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 - 2026

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 01.07.2026 р.

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

1. Збагачення залізних руд

УДК 622.6

Схеми буріння газодренажних свердловин у виявлені зони порушення суцільності гірського масиву / А. Р. Айтпаєва, Т. К. Ісабек, Н. Хуанган, А. Є. Вороб'їв// Труди Карагандинського технічного університету. – 2023. – Вип. 94, №4. – С. 93-98.- Текст рос.

Для того, щоб з'ясувати характер розподілу напруженого стану в привибійній частині масиву та його вплив на розвиток тріщин попереду вибою, було визначено об'ємно-напружений стан попереду вибоїв підготовчого вироблення, а також визначено характер зон розвитку тріщин (руйнування) попереду вибою підготовчого виробітку з урахуванням кливажу тріщин у масиві. В результаті аналізу зон розривних руйнувань у привибійній зоні виробітку виявлено, що зони розвитку тріщин (руйнування) попереду вибою виробітку мають неоднозначний характер як по висоті вибою, так і вздовж кожного шару. Це слід враховувати як при закладанні газодренажних свердловин, так і при порядку буріння. Проведення вироблення здійснювалося прохідницьким комбайном ЦПК зверху донизу. Відповідно до нормативних документів під час проведення конвеєрного бремсберга застосовується поточний прогноз викидонебезпеки за початковою швидкістю газовиділення та виходу бурового штибу, а також прогноз за амплітудно-частотними характеристиками акустичного сигналу. Для порівняння ефективності способів зниження природної газоносності пласта Д6 було проведено порівняння результатів роботи свердловин пластової дегазації. Проведені дослідження дозволяють виявити ряд переваг інтенсивної, спрямованої у процесі вироблення, дегазації вугільного масиву проти дегазацією свердловинами з перебуриванием контуру майбутньої выработки.

Ключові слова: геомеханічна модель, диз'юнктивне порушення, вироблення, моделювання, метод кінцевих елементів, стійкість, порушення суцільності масиву..……..……**.....С.10**

УДК 622.78

Жунусова А.К. Дослідження фізико-хімічних властивостей залізурного агломерату / А. К. Жунусова, А. К. Жунусов, А. Є. Кенжебекова // Наука і т техніка Казахстану. – 2024. – № 1. – С. 159-170.- Текст рос.

У цій статті наводяться дослідження введення до складу агломераційної шихти флюсів, чим більше у складі розплаву FeO, тим більше магнію в решітці магнетитової фази. У металургії, зокрема під час виробництва чорних металів часто використовуються техногенні відходи як дешеві замінники залізних, марганцевих, хромистих руд. Зазвичай, техногенні відходи мають фракційний склад менше 5 мм. Агломерація відходів глиноземного виробництва отриманням залізорудного агломерату дозволяє залучити до металургійний

переділ різні техногенні відходи За наведеними даними при використанні як флюс доломіту підтверджується присутністю у складі залізорудного агломерату металевого заліза. Введення доломіту в агломераційну шихту дозволяє отримати офлюсований агломерат. При використанні агломерату для виплавки металів офлюсований агломерат дозволить вивести із печей вапняк. Висновок, якого призводить до економії значної кількості тепла, що витрачається на дисоціацію $CaCO_3$ та $MgCO_3$, відповідно економиться паливо. Магній дисоціює з магнетитом до утворення $MgFe_2O_4$ та MgO. Для підтвердження достовірності проведених досліджень було вивчено зразки не офлюсованого та офлюсованого агломерату та виконаний усереднений елементний склад спеку за даними EDS-аналізу, наведені на малюнках та таблицях у даній роботі.

Ключові слова: залізистий пісок, залізорудний агломерат, магнію оксид, флюси, спікання, мікроаналіз, спектрограма.....…….…...…….....**С.16**

УДК 624.131.3:550.4:622.271

Ярошенко В. Оцінка впливу водонасичення ґрунтів Малишевського родовища на стійкість конструкцій кар’єру / В. Ярошенко // Вісник Криворізького національного університету. – 2025. – Вип. 59, №1 – С. 22-32 .- Текст англ.

Високий рівень ґрунтових вод і значна змочуваність рудних пісків Малишівського родовища створюють значні ризики для стійкості основ, фундаментів та конструкцій на кар'єрному полі. Дослідження цих факторів є критично важливим для забезпечення безпеки та надійності гірничих і будівельних споруд. Метою роботи було визначення фізико-механічних властивостей та оцінка впливу рудних пісків на стійкість основ, фундаментів і конструкцій у зоні кар’єру Малишевського родовища, а також розробка рекомендацій щодо їх стабілізації. У роботі застосовано комплекс різноманітних методів дослідження, зокрема гідрогеологічні, геофізичні, гідравлічні, та математичні розрахунки. Використано дослідження гідрогеологічних умов для визначення рівня ґрунтових вод та їхнього впливу на стабільність конструкцій. Здійснено випробування рудних пісків для визначення їх фізико-механічних характеристик, зокрема водопроникності та фільтраційних властивостей. Встановлено ключові фактори, що впливають на стабільність фундаментів у зонах підвищеної вологості. Розроблено рекомендації щодо підвищення несучої здатності основ і фундаментів за допомогою дренажних систем, ін’єкційного зміцнення ґрунтів та використання спеціальних матеріалів з низькою водопроникністю. Визначено фактичне середнє значення коефіцієнта фільтрації рудних пісків Малишевського родовища за допомогою методики водонапірного стовпа. Вперше для даного регіону запропоновано інтегровані заходи, що включають комбінацію дренажних і фільтраційних систем для зниження рівня ґрунтових вод, а також математичне моделювання для прогнозування впливу цих змін на стабільність конструкцій кар’єра. Робота має значну практичну значимість для проектування та експлуатації кар'єрів в умовах підвищеного рівня ґрунтових вод та високої вологонасиченості ґрунтів. Запропоновані методи і заходи дозволяють ефективно знижувати ризики, пов'язані зі зміною рівня ґрунтових вод, і забезпечити стабільність кар’єрних конструкцій, що в свою чергу дозволить підвищити безпеку гірничих робіт та знизити витрати на обслуговування інженерних споруд

Ключові слова: ідрогеологія; ґрунтові води; змочуваність; дренаж; стабілізація ґрунтів; безпека……..**С.28**

УДК 661:543.5

Кірний В.Л. Фізико-хімічні властивості залізо(II) сульфат гептагідрату як чинники для вибору режиму процесу сушіння в апараті киплячого шару

/ В.Л. Кірний, М.П. Юхименко // Technology Audit and Production Reserves. – 2025. – Том 4, №3. – С. 18-25.- Текст англ.

Об'єктом дослідження є залізо(II) сульфат гептагідрат – основний твердий відхід сульфатного виробництва діоксиду титану, накопичення якого становить значну екологічну загрозу. Проблемним місцем його переробки є технологічна стадія дегідратації в киплячому шару до моногідратної форми, для якої важливим є вибір прийнятного гідродинамічного режиму та режиму сушіння.

Експериментальні дослідження включали мікроскопічний, ситовий, пікнометричний та титрометричний методи аналізу. Встановлено середній еквівалентний діаметр частинок – 0,50 мм, коефіцієнт форми – 0,75. Насипна густина матеріалу складає 911 кг/м³, істинна густина – 1888 кг/м³. Вміст вільної вологи виявлено на рівні 2,2%, кристалізаційної вологи – 38,7%, що відповідає гептагідратній формі $FeSO4 \cdot 7H2O$. Хімічний аналіз показав, що масова частка $FeSO4$ у зразках коливається від 48,8% до 51,7%, а вміст $Fe2+$ складає 18%. Вільна сірчана кислота присутня в кількості 0,3–1,3%.

Гранулометричний аналіз виявив значну полідисперсність матеріалу, зокрема наявність агломератів та дрібних фракцій зразків № 1–3 закритого складу зберігання залізо(II) сульфат гептагідрату. Для зразка № 4, який мав характеристики найбільш рівномірного за розподілом частинок, розраховано критичну швидкість початку зважування найбільшої за розміром частинок фракції (0,7 м/с) та швидкість витання (0,97 м/с) для еквівалентного діаметру частинок матеріалу. Встановлено, що частинки діаметром менш як 0,207 мм будуть виноситись із киплячого шару, що потребує додаткових заходів для зменшення втрат матеріалу. Коефіцієнт тепловіддачі для частинок проміжних фракцій (0,315–1,6 мм) становить 77,79–349,17 Вт/(м² · К), що забезпечує ефективний теплообмін у процесі сушіння.

На основі отриманих даних обґрунтовано вибір горизонтального секціонованого апарату киплячого шару. Запропонована конструкція передбачає поділ процесу на незалежні зони з індивідуальним контролем та регулюванням параметрів сушильного агента (температури та витрати). Завдяки цьому забезпечується можливість отримання стабільного гідродинамічного режиму для полідисперсних матеріалів та зниження впливу перемішування на рушійну силу процесу.

Отримані результати дозволяють прогнозувати поведінку матеріалу в апараті киплячого шару, розраховувати режими зважування та сушіння.

Ключові слова: залізо(II) сульфат гептагідрат, гранулометричний склад, вільна та кристалізаційна волога, домішки.……...…….....**С.39**

2. Окускування

УДК 622.34

Визначення оптимальної концентрації післяспиртової барди та мікрокремнезему у складі цементно-піщаної суміші / Р.Є. Лукпанов, Д.С. Дюсембінов, А.Д. Алтинбекова та ін. // Комплексне використання мінеральної сировини. – 2024. – № 3 (330). – С. 92-103. - Текст англ.

У статті представлена частина результатів дослідження компонентів пінобетону, виготовленого методом двостадійного введення піни, зокрема вплив мікрокремнезему та

післяспиртової барди на терміни схоплювання та міцність цементу. У роботі показана методика визначення міцності при стисканні та згинанні, підбір складу компонентів, аналіз та оцінка термінів схоплювання та міцнісних характеристик порівнюваних зразків. У ході дослідження було виконано лабораторні експерименти, щоб глибше зрозуміти, як ці добавки впливають на поведінку цементних сумішей. Проведені дослідження дозволяють визначити вплив компонентів модифікованої добавки на властивості пінобетону у процесі їх виробництва. Аналіз термінів схоплювання, представлений у дослідженні, виявив, що збільшення концентрації добавки значно скорочує часові показники схоплювання цементу. Зі збільшенням вмісту мікрокремнезему та післяспиртової барди на 10% та 30% від маси цементу, час початку та завершення схоплювання суттєво скорочується. Для оцінки зміни міцності були виготовлені зразки та випробувані на стиск та вигин у віці 3, 7, 14, 21 та 28 діб нормального вологісного твердіння. За результатами досліджень встановлено, що добавка, прискорюючи твердіння, сприяє підвищенню міцності як у ранньому віці, так і в розрахунковому віці (28 діб). Результати експерименту показали, що міцність матеріалу при згинанні та стисканні збільшується в міру збільшення концентрації добавки. Максимальне збільшення міцності при згинанні та стисканні зафіксовано при добавці у розмірі 10% і 30%. Це свідчить про важливу роль добавок у зміцненні матеріалів та його потенційне застосування у будівництві. Добавка показала оптимальний позитивний ефект, тому використання цього процентного вмісту добавки є найбільш ефективним для підвищення міцності бетону на стиск та вигин.

Ключові слова: пінобетон, модифікована добавка, мікрокремнезем, післяспиртова барда, терміни схоплювання, характеристики міцності..……..……**С.47**

УДК 691

Виявлення впливу наномодифікаторів на закономірності процесів структуроутворення в системі гіпс-глиноземистий цемент / В.М. Дерев'янко, Г.М. Гришко, Є.І. Заяць, А.А. Дрозд // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,. – 2025. – Том. 1, № 6 – С.42-52.-Текст англ.

Гіпсоглиноземистий цемент стійкий у розчинах магнію і морській воді та в концентрованих розчинах Na_2SO_4 і Mg_2SO_4 і менш стійкий в розчинах хлористого натрію. Одним із способів підвищення стійкості гіпсоглиноземистого цементу і використання його в агресивних у хлорокальцієвих водах є створення композиції шляхом використання модифікаторів. Це дозволяє використовувати його при тампонуванні свердловини в умовах дії агресивних вод. Однак такі цементи мають свої обмеження: вони не придатні для обробки при високих температурах у автоклавах та до впливу деяких кислотних і лужних середовищ. Наразі не вирішеним являється проблема стійкості етрингітової фази в залежності від умов твердіння та температури.

Теоретично встановлено і експериментально підтверджено, що оптимальний вміст сульфату кальцію в композиціях ГЦ+Г5 знаходиться згідно розрахунку в діапазоні від 28 % до 38 % від маси алюмінатного в'яжучого. Це сприяє збільшенню утворення етрингіту та дозволяє отримати структуру цементного каменю зі спеціальними характеристиками. В результаті модифікування нанодобавками досягнуто збільшення міцних показників композиційних матеріалів: ГЦ:Г (70:30) %+0,18 % Нанотрубок+0,4 % Sika до – 70,2 МПа в порівнянні з 14,67 МПа еталонного складу.

Сферами практичного використання є створення дорожніх покриттів та гідроізоляційних матеріалів, гідротехнічне будівництво. Умови практичного застосування отриманих результатів – температурний інтервал в межах від – 15 до 80 °С. Очікувані ефекти від застосування – зменшення усадочних деформацій, покращення тріщиностійкості, підвищення міцності, збільшення довговічності бетонних виробів у складних умовах експлуатації

Ключові слова: композиційне в'яжуче, розчин, етрингіт, стабілізація етрингіту, алюмінатні цементи, сульфоалюмінатні цементи, наномодифікатор…...……..……..…**С.59**

УДК 669.162.16

Термозміцнення залізорудних окатишів на сталевих перфорованих подинах / Є.В. Чупринов, Д.О. Кассім, Г.Л. Зайцев та ін. // Вісник ПДТУ. – 2025. – Вип. 51. – С.79-85.

Розроблено, виготовлено та випробувано конструкцію жаростійких сталевих перфорованих піддонів і спосіб їх кріплення до випалювального візка, що дозволяє замінити колосники на конвеєрних машинах для термозміцнення залізорудних окатишів. Мета роботи – вдосконалення процесу виробництва окатишів шляхом зменшення витрати високолегованого металу, підвищення продуктивності обпалювальних машин і поліпшення металургійних характеристик обпалених окатишів. Завдання дослідження – обґрунтування можливості заміни колосників на обпалювальних візках конвеєрних машин, відпрацювання їх конструкції та кріплення на візках, відпрацювання технологічного процесу термозміцнення сирих окатишів. Виконані напівпромислові та промислові випробування показали працездатність прийнятих технічних рішень. Встановлено, що заміна колосників піддонами дозволить зменшити витрату високолегованого металу, підвищити продуктивність випалювальних машин і поліпшити металургійні характеристики випалених окатишів.

Ключові слова: термозміцнення окатишів, перфорована подина, колосникові грати, обпалювальна машина, залізорудна сировина, металургійні властивості, економія металу, газодинамічний опір, живий переріз, витрати легованої сталі…….…..……**С.70**

3. Доменне виробництво

УДК 669.162

Крячко Г.Ю. Нестаціонарні перехідні режими роботи доменних печей в пусковий період після будівництва або реконструкції / Г.Ю. Крячко, Є.М. Сігарьов // Метал та литво України. – 2025. – Том 32, № 3-4 – С. 8-16.

Метою представленої роботи є визначення задач і характерних ознак трьох періодів переходу доменних печей (ДП) від пуску до стаціонарного режиму ведення плавки, а саме задувального, роздувального і освоєння потужності печі. Показано, що задачею задувального періоду є утворення первинної зони когезії і встановлення п’ятизонної структури стовпа шихти, притаманної стаціонарному режиму доменної плавки. Задачею суміжних роздувального і освоєння потужності печі періодів є досягнення робочого рівня газодуттьових параметрів — витрати і температури дуття разом з підвищеним тиском газів в робочому просторі печі. Показано, що завершенням задувального і початком роздувального періодів є вимушене зменшення витрати дуття в результаті утворення зони когезії в стовпі шихти і зростання його опору. Візуально межею вказаних періодів є характерні перелами на кривих

зміни в часі температур колошникового газу і вмісту CO і CO_2 в ньому — температура після переламу зростає, а вміст газів стабілізується на певних рівнях.

Встановлено, що рекомендація нарощувати витрату дуття в роздувальному періоді зі швидкістю 30—35 $м^3$/год не є універсальною, оскільки не враховує розміри доменної печі. Показано, що при початковій відносній витраті в роздувальному періоді в 1,0 Vд / Vкор . хв з темпом роздування 35 $м^3$/год тривалість задувального періоду ДП 1033 $м^3$ становитиме 1,2 доби, а ДП 5000 $м^3$ — 6 діб. Тобто ще одна відома рекомендація стосовно однакової тривалості роздувального періоду в 5—6 діб потребує коректив.

Сучасна практика будівництва і реконструкції доменних печей спрямована на застосування керамічного стакану в горні і лещаді, тому спираючись на досвід дальнього зарубіжжя, тривалість роздувального періоду може бути скорочена за рахунок періоду виплавки ливарного чавуну.

Печі великого об’єму потребують подовженого періоду освоєння потужності, при якому умовою кожного наступного підвищення газодуттьових параметрів є збереження стабільності температурного режиму футерівки горна, зумпфу і лещаді.

Ключові слова: доменна піч; задувальний; освоєння потужності; перехідні режими; роздувальний; темп роздування; тривалість.……...**С.77**

УДК 669.162.275:536.46:681.3.06

Дьомін Д.О. Оптимізація технологічних режимів ваграночної плавки за критерієм максимуму температури горіння / Д.О. Дьомін // Technology Audit and Production Reserves. – 2025. – Том 3, №1. – С. 36-40.- Текст англ.

Об'єктом дослідження була температура горіння у вагранці. Досліджувана проблема полягала в складності прогнозування температури в функції керуючих параметрів плавки.

У дослідженні керуючими параметрами обрано температура підігріву повітря, що вдується в фурми, та повнота згоряння палива. Використовуючи ортогональне планування експерименту, було побудовано математичну модель у вигляді поліному другого порядку, що дозволила виявити закономірності впливу кожного керуючого чинника на результуючу величину – температуру горіння.

Отримана математична модель дозволила виявити, що обидві вхідні змінні є значущими. Однак якщо характер впливу температури підігріву повітря на температуру горіння є лінійним, то повнота згоряння впливає нелінійно. Точність моделі виявилася задовільною, бо усі експериментальні дані лягли всередину довірчих інтервалів з довірчою ймовірністю P=0.99. Це дозволяє стверджувати про можливість використання побудованої моделі для прогнозування температури горіння в межах області планування.

Гребеневим аналізом поверхні відгуку встановлено, що теоретичне максимальне значення температури горіння на межі області планування складає близько 3000 °C. Це відповідає значенням вхідних змінних $T_{air} \approx 1120$ °C та $\eta_0 \approx 82$ %. Однак через те, що забезпечення температури підігріву повітря на рівні 1120 °C може стикатися із технічною складністю реалізації, можуть бути рекомендовані такі значення вхідних змінних: T_{air}=783–1060 °C, η_0=71–80. Вони забезпечують температури горіння в інтервалі 2690–2980 °C, тобто значення, близькі до субоптимального, визначеного гребеневим аналізом.

Ці дані дозволяють вносити корективи у процес плавки, у тому числі використовуватись для подальшого пошуку оптимального керування плавкою. Отримані

рішення можуть бути використані в чавуноливарних цехах промислових підприємств, оснащених вагранками.

Ключові слова: ваграночна плавка, температура горіння у вагранці, температура підігріву повітря, повнота згоряння палива.…….…….....**С.86**

УДК 669.162.16

Стратегічна модернізація пат «запоріжсталь» для декарбонізації та адаптації до вимог СВАМ / Д.О. Тишименко, В.В. Кухар, І.Ю. Навольнєв та ін. // Вісник ПДТУ. – 2025. – Вип. 50. – С.103-110.

В контексті глобальної боротьби зі зміною клімату та посилення регуляторних обмежень, таких як впровадження Механізму коригування вуглецевих викидів на кордоні Європейського Союзу (СВАМ), українські металургійні підприємства стикаються із серйозними викликами, які потребують термінових рішень. Для ПАТ «Запоріжсталь» ці виклики проявляються у необхідності не лише скоротити викиди CO2, а й відповідати новим міжнародним екологічним стандартам, що є критично важливим для збереження конкурентоспроможності їх продукції на світових ринках. У статті здійснено всебічний аналіз економічних та екологічних ризиків, пов’язаних із викидами парникових газів на ПАТ «Запоріжсталь». Автори досліджують можливі шляхи модернізації, спрямовані на зменшення вуглецевого сліду та покращення екологічних показників. Особливу увагу приділено впровадженню передових технологій, таких як пряме відновлення заліза і дугові сталеплавильні печі, які є перспективними рішеннями для декарбонізації металургійного виробництва. У статті наведено результати детального порівняльного аналізу викидів CO2 на ПАТ «Запоріжсталь» у порівнянні з європейськими виробниками. Проаналізовано динаміку виробництва металургійної продукції, зокрема гарячекатаного прокату (в рулонах), а також оцінено зміни маржинальності цього продукту після реалізації заходів модернізації. Наголошується на економічній доцільності інвестицій у технології «зеленої» металургії, які забезпечують не лише екологічну ефективність, але й економічну вигоду для підприємства. Результати дослідження демонструють, що стратегічна модернізація ПАТ «Запоріжсталь» є ключовим фактором забезпечення довгострокового сталого розвитку підприємства. Модернізація сприятиме збереженню робочих місць, підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності підприємства на міжнародному ринку. Крім того, адаптація до вимог «зеленої» трансформації дозволить українській металургії успішно інтегруватися у глобальні ланцюги постачання, які розглядають екологічну відповідальність як ключовий критерій оцінки ефективності виробництва.

Ключові слова: СВАМ, ПАТ «Запоріжсталь», викиди CO2, модернізація, пряме відновлення заліза, дугові сталеплавильні печі, «зелена» сталь, сталий розвиток, енергоефективність…….……...……**С.91**