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

КОКСОХІМІЯ ТА ВОГНЕТРИВИ

Тематична добірка публікацій з актуальних питань
вогнетривкого і коксохімічного виробництва та проблем
використання вугілля в металургії

Випуск 4

Дніпро - 2024

Дана тематична добірка містить копії першоджерел, присвячених вирішенню актуальних теоретичних і практичних проблем, розробці, вдосконаленню технологічних процесів отримання і підвищення якості металургійного коксу та вогнетривів, також розглядаються питання використання вугілля, як відновника та джерела теплової енергії для пірометалургійних процесів.

Складено за фондом ЦДНТБ ГМК України станом на 01.09.2024 р.

Бібліографічний анотований список до тематичної добірки «Коксохімія та вогнетриви»

1. Коксохімічне виробництво та проблеми використання вугілля в металургії

УДК 669.162.16
DOI: 10.15407/scine17.03.067

Удосконалення трактів підготовки вугільної шихти до коксування шляхом використання сучасного сортувально-змішувального обладнання / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, Г.Л. Зайцев, М.І. Шепеленко // Science and Innovation. – 2021. – № 3(17). – С.67-77. – Текст англ.

В умовах існуючої кон'юнктури ринку, коли попит на металургійну продукцію залишається сталим або знижується, розвиток металургійної галузі можливий за рахунок оптимізації операційних витрат. Оскільки значною складовою собівартості готової продукції є витрати на електроенергію, середній темп зростання цін на яку за останні п'ять років склав 125 %, виникає необхідність у виконанні аналізу енергоспоживання з подальшою його оптимізацією.

В діючій технологічній лінії виробництва коксу найбільш енергоємною технологічною операцією є подрібнення вугільної шихти, в якій не передбачено попереднє відсівання готового класу. Аналіз гранулометричного складу вугільних концентратів показав, що вхідна шихта містить лише 12,5 % фракцій, які потребують дроблення. Зважаючи що, валовий потік вугільного концентрату надходить до дробарок, це призводить до того, що коефіцієнт корисної дії використовуваних дробарок не перевищує 16—18 % та відбувається переподрібнення вугільних концентратів, що збільшує вміст фракції 0—0,5 мм, яка негативно впливає на якість коксу.

Розробка науково-обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення тракту підготовки вугільної шихти до коксування та використовуваного в них необхідного обладнання задля зниження споживання електроенергії та підвищення якості доменного коксу.

Використано емпіричні методи досліджень із застосуванням математичного апарату обробки статистичних даних.

Розроблено технологічну схему підготовки вугільної шихти, яка дозволяє підвищити якість доменного коксу та зменшити питомі витрати електроенергії орієнтовно в 48 раз.

Підвищення якості підготовки вугільної шихти до спікання з одночасним зниженням енерговитрат обладнання, що виконує її переробку, може бути реалізовано удосконаленням

існуючих технологічних трактів шляхом організації ділянок попереднього відсіву готового класу перед дробленням.

Ключові слова: кокс, дроблення, грохочення, змішування, питома енергоемність...……..……..……..……..……..……...**С.9**

УДК 622.749.2

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-3-20-29

Розробка раціональних технологічних параметрів обігріву коксової батареї з трамбуванням вугільної шихти / В.І. Гончаров, І.І. Сікан, Я.І. Дячук, Н.В. Мукіна // Вуглехімічний журнал. – 2021. – №3. – С.20-29.

Статтю присвячено впровадженню на КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» перспективної технології трамбуванням вугільної шихти, котра дозволяє отримувати доменний кокс високої механічної та «гарячої» міцності з шихт, що характеризуються підвищеним вмістом опіснюючих компонентів різних стадій метаморфізму. У нинішніх умовах це має велике значення для підвищення економічних показників отримання доменного коксу і роботи доменних печей. Пуск коксової батареї № 6, спроектованої для застосування зазначеної технології, зумовив необхідність визначення раціональних технологічних параметрів обігріву: рівня температур в контрольних вертикалах та розташування горілок для подавання коксового газу у вертикали вздовж опалювального простінку. У статті наведено розрахунки, результати котрих підтверджують доцільність раціоналізації фактичного пускового (проектного) розподілу горілок на коксовій батареї № 6. В першу чергу звертають на себе увагу недостатні діаметри отворів у горілках для крайніх та перед-крайніх вертикалів. Це, на думку авторів, спричиняло недогрів голівочних зон та проливи смоли, котрі спостерігалися при пускових роботах на батареї. Виконана персоналом коксового цеху КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та ТОВ «Коксохімстанція» заміна горілок на краях простінків на більші діаметри в сполученні з повним розкриттям вікон рециркуляції в цих зонах дозволила поліпшити прогрів засипу та значно знизити інтенсивність проливів. Отриманий досвід був врахований при розташуванні регулювальних засобів на коксовій батареї № 5, введеній у експлуатацію пізніше. Також у статті сформульовано рекомендації щодо коригування температурного режиму коксування в залежності від маркового та компонентного складу, а також технологічних властивостей вугільних шихт.

Ключові слова: коксова батарея, трамбування вугільної шихти, температура в контрольних вертикалах, розташування горілок за довжиною опалювального простінку.……...……..…….…..**С.20**

УДК 669.162.16

DOI 10.48081/HMWS9874

Аналіз і оцінку якості сировиної бази для виробництва спеціальних видів коксу / А. М. Аубакіров, А. Г. Калиакпаров, Л. Б. Толимбекова та ін. // Наука и техника Казахстана. – 2022. – №3. – С. 76-85. – Текст рос.

Пошук та дослідження альтернативних відновників для феросплавів є особливо актуальним за умов внутрішнього ринку Казахстану. У цій статті представлені характеристики якості вугілля родовища Жалин з метою можливості отримання твердих відновників, що використовуються у виробництві феросплавів. Наведені порівняльні характеристики хімічного і технічного складу вугілля, що розглядається, дозволяють судити про можливість

застосування даного типу вугілля як відновника: відомості про якість вугілля за вмістом сірки, фосфору, золи і деякі фізико-хімічні властивості вказують на відповідність до вимог коксу. Експериментальним шляхом, внаслідок термічної обробки до 1200 З з витримкою в 30 хв з наступним, природним охолодженням, були отримані тверді зразки з вугілля родовища Жалин. Отриманий технічний та хімічний склад відповідають вимогам до відновників: W – 1,88 %, A – 12,54 %; V – 3,8, вміст S та P рівні відповідно – 0,58 та 0,23 %. Зважаючи на постійний пошук альтернативних видів відновників для виробництва феросплавів і недостатність вивченості типу вугілля, що розглядається, проведення досліджень у цьому напрямку є актуальним і перспективним в умовах внутрішнього ринку Казахстану.

Ключові слова: вугілля, відновник, спецкокс, кокс, виробництво феросплавів, неспішне вугілля, Жалин……...**С.30**

УДК 66.03

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.302148

Казак І.О. Удосконалення конструкції щокової дробарки з метою підвищення ефективності дроблення матеріалу / І.О. Казак, Д.Е. Сідоров // Technology Audit and Production Reserves. – 2024. – Том 2, № 1. – С. 16-21. – Текст англ.

Об’єктом дослідження є конструкція щокової дробарки для дроблення вапняка для виготовлення силікатної цегли. Робота присвячена дослідженню проблеми зниження ефективності дроблення матеріалу у щоковій дробарці. Ефективність дроблення матеріалів у щокових дробарках забезпечує якість виготовлення цегли та ін. Тому дана робота направлена на вибір способу удосконалення конструкції щокової дробарки для підвищення ефективності дроблення матеріалу.

У роботі визначено класифікацію щокових дробарок, їх переваги та недоліки, описано принцип роботи найбільш поширених у застосуванні в будівельній галузі щокових дробарок з простим і складним хитанням щоки. Проведено літературно-патентний пошук і аналіз існуючих способів підвищення ефективності дроблення матеріалу в щокових дробарках. В результаті літературно-патентного пошуку обрано та запропоновано один з способів удосконалення конструкції щокової дробарки для підвищення ефективності дроблення матеріалу на основі застосування поздовжніх виступів на рухомій щоці. Виступи на плоских ділянках робочої поверхні плити виконано з однаковим кроком їх розташування в межах кожної ділянки зі зменшенням кроку розташування виступів в напрямку віддалення від верхньої частини плити. Розглянута конструкція рухомої щоки з поздовжніми виступами у щоковій дробарці дозволить забезпечити надійне втягування матеріалу в проміжок між рухомою й нерухомою щоками, що забезпечує високі контактні напруження, які діють на подрібнюваний матеріал з боку робочої поверхні плити.

У порівнянні з відомими конструкціями щокових дробарок удосконалена конструкція щокової дробарки має рухому щоку з поздовжніми виступами різних розмірів. При цьому ці виступи розташовані на трьох ділянках робочої поверхні плити зі зменшенням їх розміру в напрямку з верхньої частини плити. Це сприятиме забезпеченню високих контактних напружень, що діють на подрібнюваний матеріал з боку робочої поверхні щоки, під час його просування між рухомою й нерухомою щоками. Також така конструкція робочої щоки щокової дробарки з поздовжніми виступами сприяє підвищенню ефективності руйнування різноманітних матеріалів.

Ключові слова: щокова дробарка, рухома щока, нерухома щока, поздовжні виступи, ефективність дроблення матеріалу, контактні напруження.……..……...…..…**С.35**

УДК 662:711

DOI: 10.33070/etars.1.2024.01

Колтун П.С. Оцінка виробництва деревного вугілля для заміщення коксівного вугілля в металургійній промисловості / П.С. Колтун, В.В. Клименко, О.В. Скрипник // Енерготехнології та ресурсозбереження. – 2024. – № 1. – С. 3-23.

Здійснено оцінку виробництва деревного вугілля для заміни ним вугільного коксу в процесі виробництва чавуну та сталі для зменшення викидів парникових газів від діяльності людини. Основним завданням дослідження є виявлення та оцінка можливих екологічних переваг та економічної стійкості такої заміни. Для цього було застосовано математичну модель виробництва деревного вугілля з використанням факторного підходу та параметричних методів досліджень. Наведено результати техніко-економічної та екологічної оцінки такого виробництва з урахуванням витрат та деяких припущень для гіпотетичного заводу потужністю 100 тис. т деревного вугілля на рік. Порівняно вищезазначені оцінки виробництва для технологій за базовим сценарієм та згідно запропонованого сценарію 1. Базовий сценарій передбачає виробництво деревного вугілля та включає побічне виробництво біооливи, електроенергії, теплової енергії для сушіння біомаси, а сценарій 1 передбачає ще й виробництво додаткових побічних продуктів: метанолу, оцтової кислоти, гудрону (виділяються з утвореної піролінової кислоти), а також паралельне збільшення виробництва електричної та теплової енергії. Одержані результати показують, що розглянутий завод не може бути економічно життєздатним без запровадження податку на вуглець (стимулу), але виробництво за сценарієм 1 є економічно більш привабливим. Запропоновано метод визначення такого податку та розраховано його величини для розглянутого заводу, за яких виробництво деревного вугілля буде економічно життєздатним для різних сценаріїв. Для розглянутих технологічних варіантів виробництва деревного вугілля заводом потужністю 100 тис. т/рік було розраховано такий важливий економічний критерій, як період окупності. Показано, що при реалізації сценарію 1 період окупності складає 20 років при 14,5 дол./т CO2-екв., а при 32,5 дол./т CO2-екв. він складає 8 років.

Ключові слова: біомаса, деревне вугілля, вугільний кокс, технологічні процеси, піроліз, електроенергія, теплова енергія, викиди CO2, піролінова кислота, екологія, період окупності. ……**С.41**

2. Вогнетривке виробництво

УДК 669.162

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-241

Кінетика переходу магнію та кальцію з доломітового вогнетриву в розплавлену сталь, розкислену алюмінієм / Ю.Рен, Ч. Ліу, К. Гао та ін. // ISIJ. – 2021. – № 9. – С. 2391–2399.

Доломітові вогнетриви широко використовуються в процесі рафінування сталі і є важливими джерелами Mg і Ca, які утворюють шпінель $MgO•Al_2O_3$ і CaO-вмісні включення. У даному дослідженні доломітові вогнетриви занурювали в розплавлену сталь, розкислену Al, з вмістом 0,05% Al або 0,25% Al. Було вивчено кінетику розчинення Mg і Ca з доломітового

вогнетриву, а також аналізувалися процеви перетворення включень. Отримані результати зазсвідчили, що MgO в доломітовому вогнетриві був відновлений Al у розплавленій сталі, а вміст Mg, відповідно, залежав від вмісту Al. Навпаки, CaO майже не розчинявся в розплавленій сталі, навіть незважаючи на збільшення вмісту Al. Після занурення в сталь як з низьким вмістом Al (0,05% Al), так і з високим вмістом Al (0,25% Al) на поверхні стрижнів утворився міжфазний шар, що складався з твердого MgO та рідкої фази $CaO–Al_2O_3–MgO$. Початкові включення Al_2O_3 поступово перетворюються на насичену Al_2O_3 шпінель $MgO–Al_2O_3$ через 60 хв у сталі з низьким вмістом Al; але швидко перетворюютьсяся на насичену MgO шпінель $MgO–Al_2O_3$ у сталі з високим вмістом Al. Незалежно від часу занурення та вмісту Al у розплавленій сталі не було виявлено CaO-вмісних включень.

Ключові слова: розчинення Mg; розчинення Ca; доломіт вогнетривкий; шпінель; зануренння; розкислена алюмінієм сталь…….……**С.62**

УДК 666.762.2.4.11.51

DOI: 10.35857/2663-3566.121.02

Мішньова Ю.Є. Вплив виду зернистої складової та співвідношення компонентів шихти на властивості пресованих глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з масовою часткою 60% Cr_2O_3 / Ю.Є. Мішньова, І.Г. Шулік, К.І. Кущенко, П.О. Кущенко // Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки. збірник наукових праць. – 2021. – №121. – С. 11-22.

Показано, що введення до складу шихти зернистого фабулярного глинозему призводить до зменшення відкритої пористості зразків. Разом з тим, випал у відновній атмосфері й добавка оксиду титану істотно не впливають на підвищення уявної щільності й межі міцності під час стискання досліджених зразків. У результаті прведених досліджень допрацьовано технологію глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з вмістом 60% Cr_2O_3

Ключові слова: зернова складова, співвідношення компонентів, оксид хрому дисперсність, глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземні вогнетриви, технологічні властивості ……..……..……**С.71**

УДК 669.18.046.5:669.013.083.133

DOI 10.52150/2522-9117-2022-36-226-239

Молчанов Л.С. Дослідження зміни структурного та хімічного складу периклазовуглецевих вогнетривів у процесі експлуатації у складі футерівки кисневих конверторів / Л.С. Молчанов, Т.С. Голуб // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2022. – Вип. 36. – С. 226-239.

У проведеній роботі було виконано дослідження змін у футеровці кисневого конвертера ємністю 50-т для розширення уявлень про вплив технологічних чинників на макрокартину руйнування футеровки. Термодинамічним аналізом підтверджено факт найбільшого впливу на компоненти футеровки оксидів заліза, особливо у сполуці з кремнієм, що має досить низьку температуру плавлення (1200 оС), що при умовах підвищеної температури розплаву зумовлює розчинення та розтріскування робочого шару вогнетриву. У зоні верхнього конуса встановлено значний вплив реакцій окислення магнію, що пов’язано з високою його спорідненістю з киснем. Для зони металевої ванни значний внесок у руйнування вогнетривів здійснюють реакції окислення магнію та алюмінію (як

антиоксидантів у вогнетривах) й їх взаємодії з сіркою, що пов'язано з найбільшою спорідненістю цих елементів з киснем та їхньою високою активністю. У шлаковій зоні - реакції вуглецевмісної зв'язки вогнетриву з монооксидом заліза, оксиду магнію з магнетитом та взаємодії фаяліту з вуглецем та оксидом магнію. Підтвердженням встановлених закономірностей слугували результати рентгенофлюорисцентного аналізу зразків вогнетривкого матеріалу до та після експлуатації, що свідчать про руйнування вогнетривких виробів під час протікання кисневого конвертування внаслідок просочення компонентів шлакового розплаву у об'єм вогнетриву, а саме за рахунок взаємодії оксидів заліза та марганцю з вуглецьвмісною зв'язкою в умовах підвищених температур у обсязі агрегату.

Ключові слова: кисневий конвертер, периклазовуглецевий вогнетрив, робочі зони конвертера, макроструктурний аналіз, термодинамічний аналіз перебігу реакцій, рентгенофлюорисцентний аналіз вогнетривів…….**С.78**

УДК 666.762.1
DOI: 10.52209/1609-1825_2022_3_34

Дослідження стійкості високоглиноземних вогнетривів до фторвмісних шлаків і газової атмосфери / А.З. Ісагулов, І.Д. Кащеєв, О.А. Сидоріна, К.Г. Земляной // Труды Карагандинского технического университета. – 2022. – № 3(88). – С.34-40. – Текст англ.

Сучасне виробництво чорних металів вимагає значного розширення комплексу вогнетривких матеріалів, які дозволили б створити пористі вироби за достатньої їх міцності та термостійкості. Висока пористість теплоізоляційних вогнетривів обумовлює їх малу об'ємну щільність та низьку теплопровідність. У сучасних технологічних процесах металургії роль високотемпературних футерування різних теплових агрегатів, виконаних з вогнетривких матеріалів, винятково важлива. В результаті дослідження механізмів руйнування алюмосилікатних вогнетривів після експлуатації в коксогазовій вагранці з використанням в якості відновника фторвмісних вуглецевих відходів алюмінієвого виробництва встановлено, що фторвмісні домішки (криоліт Na3AlF6, флюорит CaF2, вілліоміт Na5) розкладаються на вогнетрив у газовій фазі (у вигляді пари). При цьому вплив фторвмісних розплавів і парів на структуру вогнетриву призводить до зниження кількості склофази і збільшення мулітизації (кількості вторинного мулліта, що утворюється зі склофази). Таким чином, практично у всьому інтервалі робочих температур у промислових теплових агрегатах фтор з вуглецевих фторвмісних відходів буде знаходитися в газовій фазі і впливати на вогнетривку футеровку по всій робочій поверхні і поверхні порового простору відкритих пір. Враховуючи, що фторвуглецеві матеріали при нагріванні виділяють фтор в газову фазу вже при відносно низьких температурах, то в робочому просторі теплових агрегатів, що переробляють фторсодержащие відходи, він перебуватиме в газовій фазі, так само як і лужні метали, присутні в цих же відходах. Отже, для підвищення стійкості футеровки до корозію пічної атмосфери потрібно використовувати вогнетриви з максимальною щільністю (низькою пористістю) і максимальним вмістом мулліта в матриці (тонкомолотої частини шихти). Такий набір властивостей можна отримати тільки у вогнетривких виробах, одержуваних будь-яким методом формування, що забезпечує високу щільність упаковки зерен та обпалених до отримання керамічної мулітової зв'язки. Таким чином, для футеровки теплових агрегатів, що використовують як паливо або відновник фторвмісні вуглецеві відходи, пропонується використовувати муллітокремнеземисті або мулітові вогнетривкі пресовані обпалені вироби.

Ключові слова: теплоізоляційні та високоглиноземисті вогнетриви, футеровка, фторвмісні вуглецеві відходи, вагранoчний шлак, мулітова зв'язка, глина, глиняна зв'язка, глинозем, спікання, мулітові вироби, мулітокорундові вироби, шлакостійкість...……...……..……..…….……...**С.92**

УДК 666.762

DOI 10.1016/j.jmrt.2024.02.201

Нанопластинчасті необпалені MgO–C вогнетриви, модифіковані нітридом бору: приготування, властивості та механізм зміцнення / Ш. Фан, , Ч. Денг, Ч. Ю та ін. // Journal of Materials Research and Technology. – 2024. – Is. 29. – С. 4833-4844– Текст англ..

Щоб вирішити проблему погіршення стійкості до окислення та стійкості до термічного удару, викликаного низькою карбонізацією вогнетривів MgO–C, наноламінований, модифікований нітридом бору, графіт, був виготовлений методом розплавленої солі, з метою зміцнення необпалених вогнетривів MgO–C. Отримані висновки засвідчили, що введення наноламінованого, модифікованого нітридом бору, графіту значно покращило механічні властивості вогнетривів. Крім того, індекс окислення вогнетривів MgO–C з 4мас.% наноламінованого нітридом бору модифікованого графіту був на 34% нижчим, ніж у зразка без добавок, а залишкова міцність після термічного удару була значно збільшена на 224%. Крім того, використання наноламінованого нітридом бору модифікованого графіту сприяло формуванню стовпчастих Mg_2SiO_4, восьмикутних стовпчастих $MgAl_2O_4$ і щільних шарів $MgO–Mg_2SiO_4–MgAl_2O_4–Mg_3B_2O_6$, що призвело до загального покращенню якості продукції.

Ключові слова: стійкість до окислення, стійкість до термоудару, модифікація нітридом бору, MgO–C вогнетриви…….……...……..…...……..**С.99**