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 - 2025

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 01.01.2025 р.

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

УДК 338.26:621
DOI: 10.31721/2306-5451-2021-1-53-96-102

Ресурсно-управлінський аспект декарбонізації енергетики як прогресуючий тренд світової економіки / С.О. Жуков, С.А. Харін, Ю.С. Папіж та ін. // Вісник Криворізького національного університету. – 2021. – Вип. 53. – С. 96-102.

Мета. Аналіз сучасного стану та перспектив впливу викидів CO2 в атмосферу планети на прояв кліматичних явищ, аналіз динаміки світової електроенергетики та можливостей прийняття управлінських рішень з вибору оптимальних напрямків її розвитку в контексті декарбонізації.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний підхід, методи аналізу і синтезу. Дослідження ґрунтується на офіційних відомостях світової економічної статистики, вивченні даних міжнародних інформаційних агентств та організацій.

Наукова новизна. На основі аналізу динаміки світової електроенергетики запропоновано матрицю аналізу різних видів електростанцій за групою критеріїв у контексті менеджменту декарбонізації.

Практичне значення. Матриця аналізу за групою критеріїв сприяє прийняттю управлінських рішень з розвитку певних видів підприємств електроенергетики у контексті менеджменту декарбонізації.

Результати. Аналіз глобальних екологічних викликів, які стали сьогодні реальністю та можливих шляхів розвитку світової електроенергетики в контексті декарбонізації дозволив встановити наступне. Температура атмосфери планети зростає сьогодні і зростатиме надалі з неминучістю у зв'язку з неможливістю не тільки скорочення існуючого рівня викидів вуглекислого газу, а й навіть збереження такого рівня викидів, який є нині. Разом з тим людство все далі більш чітко усвідомлює наростаючу небезпеку і шукає способи боротьби з нею. Найбільш гострою проблемою енергетики є одержання первинної електричної енергії, у контексті декарбонізації – одержання такої енергії без викиду вуглекислого газу або з мінімально можливим викидом. В даний час отримання кількості енергії, що повністю задовольняє потребам людства, тільки екологічними способами поки не є можливим. Дослідження світового досвіду формування перспектив електроенергетики показав необхідність активного розвитку, як кількісного, так й ефективності вітрових, сонячних електростанцій, сьогодні і в тривалій перспективі. На основі вивчення динаміки світової електроенергетики запропоновано матрицю аналізу різних видів електростанцій за групою критеріїв у контексті менеджменту декарбонізації.

Ключові слова: менеджмент, кліматичні зміни, Конференція ООН зі зміни клімату 2021 р., декарбонізація, енергетика, матриця аналізу. ……..……...……..**С.8**

УДК 669.15'28-198
DOI: 10.15407/scin15.04.005

Особливості термодинамічної рівноваги реакцій в системі Ni-Cr-Mo-W-O-C щодо переробки легованих металургійних техногенних відходів для підвищення безпеки життєдіяльності / О.М. Смірнов, А.С. Петрищев, С.В. Семірягін, Ю.О. Смірнов // Метал та лиття України. – 2021. – №4. – С. 30-36.

Статтю присвячено дослідженням термодинамічної рівноваги в системі Ni-Cr-Mo-W-O-C, стосовно відновлення оксидної техногенної сировини. Для досягнення цієї мети побудовано графіки залежності значень вільної енергії Гіббса від температури, що дає уявлення про можливість протікання реакцій. Завдяки успішно проведеним етапам досліджень отримано суттєві результати з визначенням температурних умов, що забезпечують збільшення імовірності реакцій утворення карбідів та елементів у вільному стані при відновленні як вуглецем, так CO і карбідами. Показано, що з термодинамічної точки зору вищі оксидні сполуки мають меншу стійкість, ніж нижчі оксиди. В дослідженій системі вірогідні реакції утворення оксидів та карбідів, металів у вільному стані, а також CO та CO2. Визначено схильність оксидних з'єднань тугоплавких металів до відновлення за участі C, CO і карбідів. Визначено високу вірогідність паралельного протікання реакцій карбідоутворення наряду із відновленням при відносно низьких температурах. При підвищенні температури зростає вірогідність відновлення до металів у вільному стані. При цьому з підвищенням температури збільшується роль карбідів, як відновників. Визначено більшу імовірність протікання реакцій відновлення вищих оксидів, ніж нижчих. Разом з цим отримання відновленого продукту без вмісту карбідів є малоймовірним. Врахування фазових переходів і зміни теплоємності компонентів реакцій з підвищенням температури дало можливість отримати більш точні результати. Суттєва кількість розглянутих реакцій в широкому температурному діапазоні висвітлює більш повну картину можливих перетворень в процесі відновлення легованих техногенних відходів. Одночасно з відновленням і поверненням у виробництво техногенних відходів металургії реалізується зниження забруднення навколишнього середовища та зменшення екологічної напруженості регіонів з розвиненою промисловістю, що у свою чергу обумовлює підвищення безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: термодинамічна рівновага, відновлення, оксидні техногенні відходи, переробка, безпека середовища перебування...…….....…...…....**С.15**

УДК 669.004.8:621.73.073:621.974.813:621.785
DOI: 10.31498/2225-6733.42.2021.240676

Іващенко В.Ю. Подовження утилізаційного ресурсу штампів для горизонтально-кувальних машин / В.Ю. Іващенко, В.В. Кухар // Вісник ПДТУ – 2021. – №42. – С. 130-139.

Проаналізовані тенденції впровадження у різних країнах світу принципів «зеленої» або циркулярної економіки стосовно до ковальсько-штампувального виробництва та шляхи підвищення робочої стійкості інструменту та вибору доцільного процесу утилізації як комплексного утилізаційного ресурсу штампового інструменту. Для порівняння наведено опис ситуації в Україні. Показано, що малогабаритні штампи у порівнянні з крупно- та середньогабаритними мають значно меншу ресурсоефективність, бо не підлягають

відновленню та відпрацьовують лише один робочий термін. До того ж стійкість штампів однієї конструкції дуже варіюється залежно від типу руйнування, який обумовлений стохастичним комплексом чинників: хімічною неоднорідністю сталі, технологічними переробками заготовки під штамп, якістю обслуговування, станом обладнання та ін. Уповільнення процесу відходоутворення можна досягти використанням якіснішого інструменту, якій витримуватиме більшу кількість кувальних циклів. Встановлено причини виходу з ладу штампів із сталі 5ХНМ для горизонтально-кувальних машин, виявлено взаємозв'язок між стійкістю та особливостями руйнування робочих поверхонь. Виявлена залежність терміну виходу з ладу штампів із сталі 5ХНМ від характеру руйнування гравюри штампа, який в свою чергу обумовлений особливостями структури та рівнем твердості сталі у термічно обробленому стані. Показано, що заходи, спрямовані на подолання основних причин розтріскування, в тому рахунку використання режимів термічної обробки, які підвищують хімічну, структурну однорідність та ударну в'язкість сталі, запобігають передчасному руйнуванню робочих поверхонь і сприяють подовженню утилізаційного ресурсу штампового інструменту. Наведено результати тестування стійкості штампів, для яких був врахований напрямок осі прокатки заготовки під штамп та застосована нова термічна обробка – термоциклічна обробка з подальшим гартуванням та відпуском на твердість 44-48 HRC. Робоча стійкість таких штампів зросла на 68%.

Ключові слова: штамповий інструмент, сталь, структура, твердість, термічна обробка, робоча стійкість, ресурсозбереження, утилізаційний ресурс……..…….…....…..…....**С.22**

УДК 621.382
DOI: 10.26661/2071-3789-2022-1-09

Впровадження технології використання некондиційних напівпровідникових структур для виготовлення сонячних елементів / Т.В. Критська, О.Ю. Небеснюк, А.О. Ніконова, З.А. Ніконова // Металургія. – 2022. – № 1. – С. 75-80.

Сонячна енергетика – одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40–50 %. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної електрики в світовій енергетиці перевищила позначку в 5 %. Удосконалення технології виготовлення фотоелектричних модулів призвело до істотного зниження собівартості електроенергії. В понад 30 країнах світу (зокрема, Німеччині, Чилі, Австралії, Мексиці) сонячна енергія стала дешевше, ніж одержувана з традиційних джерел (нафта, газ, вугілля). За останні 10 років інвестиції в сонячну енергетику склали близько 300 мільярдів доларів США. Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. В статті розглянуті питання підвищення ефективності застосування сонячної енергетики в Україні. Одним із напрямків є розробка нових технологій і використання дешевого матеріалу, тому запропоновано технологію створення фотоелектричних перетворювачів на основі недорогих вихідних напівпровідникових матеріалів і створення для них якісних контактних систем. Запропоновано технологію отримання некондиційних напівпровідникових структур, як вихідного матеріалу, для виготовлення якісних сонячних елементів з використанням ІТО – шарів. Впровадження запропонованої технології виготовлення дешевих сонячних елементів з некондиційних напівпровідникових структур може суттєво підвищити конкурентоспроможність вітчизняної продукції як на внутрішньому,

так і на зовнішніх ринках, скоротити імпорт енергоресурсів і нівелювати політичний тиск на нашу країну з боку експортерів нафти і газу.

Ключові слова: сонячні елементи, технологія, фотоелектричні перетворювачі, кремній, ІТО-шар, коефіцієнт корисної дії…..……..…….....……..**С.32**

УДК 504.630.003.

DOI: 10.31643/2022/6445.32

Способи видалення кремнезему з відходів пірометалургійного переділу ільменітового концентрату/ А.А. Ультаракова, З.Б. Қаршига, Н.Г. Лохова та ін. // Комплексное использование минерального сырья – 2022. – № 3. – С. 79-88.

У статті наведено дослідження з переробки відвальних пилів електроплавки ільменітових концентратів з видаленням з них кремнію лужним та фторидним методами. Дослідження вилуговування пилу електроплавки розчинами їдкого натру входило вивчення впливу концентрації гідроксиду натрію, тривалості процесу, температури, співвідношення Т:Ж. Встановлено оптимальні умови вилуговування пилу електроплавки концентрату ільменіту: температура 80-90 °С, тривалість 90-120 хв, співвідношення Т:Ж = 1:5, концентрація розчину гідроксиду натрію 110-115 г/дм^3. Визначено оптимальні умови фторування пилу електроплавки, при яких ступінь сублімації фториду кремнію склала 84,2 %. Проведено дослідження з розкладання отриманого кремнійвмісного відгону в присутності аміачного агента. На основі результатів термічного аналізу та досліджень щодо впливу тривалості процесу, встановлені оптимальні режими піролізу, що забезпечує поділ фториду та оксиду кремнію: температура 530-560 °С та тривалість 60-80 хв. Вміст оксиду кремнію отриманому продукті склало 96,3 %.

Ключові слова: тонкодисперсні пилу, вилуговування, гідроксид натрію, діоксид кремнію, фторування…..……..…….....……..**С.38**

УДК 504.630

DOI: 10.51301/ejsu.2022.i1.06

Створення ефективних технологій переробки техногенної сировини / А.А. Ашимова, А. Баскетин, А.А. Бек та ін. // Engineering Journal of Satbayev University. – 2022. – №1. – С.37-42 – Текст рос.

Промислова переробка техногенної сировини (відходи збагачення та переробки, розкривні та вміщуючі породи), близької за складом до природного та використовуваного в традиційних напрямках, практично не відрізняється від промислової переробки природної мінеральної сировини. Створення ефективних технологій переробки техногенної сировини, що дозволяють отримувати з неї конкурентоспроможну продукцію для різних галузей промисловості, є актуальним завданням. У статті розглядаються питання розробки складів розчинів для зміцнення та зміцнення укосів кар'єру. Зміцнення масиву гірських порід на ослаблених ділянках досягається введенням у тріщини масиву речовин, які після зміцнення та схоплювання породи значно підвищують її стійкість до зсуву. Введення армуючої речовини в об'ємну масу здійснюється під тиском, а як твердіючий матеріал ми розглядаємо цементні смоли, силікати та полімерні смоли. Найбільш поширеним серед методів зміцнення було цементування гірських порід, під час роботи у породах водоносних горизонтів, зміцнення нестійких та порушених масивів. За допомогою зміцнення можна уповільнювати процеси вивітрювання та обсипання порід, попереджати обвалення уступів та обсипання порід з

поверхні укосів. Вивчено можливість отримання розчинів для зміцнення тріщинуватих гірських порід та будівельних споруд. Наведено результати дослідження відходів «Акшатауського гірничо-збагачувального комбінату» і підтверджено можливість використання їх для розчинів для зміцнення тріщинуватих гірських порід. Введення зміцнюючої речовини в масив здійснюється під тиском, а в якості матеріалу, що зміцнюється, нами розглядаються цементні розчини, силікати і полімерні смоли. Найбільшого поширення серед способів зміцнення набула цементація під час проведення гірських виробок (підземних споруд) в тріщинуватих породах. Значимість отриманих результатів для будівельної галузі полягає у розширенні та відтворенні сировинної бази промисловості будівельних матеріалів за рахунок використання відходів ГМК (хвостів збагачення) та розробки ресурсозберігаючих технологій.

Ключові слова: розробка родовищ, кар'єр, копальня, збагачувальна фабрика, порушеність, тріщини, обвалення гірничого масиву, зміцнення, відходи гірничого виробництва, будівельні матеріали, розчини…….……..…**С.48**

УДК 504.3.054
DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289353

Пилове забруднення повітря, що викидається металургійним комплексом Ель-Хаджар: кількісна оцінка, характеристика та небезпека для здоров’я на виробництві / Ф. Бурфа, А. Ідрес, З. Мекті та ін. // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – Том 5, № 3. – С. 20-28. – Текст англ.

Родовища заліза Уенза та Бухадра є одним з основних джерел постачання залізної руди для сталеливарної промисловості Алжиру. Будучи фундаментальним багатством, доступним для Алжиру, розробка залізної руди та її використання спричиняє значні негативні наслідки для навколишнього середовища, головним чином через розширення пилу, що буде джерелом погіршення навколишнього середовища. Металургійна промисловість є невід’ємною частиною алжирської економіки. Екологічною проблемою, яка негативно впливає на здоров'я людей та навколишнє середовище, є забруднення повітря. Ці питання актуальні для ділянки та міста Аннаба, де розвинена металургійна промисловість. Екологічна обізнаність характеризується сильною екологічною чутливістю, особливо в міських районах з металургійними джерелами забруднення. Об’єктом цього дослідження є відібрані проби із ділянок, які утворюють більше пилу на заводі сталеливарного комплексу. Це дослідження має на меті охарактеризувати сталеливарний пил з різних ділянок заводу, щоб визначити мінеральні фази та їхній хімічний склад. Використовувані різні аналітичні методи включають фізико-хімічний аналіз, рентгенівську флуоресценцію (XRF), кристалічні фази, розмір кристалів, параметри решітки, мікродеформації, лазерний гранулометричний аналіз, рентгенівську дифракцію, мікроскопію, електронне сканування та аналіз (EDS), енергетичну дисперсійну спектроскопію. Встановлено, що середньомісячна кількість пилу, що виділяється пиловловлювачами установки підготовки агломерованих матеріалів (ПАМ), становить 108.45 тон. Зразки пилу, проаналізовані з різних точок майданчика, відрізняються за своїм мінеральним і хімічним складом. Дослідження підтвердили наявність оксидів заліза, кремнію, багатьох різних мінеральних фаз. Результати розмірного аналізу доводять, що два зразки відрізняються за своїми розмірами. ESP1 та ESP2 є більш грубим, ніж ESP3 і FF3A.

Ключові слова: професійні захворювання, забруднення частинками, алжирські норми забруднення, вплив на навколишнє середовище, Аннаба……...……..…..…**С.54**

УДК 691:699

DOI: 10.52209/1609-1825_2023_4_215

Кульшикова С.Т. Дослідження властивостей заповнювача з паливних шлаків / С.Т. Кульшикова, А.Ф. Кудашева // Збірник трудів Карагандинського технічного університету. – 2023. – № 4(93). – С. 215-221.- Текст рос.

В даний час перед будівельною галуззю особливо гостро постає завдання раціонального використання природних ресурсів. Задоволення потреби виробництва у сировинних ресурсах відповідно до концепції сталого розвитку країни має враховувати інтереси нинішнього та наступних поколінь, не забуваючи про охорону та відтворення навколишнього середовища. З величезної кількості мінеральної сировини, що видобувається з природного середовища для цілей виробництва, кінцевий продукт перетворюється лише 1,5-2,0%. Основна ж його маса переходить у виробничі та побутові відходи, що накопичуються у відвалах, і є техногенною сировиною. Метою дослідження є дослідження властивостей золошлакових відходів (ЗШО) для використання як наповнювачів у композиційні цементні в'яжучі речовини та заповнювачів для дрібнозернистих бетонів з набором необхідних експлуатаційних властивостей. В основу гіпотези наукового дослідження покладено уявлення про модифіковані матеріали та фізико-хімічні процеси структуроутворення композиційних в'язких речовин, заповнювачів та бетонів на їх основі. Основним стримуючим фактором широкого залучення ЗШО у виробництво є необхідність суттєвих капіталовкладень для створення додаткової ланки в технологічному ланцюжку виробництва.

Ключові слова: цемент, композиційна в'яжуча речовина, питома поверхня, гідратація, пуцоланові властивості, паливний шлак, гідравлічна активність, дрібнозернистий бетон....**С.63**

УДК 662.795:622.311.1:669.054.8

DOI: 10.33070/etars.1.2024.08

Дослідження властивостей замасленої дрібнодисперсної окалини з відвалів металургійних комбінатів / С.В. Цвєтков, Р.А. Пилипенко, О.М. Святенко, А.А. Небесний // Енерготехнології та ресурсозбереження. – 2024. – №1. – С. 94-101.

Задача одержання залізовмісної вторинної сировини з дрібнодисперсної замасленої окалини, що накопичена у відвалах металургійних комбінатів України, є важливою та актуальною. Ця окалина містить в собі від 60 до 75 % оксидів заліза. Щорічно тільки у відвали ПрАТ «Криворіжсталь» її ск идається до 2,5 млн т. Для визначення сприятливих умов знемаслювання та очищення відвальної окалини виконано дослідження її структури, складу, фізико-хімічних та технологічних властивостей. Показано, що у складі відвальної окалини ПрАТ «Криворіжсталь», крім оксидів заліза, масла й води, присутня значна, понад 30 %, кількість органічних речовин. Відносна кількість складових є різною. Визначено рідкий реагент для відділення органічних забруднювачів з вихідного матеріалу. При нагріванні очищеної від них окалини до 500 °С відбувається поступове зменшення маси зразка до зупинки з витримкою, зі збереженням в кінцевому продукті усіх вихідних оксидів заліза (FeO, Fe3O4 й Fe2O3) при відсутності масла. При подальшому нагріванні окалини до 950 °С як кінцевий продукт одержано до 97,5 % гематиту. Крім гематиту, в кінцевому продукті присутні в незначній кількості, до 1,3 %, оксиди інших металів та понад 1,2 % кварцу.

Ключові слова: відвали, вторинна сировина, замаслена окалина, дрібнодисперсна, оксиди заліза, гематит…….…….....……...……....**С.72**