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

МЕТАЛУРГІЯ РУДИ ТА ЧАВУНУ

Тематична добірка публікацій з актуальних
питань аглодоменного виробництва

Випуск 4

Дніпро - 2025

Дана тематична добірка містить копії першоджерел, присвячених вирішенню актуальних теоретичних та практичних проблем, а також вдосконаленню технологій аглодоменного виробництва і підготовки сировинної бази.

Складено за фондом ЦДНТБ ГМК України станом на 01.07.2025 р.

Бібліографічний анотований список до тематичної добірки «Металургія руди та чавуну»

1. Збагачення залізних руд

УДК 622.7: 534
DOI: 10.31721/2306-5451-2022-1-54-46-50

Використання нелінійних ультразвукових вимірювань для оцінки параметрів осадження твердої фазі пульпи у дешламаторі / В. С. Моркун, Н. В. Моркун, В. В. Тронь та ін. // Вісник Криворізького національного університету. – 2022. – Вип. 54. – С.46-50.

Метою дослідження є встановлення доцільності і розроблення методу застосування оцінювання нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, для оптимізації його роботи.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано такі методи: аналіз результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень, системний аналіз, математичне моделювання, аналітичний синтез, комп'ютерне моделювання, чисельне моделювання, комп'ютерні інформаційні технології.

Наукова новизна. В умовах мінної швидкості поширення ультразвуку та змінної густини випадково-неоднорідного середовища для моделювання даного процесу необхідно використовувати методи розшарованого простору першого та вищих порядків. На основі математичного моделювання процесу поширення ультразвуку у рудній пульпі встановлено, що змінення форми імпульсу акустичних коливань кінцевої тривалості є наслідком нелінійних характеристик процесу поширення ультразвуку в пульпі, які, своєю чергою визначаються її густиною та гранулометричним складом.

Практичне значення. Запропоновано використовувати нелінійні ультразвукові вимірювання для оцінки параметрів осадження твердої фазі пульпи у процесі її згущення у дешламаторі. Зазначене дозволяє враховувати коливання характеристик технологічного потоку пульпи, який подається на переробку при реалізації алгоритму змінення кількості флокулянту та продуктивності вихідного потоку згущеного продукту при керуванні процесом згущення у дешламаторі. У даному випадку змінення властивостей збагачуваної руди розглянуто як додатковий збурюючий фактор, для урахування якого здійснюють вимірювання та регулювання швидкості осадження твердої фази пульпи.

Результати. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що оцінки нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, необхідно застосовувати для оптимізації його роботи. Запропонований підхід дозволяє врахувати густину пульпі та характер розподілу часток твердої фази рудного матеріалу у дешламаторі за крупністю, встановити характеристики

вихідного продукту дешламатора, та у відповідності до параметрів процесу осадження часток руди і за рахунок цього зменшити витрати води на 3,5% і втрати корисного компонента на 0,6–0,7%.

Ключові слова: дешламатор, ультразвук, автоматичне керування, моделювання, залізна руда, пульпа…….....……..……..**С.10**

УДК 69.002.5
DOI: 10.52209/1609-1825_2023_4_10
Байгереев С.Р. Оцінка ефективності процесу подрібнення у новому роторно-вібраційному млині методом кінцевих елементів / С.Р. Байгереев, Г.О. Гурьянов, О.Ю. Васильева // Вісник Карагандинського технічного університету. – 2023. – №4 (93) – С.10-15.

З бурхливим розвитком нанотехнологій зросла актуальність питання підвищення ефективності тонкого та надтонкого подрібнення матеріалів. На сьогоднішній день одним із затребуваних завдань є отримання продукту подрібнення розміром менше 20 мкм для виконання різних технологічних процесів. Мета досліджень, представлених у цій статті, полягає у підвищенні ефективності тонкого та надтонкого подрібнення матеріалів. Для досягнення цієї мети авторами статті проаналізовано нові технічні рішення щодо підвищення ефективності тонкого та надтонкого подрібнення. На основі існуючих принципів удосконалення конструкцій бісерних млинів, запропоновано нову конструкцію подрібнювача так званого «роторно-вібраційного типу». Використовуючи метод кінцевих елементів, за допомогою комп'ютерної симуляції процесу подрібнення, оцінили ефективність запропонованої конструкції подрібнювача. Як показали результати досліджень, нова конструкція подрібнювача дозволяє підвищити тонкість помелу на 69...75% та знизити час процесу подрібнення на 60...74% порівняно з наявними аналогами.

Ключові слова: млин, подрібнення, ротор, куля, вібрація, удар, стирання, симуляція, метод кінцевих елементів, напруга, енергія зіткнення, кількість зіткнень, комп'ютерне моделювання, частка, руйнування матеріалу, теорія Ребіндера……..……..**С.15**

УДК 504.3.054
DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297846
Чаіб А. Дослідження фізико-хімічної характеристики та магнітного збагачення залізної руди родовища Сіді Мааруф / А. Чаіб, С. Бубдаллах, М. Ферфар та ін. // Technology Audit and Production Reserves. – 2025. – №1/3 (75) – С.9-14.

Створення нового металургійного комплексу в Белларі, розташованому в Ель-Міліа в регіоні Джіджель, є географічно вигідним через його близькість до родовища Сіді-Мааруф (Алжир). Ця близькість була фундаментальною мотивацією для завершення цього дослідження. Об’єктом дослідження є якість виробів із заліза з Сіді-Мааруф. Дослідження направлене на розробку процесу обробки, спрямованого на покращення якості виробів із заліза з Сіді-Мааруф, одночасно зменшуючи домішки кварцу та глини, присутні в цій руді. Цей підхід базуватиметься на затвердженій технологічній схемі обробки, реалізованій шляхом експериментального підходу для забезпечення надійних результатів, які відповідають вимогам сталеливарної промисловості. Проблема пов'язана з труднощами, які виникають у виробництві сталі через природні властивості сировини.

У зв’язку з відсутністю фізико-хімічної характеристики родовища залізної руди Сіді-Мааруф, відібрані проби проходять серію ретельних аналізів, включаючи мікроскопічні дослідження, рентгенівську дифракцію (XRD), а також додаткові хімічні аналізи з використанням рентгенівської флуоресценції (XRF). Виявлені мінерали переважно складаються з гематиту в перерахунку на залізо. Що стосується пустої породи, то вона в основному складається з кальциту та кварцу. Завдяки процесу попередньої обробки, що включає промивання, успішно було видалено легкі частинки, у результаті чого утворився концентрат, що містить щільні частинки. Цей підхід був вирішальним для досягнення задовільних результатів під час високоінтенсивної сухої магнітної сепарації. В результаті досліджень показано, що при збагаченні залізної руди Сіді-Мааруф за допомогою високоінтенсивної сухої магнітної сепарації отримано кінцевий концентрат із вмістом Fe2O3 понад 67 %, а також значним зниженням домішок кремнезему до 0,92 % і глинозему до 0,77 %. Зроблено висновок, що цей концентрат, отриманий із фракції -1+0.5 мм і отриманий при силі струму 12 А, відповідає вимогам сталеливарної промисловості.

Після проведеної роботи було виявлено, що методи валоризації залізної руди за допомогою мінералогічних процесів постійно вимагають високого рівня ефективності та продуктивності з точки зору обладнання та характеристик отриманих продуктів. У майбутньому переробка залізної руди буде здійснюватися з використанням інноваційних методів, інтегруючи передові технології для покращення її характеристик із застосуванням екологічно чистих практик.

Ключові слова: оксид заліза, характеристика, сталеливарна промисловість, магнітна сепарація, промивання, регіон Джіджель, східний Алжир……..……...**С.21**

УДК 631.361.8

DOI: 10.33108/visnyk_tntu2025.01.005

Аналіз процесу руху матеріалу в шнековому конвеєрі / В.Барановський; І. Карп; Я. Сало та ін. // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2025. – №1 (117) – С.5-17.

Шнекові конвеєри, як універсальний транспортний засіб застосовуються для переміщення, подрібнення, змішування, дозування різних матеріалів, у тому числі й продуктів аграрного виробництва – зерна, коренеплодів, кормових сумішей тощо. Підвищення технологічної ефективності їх використання досягається шляхом конструктивного удосконалення та оптимізації раціональних параметрів і режимів роботи, що є актуальною науковою проблемою. Шнековий транспортерподрібнювач реалізовано на основі поєднання транспортного шнека та встановлених різальних ножів-подрібнювачів на напрямній трубі шнекового конвеєра. Мета роботи – розширення функціональних спроможностей шнекових конвеєрів за рахунок поєднання суміжних технологічних операцій подрібнення та переміщення коренеплодів у одну операцію шляхом розроблення комбінованого робочого органа. Завдання дослідження – розроблення математичної моделі, яка описує кінематично-динамічні процеси руху потоку подрібнених коренеплодів по спіральному витку шнека взовж осьової лінії його обертання. У цьому аспекті розглянуто два випадки переміщення тіла подрібнених коренеплодів робочими органами шнекового транспортера-подрібнювача: тіло подрібнених коренеплодів рухається по робочій поверхні спірального витка без контакту з внутрішньою поверхнею напрямної труби – І випадок; тіло подрібнених коренеплодів рухається одночасно по робочій поверхні спірального витка та

внутрішній поверхні напрямної труби – II випадок. Отримані аналітичні значення реакції в'язі робочої поверхні спірального витка та реакції в'язі робочої поверхні напрямної труби шнекового конвеєра та рівняння руху тіла подрібнених коренеплодів для I та II випадків переміщення подрібнених частин коренеплодів є основою для подальшого проведення аналітичних розрахунків з метою обгрунтування та оптимізації основних конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи робочих органів транспортера-подрібнювача.

Ключові слова: коренеплоди, шнековий конвеєр, виток, модель, переміщення, параметри, сила, кутова швидкість, рівняння руху, одинична нормаль, вектор……...……..……..**С.27**

2. Окускування

УДК 622.788.3

DOI: 10.31643/2023/6445.40

Дослідження термічної стійкості брикетів на основі мікрокремнезему / А.С. Байсанов, Н.Р. Воробкало, Е.Н. Махамбетов та ін. // Комплексное использование минерального сырья. – 2023. – Том 327, №4. – С. 57-63. – Текст англ.

Об'єктом дослідження у цій роботі є мікрокремнезем - пилоподібний техногенний відхід, що утворюється при виплавці технічного кремнію на виробництвах. Передбачуване використання даного матеріалу - отримання в результаті найбільш високоякісних марок технічного кремнію без використання дорогого кварцу. Проблема переробки мікрокремнезему пов'язана з тим, що мікрокремнезем є дрібнодисперсним порошком, безпосередня переробка (без попередньої підготовки) якого на технічний кремній неможлива в рудно-термічних печах. Що вимагає виготовлення високоміцних брикетів на його основі, що задовольняють усім вимогам до сировинних матеріалів для рудно-термічних печей. У цій роботі авторами представлені результати дослідження термічної стійкості брикетів на основі мікрокремнезему з метою оптимізації фізико-хімічних властивостей брикетів. Брикети з мікрокремнезему з різними вуглецевими відновниками (відсіви коксу термоокислювального коксування, відсіви деревного вугілля та ін.) були отримані в лабораторному валковому брикетувальному пресі ZZXM-4. Оцінку термічної стійкості брикетів виконували за методикою, в якій отримані брикети піддаються термічного удару з подальшим стиранням на спеціальному барабані. Термічна стійкість брикету визначається як відношення ваги основного тіла брикету після випробування на стирання до суми ваги основного тіла і матеріалу, що обсипався. Також було визначено залежність термічної стійкості від гранулометричного складу брикетів. Визначено оптимальний гранулометричний склад, з яким брикети мають задовільну термічну стійкість. Якщо вибирати найбільш технологічний гранулометричний склад брикетованої шихти, можна відзначити, що краще підходять до відновлювальної плавки в рудно-термічній печі брикети з гранулометричними складами відповідним співвідношенням фракцій 0-1; 1-3; 3-5 мм у наступних пропорціях 35/35/30 та 60/20/15 відповідно, а також брикети з гранулометричним складом у цих межах варіювання.

Ключові слова: термічна стійкість, брикети, мікрокремнезем, кремнієві брикети, брикетування, кремнієві відходи……..…..**С.40**

УДК 622.781
DOI: 10.31498/2225-6733.48.2024.310674

Чупринов Є.М. Дослідження можливості підвищення якості окатишів за рахунок кращого методу підготовки донної та бортової постілі / Є.В. Чупринов, Д.О. Кассім, Ю.В. Реков // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2024. – Вип. 48. – С. 47-52.

Проаналізовано методи управління якістю окатишів за рахунок управління донною і бортовою постіллю. Показано, що даний метод може бути ефективним для підвищення властивостей залізорудної продукції, але не використовується в промисловості через недостатню обґрунтованість. Запропонована нова технологія термозміцнення окатишів, яка дозволяє істотно поліпшити їх міцність при відновленні в доменній печі. Проведені дослідження по термозміцненню окатишів в обпалювальній чаші діаметром 300 мм і висотою шару 400 мм. Результати досліджень показали, що питома продуктивність обпалювального агрегату аналогічна технологічним режимам, міцність на стиск обпалених, проте, міцність на удар і стирання при відновленні у придатної фракції обпалених окатишів, отриманих за пропонованою технологією, істотно краще, ніж за прийнятою. Впровадження розробленої технології в промислових умовах в цехах з виробництва окатишів без реконструкції є досить простим і не вимагає суттєвих капіталовкладень.

Ключові слова: залізорудні окатиші, донна і бортова постіль, термозміцнення, міцність, відновлення, доменна піч.……..……...……...……..……...…..…**С.47**

УДК 669.184
DOI: 10.31319/2519-2884.46.2025.2

Дослідження ефективності використання конвертерного шлаку в агломераційній шихті / Р.М. Руденко, Є.М. Сігарьов, М.Р. Руденко та ін. // Вісник ДДТУ. – 2025. – №1 (46) – С. 19-27.

У статті представлені результати дослідження використання конвертерного шлаку в якості складових агломераційної шихти. Обґрунтована можливість повернення його основних складових CaO, FeO, Fe_2O_3, MgO, Al_2O_3, MnO в цикл металургійного виробництва. Встановлені особливості формування прошарків агломераційної шихти із різним модулем основності за рахунок введення до шихти конвертерного шлаку із розмірами визначеного діапазону, без використання додаткового тракту підготовки шихти. Наведено залежності питомої продуктивності агломераційної машини від фракційного складу частинок конвертерного шлаку, що завантажується на спікальні візки агломераційної машини за запропонованою технологією, із раціональним вертикальним розподілом матеріалів за перерізом шару шихти. Визначено, що перенесення частини CaO-вмісних матеріалів до нижньої частинини шару шихти здатне забезпечити на спікальному візку агломераційної машини більш раціональне використання тепла від згоряння твердого палива в верхній частині шару шихти.

Ключові слова: агломераційна шихта, конвертерний шлак, флюси, прошарки, газопроникність, продуктивність..……..……...……...……..……...…..…**С.53**

3. Доменне виробництво

УДК 669.162.231/.238
DOI: 10.52150/2522-9117-2023-37-121-138

Дослідження ефективності використання суміші повітря, димових газів та технологічного кисню в якості окиснювача при опаленні доменних повітронагрівачів / М. В. Петряков, Л. П. Грес, О. В. Гупало та ін. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – Вип. 37. – С. 121-138.

Підвищення температури нагріву доменного дуття є одним із відомих способів економії коксу при виробництві чавуну. Для нагрівання дуття використовуються повітронагрівачі, які зазвичай опалюються доменним газом. Оскільки склад і теплота згоряння доменного газу недостатні для досягнення температури горіння доменного газу, яка забезпечує достатнє підігрівання насадок повітронагрівачів для нагрівання дуття на рівні 1160-1230 °С, використовуються різні методи збільшення температури горіння доменного газу. В даній роботі досліджено ефективність застосування одного з таких методів – використання в якості окиснювача для спалення доменного газу в повітронагрівачах суміші повітря, димових газів та технологічного кисню. Для підготовки суміші блок повітронагрівачів оснащується додатковим обладнанням: теплогенератором для спалювання доменного газу с атмосферним повітрям, та змішувачем, в якому високотемпературні димові гази, що утворюються при спалювання палива в теплогенераторі, змішуються з атмосферним повітрям та технологічним киснем з утворенням повітро-димової суміші у складі якої міститься 21 % кисню. Використання підготованої таким чином суміші збільшує температуру горіння палива в повітронагрівачах і забезпечує підвищення температури нагріву насадки, що в свою чергу сприяє підвищенню температури нагріву доменного дуття. Результати роботи містять порівняння ефективності даного методу з іншими відомими методами збільшення температури горіння палива в повітронагрівачах: збагачення доменного газу природнім, підігрів компонентів горіння перед спалюванням палива в повітронагрівачах; збагачення повітря горіння киснем. В роботі показано, що використання повітро-димової суміші при інших рівних умовах, має деякі переваги у порівнянні з іншими методами, а саме не призводить до суттєвого зниження виходу димових газів, які утворюються при спалюванні палива в повітронагрівачах, що не погіршує теплообмін в насадці теплообмінників, а також підвищує повноту використання власнихенергоресурсів підприємства (доменного газу і технологічного кисню) при наявності їх залишків. До недоліків використання повітро-димової суміші слід віднести можливість утворення вибухо-небезпечної суміші під час змішування технологічного кисню з високотемпературними продуктами згоряння палива, які можуть містити угарний газ. Тому питання безпечної реалізації змішування димових газів, кисню і атмосферного повітря потребують подальшого дослідження і детальної розробки конструкції змішувача.

Ключові слова: повітронагрівач, природний газ, доменний газ, технологічний кисень, вторинні енергоресурси, теплогенератор……..…..…..……..**С.62**

УДК 669.162

Узагальнення методичних підходів до розрахунку енергетичних параметрів газового потоку в горні доменних печей при вдуванні комбінованого дуття / Д.О. Кассім., Є.В. Чупринов, І. А. Ляхова, М.Г. Коренко // Гірничий вісник. – 2024. – Вип. 112. – С. 45-49.

Мета. Головною метою даної роботи є вдосконалення контролю зміни енергетичних параметрів газового потоку в горні доменних печей та розподілу газового потоку за радіусом на підставі адаптації методики визначення комплексних показників оцінки потоків комбінованого дуття та горнового газу, з урахуванням технологічних особливо-стей доменної плавки при вдуванні комбінованого дуття.

Методи дослідження. У роботі використано сучасні методи дослідження, у тому числі математичне моделювання, методи математичної статистики для дослідження впливу запропонованих комплексних параметрів на перебіг доменної плавки при різних технологічних режимах роботи доменної печі корисним об'ємом 5000 м3 .

Наукова новизна. Розроблено методичні рекомендації щодо розрахунку повної енергії потоку горнового газу при вдуванні природного газу та пиловугільного палива в горн доменних печей.

Практична значимість. Отримані авторами даної роботи результати дозволяють контролювати як середні значення потоку горнового газу при вдуванні природного газу та пиловугільного палива в горн доменних печей, так і його значення по окремим фурмам доменної печі, що дає можливість контролювати та регулювати глибину проникнення потоку горнового газу до центру печі від кожної фурми, а, отже, дозволяє покращувати газодинамічні та відновлювальні умови доменної плавки.

Результати. У даній роботі авторами, на підставі аналізу результатів впровадження технології вдування пиловугільного палива на доменній печі корисним об'ємом 5000 м3, були запропоновані напрямки вдосконалення газодинамічних та відновлювальних умов доменної плавки на підставі контролю зміни розмірів зон горіння перед фурмами печі та розподілу газового потоку за радіусом її горна. З цією метою були узагальнені методичні підходи щодо визначення комплексних енергетичних показників оцінки потоків комбінованого дуття і горнового газу при впровадженні технології доменної плавки з вдуванням природного газу та пиловугільного палива.

Ключові слова: доменна плавка, пиловугільне паливо, горновий газ, комбіноване дуття, зона горіння, кінетична енергія, повна енергія, фурма, горн…….……...….**С.80**

УДК 669.162

DOI: 10.15407/steelcast2025.01.006

Крячко Г.Ю. До питання про вибір характеристик задувальних шихт доменних печей / Г.Ю. Крячко, Є.М. Сігарьов // Метал та лиття України. – 2025. – №1. – С.6-12.

Від вибору раціональних технології задувального періоду та складу задувальної шихти значною мірою залежать успішне виведення доменних печей (ДП) на проєктну потужність і тривалість їх кампанії. Ключовим при виборі складу задувальних шихт є питання про визначення витрати коксу, найбільш вартісного компоненту шихт і визначального фактору для успішного пуску доменної печі. Аналіз джерел інформації свідчить про неоднозначність підходу для вирішення вказаного питання.

Метою роботи є узагальнення досвіду використання задувальних шихт доменних печей для покращення їх характеристик, пов'язаних, перш за все, із загальною і зональною витратами коксу.

Показано, що з появою досліджень структури стовпа шихти заморожених на ходу доменних печей і розуміння процесу утворення коксової насадки, змінилися підходи до формування задувальної шихти, перш за все це позначилось на об'ємах безфлюсового коксу

нижніх шихт. Запропоновані нові характеристики задувальних шихт, віднесені до корисного об'єму печі Vкор, зокрема об'ємна частка коксу в загальній задувальній шихті VΣК/Vкор, об'ємна частка коксу, завантаженого без флюсу нульової і першої шихт Vкнш/Vкор, об'ємна частка коксової насадки Vкн/Vкор.

Виявлено тенденцію зростання вказаних характеристик в процесі удосконалення доменної технології. Так, якщо на початку 50-х років XX ст. на печах об'ємом 1386 м3 індекс VΣК/Vкор становив 0,66—0,72, то в 70-х роках і надалі він збільшився до 0,76—0,96. В 60-70-і роки об'єм безфлюсового коксу нижніх шихт коливався в межах 14—27 % Vкор, а у 80-90-х роках минулого століття і надалі на початку нового зріс до 33—48 %, що суттєво покращило умови утворення коксової насадки в задувальний період доменних печей.

Встановлено існування зв'язку між відносною об'ємною витратою коксу в нульову і першу безфлюсові шихти з відносним об'ємом коксової насадки, сформованої при відмінних формах структури стовпа шихти. З переходом з W-подібної форми зони когезії до Λ-подібної обидві характеристики зростали незалежно від об'єму доменних печей.

Показано, що рудне навантаження на кокс не може бути надійним критерієм задувальної шихти, оскільки не враховує додаткову витрату шлакоутворюючих компонентів.

Ключові слова: доменна піч, задувальна шихта, характеристики шихти, об'ємна частка, кокс, насадка, рудне навантаження..……..……...……..**С.85**