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

МЕТАЛУРГІЯ РУДИ ТА ЧАВУНУ

Тематична добірка публікацій з актуальних
питань аглодоменного виробництва

Випуск 3

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 01.06.2025 р.

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

1. Збагачення залізних руд

УДК 622.2:622.7

DOI: 10.32782/2225-6733.44.2022.3

Дослідження технологічних властивостей проби ефіопської залізної руди Аравійсько-Нубійського щита. Частина 1. Дослідження речовинного складу проби руди / В.В. Кривенко, Є.В. Чупринов, Т.А. Олійник та ін. // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2022. – Вип. 44. – С. 20-27.

Виконано ситовий аналіз матеріалу вихідної проби залізної руди із аравійсько-нубійського щита, що надійшов на дослідження. Проведений хімічний аналіз різних проб на вміст загального заліза та кремнію показав рівномірний розподіл компонентів по класам. Виконаний первинний огляд уламків +5 мм, котрий показав, що вони складаються, в основному, з двох компонентів – відокремлення кварцу і цементу, що їх зв'язує. За результатами аналізу виділено чотири типи уламків за вмістом цементу, котрий представлений сурико-охристо-глинистим цементом: малоглиниста зі вмістом 5-10% цементу, середньо-глиниста зі вмістом 10-50% цементу, глиниста зі вмістом більше 50% цементу і убого-глиниста. Проведена рудорозборка матеріалу із виділенням п’яти мінералого-петрологічних різновидів.

Ключові слова: залізна руда, аравійсько-нубійський щит, рудорозборка, мінералогія, вміст заліза..……..……...……..……...…..…**С.9**

УДК 004.4:622.142:622.271

Зеленський О.С. Розробка програмного забезпечення повного підрахунку запасів методом вертикальних перерізів на рудних родовищах з використанням об’ємної інтерполяції / О.С. Зеленський, В.С. Лисенко // Вісник Криворізького національного університету. – 2023. – Вип. 56. – С.8-15.

Мета. Розробка методики та програмного забезпечення повного підрахунку запасів методом вертикальних перерізів з використанням моделювання денної поверхні кар’єру та вперше запропонованої об’ємної інтерполяції для рудних родовищ.

Методи дослідження. Методика реалізації повного підрахунку запасів методом вертикальних перерізів складається з наступних етапів: обробка свердловин детальної розвідки; побудова поверхонь кар’єру на початок і кінець відпрацювання; отримання контурів вертикальних перерізів; оконтурювання (визначення площ і якісних показників типів руд) в вертикальних перерізах; повний підрахунок запасів.

Наукова новизна. Вперше запропоновано використання об’ємної інтерполяції у 3 D-просторі. По кожному вертикальному перерізу формується контур відпрацювання, який покривається інтерполяційною сіткою. Кожен вузол сітки визначається у 3D просторі

відносно найближчих кернів свердловин сфери заданого радіусу пошуку. Це дозволяє підвищити оперативність та точність розрахунків. Такий підхід дозволяє враховувати рельєф поверхонь на відміну від кубічних моделей, які застосовуються у стандартних закордонних пакетах.

Практична значимість. Запропонована методика реалізації методів вертикальних перерізів для повного підрахунку запасів, яка може бути використана на кар'єрах Криворізького басейну. Вона представлена на прикладі кар'єру Південного ГЗКа. Відповідне програмне забезпечення може бути використано на родовищах зі складною структурою.

Результати. У якості інструментарію з розробки програмного забезпечення вибрано мову C++ на базі бібліотеки MFC інтегрованого середовища Microsoft Visual Studio 2019. Для обробки баз даних використано технологію ADO, для роботи з 3D-графікою - відкриту графічну бібліотеку OpenGL. Крім того, розроблено 3D-модуль аналізу кожного вузла сітки відносно найближчих кернів свердловин та організоване поповнення результуючої інформації по довільним профілям кар'єру, які задаються двома параметрами: відстань між профілями та кут нахилу. Це дає можливість порівняти результати при різних параметрах кутів та відстані між профілями та оцінити отримані результати.

Ключові слова: B-сплайн, NURBS-поверхня, повний підрахунок запасів, інтерполяція, OpenGL……...….....……..……..**С.17**

УДК 622.268.6:622.831:334.45
DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314842

Визначення стійкості відкатних штреків крутих пластів при розвантаженні вуглепородного масиву / Д.А. Чепіга, С.В. Подкопаєв, О.М. Шашенко та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Том 6 № 1. – С. 41-49. – Текст англ.

Об'єктом дослідження є стан бічних порід у вуглепородному масиві з підготовчими виробками. Вирішувалася проблема забезпечення стійкості підготовчих виробок для підвищення безпеки праці гірників.

Встановлено порівняльну оцінку несучої здатності охоронних споруд підготовчої гірничої виробки по довжині виїмкової дільниці вугільної шахти.

Експлуатаційний стан відкатного штреку при способі охорони цілками вугілля забезпечується при їх відносній деформації $e<0.25$ та відносній зміні об'єму $dV<0.1$. На відстані $l>50$ м позаду очисного вибою при $e^3 0.6–0.8$ відбувається зниження несучої здатності цілків вугілля і руйнування покрівлі. Втрати площі поперечного перетину відкатного штреку становлять 50 %. В таких умовах рівень загрози обвалень покрівлі наближається до критичного стану. При застосуванні накатних костров з дерев'яних шпал при $e>0.21$ та $dV>0.16$ навколо підготовчої виробки створюються умови, в яких забезпечується цілісність покрівлі за рахунок поетапого ущільнення охоронних споруд. На відстані $l>60$ м приріст зміщень бічних порід досягає мінімальних значень $DU=10$ мм, а втрати площі поперечного перетину відкатного штреку становлять 30 %.

Експериментально встановлено вид функціональної залежності між протяжністю l (м) відкатного штреку при різних способах охорони і відносною зміною об'єму dV охоронних споруд. Така залежність дозволяє в зоні активного впливу гірського тиску позаду очисного вибою оцінити несучу здатність охоронних споруд по довжині виїмкової дільниці.

Експлуатаційний стан відкатних штреків при застосуванні цілків вугілля забезпечується у межах їх деформаційного ресурсу, що обмежує використання цього способу

охорони. Для забезпечення стійкості підготовчих виробок доцільно застосовувати накатні костри з дерев'яних шпал. Після їх ущільнення переміщення бічних порід обмежується у виробленому просторі виїмкової дільниці

Ключові слова: відкатний штрек, охоронні споруди, несуча здатність, переміщення бічних порід, виїмкова дільниця……..…….……**С.25**

УДК 533.4

DOI: 10.33271/nvngu/2025-1/013

Шерстюк Є.А. Прогнозування геофільтраційних процесів у зоні закритого кар'єру у складних техногенно-порушених умовах / Є.А. Шерстюк, М.В. Петльований, К.С. Сай // Науковий вісник НГУ. – 2025. – №1. – С.13-21.

Мета. Прогнозна оцінка обводненості відпрацьованої кар'єрної пустоти в умовах одночасного техногенного впливу діючих кар'єру та шахт на основі чисельного моделювання геофільтраційних процесів для встановлення ймовірності контакту й водонасичення сформованого закладного масиву протягом часу.

Методика. Для дослідження гідродинамічного режиму визначеної ділянки Криворізького регіону, на якій розташовано закритий кар'єр, що розглядається під закладання, використана реалізована у програмному комплексі MODFLOW чисельна модель геофільтрації. Застосоване вирішення обернених і прогнозних задач, у процесі яких була встановлена адекватність відображення в геофільтраційній моделі гідродинамічних умов досліджуваної території та отримані прогнозні швидкості й характер відновлення рівнів на ділянці ведення гірничих робіт.

Результати. Розроблена та апробована складна модель геофільтраційних процесів з урахуванням техногенного впливу діючих кар'єру та шахт, що дозволяє у динаміці оцінити характер відновлення рівня підземних вод. Встановлено, що у сформованій ситуації гідродинамічного режиму підземних вод ділянки найбільший вплив має дренажне водопониження шахт, яке призвело до утворення депресійних воронок і розвантаження підземних вод у крупному діючому кар'єрі та закритому кар'єрі, що розглядається під закладання. Встановлено, що за умов повного припинення дренажного водопониження всіх гірничих підприємств, що є малоймовірним, відновлення рівня підземних вод у закритому кар'єрі може відбутися не раніше, ніж через 50 років, при цьому залежність відновлення рівня із плином часу має логарифмічний характер.

Наукова новизна. На основі моделювання геофільтраційних процесів надана оцінка відновлення рівня підземних вод у закритому кар'єрі при розвитку різних сценаріїв припинення водопониження на гірничих підприємствах, що чинять значний техногенний вплив на гідродинамічний режим. Доведено, що при закладанні виробленого простору закритого кар'єру монолітний закладний масив не буде схильним до зниження фізико-механічних характеристик від впливу водоносних горизонтів, що забезпечить його довгострокову геомеханічну надійність.

Практична значимість. Розроблена методологія моделювання геофільтраційних процесів і відновлення рівня підземних вод закритого кар'єру з урахуванням складного комплексного техногенного впливу різних гірничих підприємств. Отримані результати є важливими для прогнозної оцінки ймовірності водонасичення закладного масиву в кар'єрній пустоті та проєктування інженерно-геологічних заходів з її ізоляції.

Ключові слова: кар’єр, геофільтраційні процеси, підземні води, відновлення рівня, депресійна воронка, водопониження, закладний маси..……..……..……..…..…**С.34**

2. Окускування

УДК 622.788.36

Оцінка методів визначення придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування / С.Г. Савельєв, О.В. Бабаєвська, Т.П. Ярош, М.М. Кондратенко // Гірничий вісник. – 2023. – Вип. 111. – С. 132-139.

Відзначено різноманітність методів визначення придатності тонко дисперсних матеріалів до огрудкування, які в переважній більшості базуються на двох напрямках: використанні характеристичних вологоємностей або характеристик гранулометричного складу. Для оцінки водно-фізичних властивостей тонко дисперсних матеріалів застосовуються такі вологоємності, як максимальна гігроскопічна, максимальна молекулярна, найменша капілярна і максимальна капілярна, які входять у формули для визначення коефіцієнта грудкуємості. Оцінка гранулометричного складу відбувається за допомогою значень вмісту фракцій менше 0,074, 0,050, 0,044 мм або величини питомої поверхні матеріалу. Проаналізовано представницькість найбільш поширених методів, їх відповідність реальним технологічним характеристикам. Зроблено висновок про перевагу методів, підґрунтям яких є водно-фізичні властивості груд-куємого матеріалу. Відзначено необхідність встановлення стандартних методів визначення характеристичних вологоємкостей матеріалів, які піддаються огрудкуванню

Метою роботи є порівняльна оцінка достовірності результатів визначення за різними методиками придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування.

Методи наукового дослідження. В роботі використані загальнологічні методи наукового дослідження - аналіз і синтез, аналогія, узагальнення.

Наукова новизна роботи. На основі проведеного аналізу встановлено, що більш надійними і достовірними методами визначення придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування є такі, що базуються на застосуванні мінерально-гідрологічних констант грудкуємого матеріалу.

Практична значущість роботи полягає у отриманні висновків, які дають інформацію для практичного застосування методах оцінки придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування, що мають високу представницькість результатів і не вимагають багато часу на їх визначення.

Результати роботи свідчать про те, що розробка і застосування методів визначення придатності тонко дисперсних матеріалів до огрудкування є одним з важливих напрямком розвитку теорії і технології виробництва окатишів,подальший розвиток якого пов'язаний з встановленням стандартних методів визначення мінерально-гідрологічних констант шихт, які піддаються огрудкуванню.

Ключові слова: вологоємність, коефіцієнт, матеріал, метод, склад, окатиш, міцність……..…**С.43**

УДК 669.162.1

DOI: 10.15407/steelcast2024.01.001

Підвищення ефективності підготовки агломераційної шихти / Є.М. Сігарьов, Р.М. Руденко, М.А. Кащеєв, та ін. // Метал та лиття України. – 2024. – №2. – С.15-23.- Текст англ.

Підвищення ефективності усереднення агломераційних шихт, що містять тонкодисперсні матеріали, зменшення коливання хімічного складу агломерату є актуальною темою. Оскільки агломераційні цехи не мають в достатній кількості устаткування для повноцінної підготовки агломераційної шихти, а саме усереднення. Крім того, подача дрібнодисперсних компонентів залізорудного концентрату і залізовмісного шламу на склад для усереднення, а також процеси формування та розбирання штабелю супроводжуються неорганізованим структуроутворенням. Вирішення цього питання дозволить покращити якість агломерату та збільшити продуктивність агломераційних машин.

Запропоновано спосіб підготовки агломераційної шихти, що передбачає усереднення суміші після вирівнювання її гранулометричного складу, що зводить до мінімуму явище сегрегації матеріалу при формуванні та розбиранні штабелів.

Вирівнювання гранулометричного складу суміші проводиться за допомогою її обробки в змішувачах при природній вологості, що призводить до руйнування локально перезволожених мікрооб'ємів шламу і концентрату, а також оздоблення суміші при оптимальній вологості, що сприяє переважному утворенню гранул класу 1,6...10,0 мм. Для інтенсифікації процесу дроблення в змішувачі, до суміші додають компонент для дроблення у кількості 10 ... 40 % від ваги суміші.

Грануляція шихти перед усередненням та витримуванням на складі сприяє усуненню явища злежування, неорганізованого утворення макроструктур у процесі навантажень матеріалу, що в кінцевому підсумку сприяє покращенню якості агломерату за показниками міцності.

Спосіб дозволить знизити коливання хімічного складу агломерату за вмістом заліза та основності при збільшенні продуктивності агломашин та зміцнення спеку. У сукупності це дозволяє зробити висновок про його доцільність та можливість впровадження у промисловість.

Ключові слова: залізорудний концентрат, залізовмісний шлам, гранулометричний склад, структуроутворення, сегрегація, усереднення, якість.……..……..……..**С.51**

УДК 622.788.3

DOI: 10.31643/2025/6445.40

Лабораторні випробування зі спікання пилів чорної металургії сумісно з хлоридом кальцію / Н.К. Досмухамедов, Г.М. Койшина, Е.Е. Жолдасбай та ін. // Комплексное использование минерального сырья. – 2025. – Том 335, №4. – С. 59-66. – Текст англ.

У роботі проведено укрупнено-лабораторні досліди з високотемпературного спікання клінкеру з $CaCl_2$. Отримано нові дані щодо вилучення цинку, свинцю та супутніх домішок у цільові продукти високотемпературного спікання в умовах масштабування процесу. Встановлено оптимальні параметри високотемпературного спікання: t=900 °С, τ=60 хвилин, витрата $CaCl_2$ в 1,3 рази перевищує його витрату від РНК. Отримано цинкові відгони високої якості. Досягнуто максимального вилучення цинку у відгони – 98,2 %. Встановлено кількісні співвідношення інгредієнтів клінкеру в умовах спікання. Отримані результати складають

основу заключної стадії хлоруючої технології переробки цинкового пилу чорної металургії, який містить свинець, і будуть використані при побудові загальної технології для селективного вилучення цинку і свинцю в товарні продукти.

Ключові слова: пил, цинк, свинець, вилучення, хлоруючи спікання……..…..**С.60**

3. Доменне виробництво

УДК 669.162
DOI: 10.52150/2522-9117-2023-37-105-120

Крячко Г.Ю. Особливості вибору параметрів заплечиків доменних печей / Г. Ю. Крячко, Є. М. Сігарьов, А. А. Похвалітий // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – Вип. 37. – С. 105-120.

Метою роботи є встановлення особливостей вибору параметрів заплечиків при проєктуванні нових і реконструкції діючих доменних печей. Розглянута зміна підходів до вибору параметрів заплечиків – кута нахилу стін β і їх висоти hз. Показано, що на початку досліджуваного періоду раціональним діапазоном кута β вважався інтервал між 79 і 82° з різницею у три градуси. Наразі цей діапазон розширився здебільшого у бік менших значень і становить 71-83° з різницею у 12°, що більше у чотири рази, ніж в 50-х роках XX ст. Показано, що кут β слід узгоджувати, перш за все, за витратою дуття на кожну повітряну фурму, а затим за складом доменного дуття. Це врахування повинно бути обов'язковим, оскільки одна фурма потужних печей об'ємом 5000-5500 $м^3$ при однакових відносних витратах дуття на піч приймає його майже у два рази більше ніж фурма на печі об'ємом 1033 $м^3$. На основі аналізу стану стовпа шихти заморожених на ходу доменних печей встановлено, що висоту заплечиків слід визначати не від якості сировини, як було рекомендовано раніше, а від проєктної технології плавки і організації стовпа шихти. Внаслідок особливостей зміни роботи повітряних фурм і розвитку фурменних вогнищ зі збільшенням об'єму доменних печей існує об'єктивна необхідність відносного розширення розпару за рахунок поступового збільшення різниці діаметрів розпару і горна D-dr з прийняттям заходів зі забезпечення відповідних розподілу матеріалів і формоутворення структури стовпа шихти. Для загальної оцінки параметрів заплечиків запропоновано показник – індекс заплечиків, який дорівнює співвідношенню кута нахилу стін до висоти заплечиків.

Ключові слова: доменна піч, заплечики, вибір, кут нахилу стін, висота, фурменне вогнище, структура стовпа шихти, розпар, розширення. ……..…..……..**С.68**

УДК 669.173 + 544–971
DOI: 10.31319/2519-2884.tm.2024.6

Наведені результати термодинамічного аналізу перебігу хімічних реакцій ступінчасто-го відновлення марганцю з його діоксиду газом CO і реакції газифікації твердого вуглецю (Белла-Будуара). Цілями роботи є отримання власних виразів для розрахунку числових значень вільної енергії Гіббса в залежності від температури за табличними значеннями стандартних ентальпій утворення та ентропій неорганічних речовин, а також побудова графічних залежностей енергії Гіббса від температури за допомогою формул з літературних джерел і отриманих виразів. Одержані числові значення граничних температур, вище за які хімічні реакції ступінчастого відновлення марганцю з його діоксиду газом CO

і газифікації твердого вуглецю (Белла-Будуара) термодинамічно можуть або не можуть перебігати.

Ключові слова: хімічна реакція, монооксид вуглецю, відновлення, оксид марганцю, ентальпія, ентропія, енергія Гіббса, гранична температура, діоксид марганцю, термодинаміка……..…….**С.84**

УДК 669.162.2
DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2025.01.011

Аналіз можливостей зменшення викидів CO_2 в доменному виробництві / Б.В. Корнілов, О.Л. Чайка, А.О. Москалина, А.О. Чайка // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні.- Дніпро. – 23.04.2025. – С. 67-72.

Глобальне потепління висуває перед людством виклики щодо зменшення впливу антропогенних факторів на навколишнє середовище. Тому однією з нагальних задач є декарбонізація промислового виробництва в цілому та металургійній галузі зокрема, на яку приходиться 6–8% викидів CO_2. Так як доменне виробництво збережеться як домінуюча ланка в отриманні сталі, оскільки вона є найбільш економічно вигідною з тепловим коефіцієнтом корисної дії до 90% що найменше до 2050 р., то зменшення викидів CO_2 з доменної печі є нагальною задачею.

Встановлено граничні значення ефективності використання технологій вдування ПВП, водню та водневмісних добавок, ефекту від їх підігріву, застосування металодобавки, а також зміни технічних та технологічних параметрів доменної плавки (температура дуття, зміна вмісту FeO у шихті, теплові втрати, ступінь використання CO та H_2) на викиди CO_2 та техніко-економічні показники.

Ключові слова: доменна піч, викиди CO_2, водень, природний та коксовий газ, пиловугільне паливо, металодобавка, параметри дуття, кокс……..……**С.97**