомі викиди парникових газів зменшуються з 2500-2600 кг CO_2/ т до 390 – 780 кг CO_2/ т.

Ключові слова: парникові гази, графітовані матеріали, електротермічний киплячий шар, питомі викиди……...……..**С.54**

УДК 625.861

Валовой О.І. Дослідження фізико-механічних характеристик хвостів смс Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату для будівництва та відновлення залізничних колій / О.І. Валовой, В.В. Афанасьєв, М.О. Валовой // Гірничий вісник. – 2023. – Вип. 111. – С. 100-104.

Робота присвячена визначенню фізико-механічних властивостей піска і щебню з хвостів Інгулецького ГОК. Точкові проби хвостів відібрано з терміналу окремої технологічної лінії грохочення. Лабораторні випробування хвостів проведено згідно зі зернового складу, вмісту зерен лещадної і голчатої форми, насипної щільності і пустотності, подрібнення (марки за міцністю). Експериментальним шляхом були отримані фізико-механічні показники, дані про хімічний та гранулометричний склад щебеню та піску з відходів збагачення залізних руд. Щебінь з хвостів рекомендовано застосовувати для підсилення слабких основ при будівництві земляного полотна залізничних колій. Щебінь з хвостів рекомендовано застосовувати для верхньої будови залізничних колій. За рахунок використання відходів при будівництві залізниць у залізобетонних блоках можливо суттєве покращення екологічного стану підприємства на відвалах та в кар'єрі. Розроблена нова конструкція верхньої будови залізничної колії є екологічно захищеною від утворювання пилу, допускає роботи з виправлення колії, заміні шпал і рейок.

Ключові слова: щебінь, залізничні колії, відходи збагачення, міцність……...…….**С.65**

УДК 669.15'28-198
DOI: 10.15407/steelcast2023.01.069

Петрищев А.С. Побудова діаграми термодинамічної рівноваги реакцій в системі Ni-Cr-Mo-W-O-C стосовно екологічно спрямованої переробки металургійних відходів для підвищення рівня безпеки та гігієни праці / А.С. Петрищев, Ю.О. Смірнов, С.В. Семірягін // Метал та лиття України. – 2023. – № 1. – С. 69-76.

Статтю присвячено побудові діаграми термодинамічної рівноваги реакцій в системі Ni-Cr-Mo-W-O-C щодо переробки техногенних відходів, що стосується підвищення рівня екологічної складової, а також безпеки та гігієни праці в металургійному виробництві. Для досягнення цієї мети було розраховано умови термодинамічної рівноваги відновлення залежно від температури процесу та концентрації монооксиду вуглецю, що вказує на можливість протікання реакцій. Завдяки успішно проведеним етапам досліджень отримано суттєві результати з визначенням температурних умов при певних концентраціях монооксиду вуглецю в зоні реакції, що дають можливість утворення елементів у вільному стані та карбідів. На побудованій діаграмі показано області рівноваги реакцій, які вказують на стадійність перетворень із пониженням вищих оксидних з'єднань до нижчих з послідуючим довідновленням. Також видно, що ділянки діаграми зі зміщенням рівноваги в сторону карбідоутворення знаходяться при відносно низьких температурах. Для зміщення рівноваги реакцій у бік відновлення до металів у вільному стані необхідно забезпечити підвищення температури та концентрації монооксиду вуглецю. Тобто отримання продуктів відновлення без вмісту карбідів є малоймовірним. Врахування зміни теплоємності компонентів реакцій та фазових переходів зі зміною температури дало можливість отримати більш точні результати. Значна кількість розглянутих реакцій і відповідних областей рівноваги на побудованій діаграмі в широкому температурному діапазоні висвітлює більш повну картину можливих перетворень в процесі відновлення легованих техногенних відходів. Разом з переробкою і поверненням у виробництво металургійних техногенних відходів із вмістом тугоплавких елементів забезпечується зниження екологічного напруження та поліпшення рівня безпеки та гігієни праці у про-мислових зонах.

Ключові слова: діаграми термодинамічної рівноваги, оксидні техногенні відходи, переробка, екологічне напруження, безпека…..……..**С.70**

УДК 628.349.087.5
DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278006

Встановлення технологічно доцільних режимів електрокоагуляційного очищення стічних вод від іонів ніколу / А.Б. Гелеш, П.М. Мудринець, Я.А. Калимон // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – Том 2, № 3. – С. 25-30. – Текст англ.

Об’єктом дослідження є технології електрохімічного очищення стоків від іонів важких металів. Робота зокрема присвячена очищенню стоків від низькоконцентрованих за іоном Ніколу. Головним завданням експериментальних досліджень було підібрати матеріал електродів та режим електрохімічного розчинення анодів, за якого ефективність очищення стоків буде максимальною, також підтвердити практичну можливість глибокого очищення зазначених стоків до норм, які відповідають гранично допустимим концентраціям ($ГДК_{Ni}$=0,5 мг/дм^3). Встановлено, що в процесі електрокоагуляційного очищення стічних вод існує індукційний період часу (10 хв), протягом якого в електролізері відбувається накопичення коагулянта та різке зростання ступеня очищення. В результаті збільшення густини струму від 10 А/м^2 до 20 А/м^2 ступінь очищення на залізних електродах за тривалості процесу 20 хв зріс від 60 до 84 %. Це пояснюється інтенсифікацією анодного розчинення металу та зростанням концентрації $Fe(OH)_3$. Збільшення густини струму до 30 А/м^2 практично не впливає на ступінь очищення, що пояснюється явищем поляризації анодів та підтверджується зростанням напруги процесу від 2,40 В (10 А/м^2) до 12,59 В (30 А/м^2). Тому надалі підвищувати густину струму недоцільно. Для залізних анодів не вдалось досягти необхідного ступеня очищення (≥98,3 %), максимальний ступінь очищення не перевищував 85 %, а вміст іонів Ni^{2+} в очищеній воді перевищує ГДК на порядок. Експериментально встановлено, що для процесу електрокоагуляційного очищення стічних вод від іонів Ніколу доцільно використовувати алюмінієві електроди. За густини струму 20 А/м^2 та тривалості процесу 40 хв концентрація іонів Ni^{2+} не перевищувала $ГДК_{Ni}$. При використанні алюмінієвих електродів, зростання густини струму з 15 до 20 А/м^2 не призводить до поляризації електродів, а процес в обидвох випадках проходить стаціонарно за напруги ~ 6,7 В. Обрано технологічно доцільний режим роботи електролізера: алюмінієві електроди за анодної густини струму 20 А/м^2 та тривалості процесу очищення – ≥40 хв. Отримані результати можуть знайти практичне використання у проєктуванні систем очищення стічних вод гальванічних виробництв.

Ключові слова: очищення стоків, електрохімічне очищення, важкі метали, сполуки ніколу, електрокоагуляція, алюмінієві електроди…….……...…..……**С.78**