

Каширная Н.О., Коренев О.В., Сорокин Є.Л. Старовойт А.Г., Малий Є.І.,
Старовойт М.А.

Аналіз процесів та методів розширення сировинної бази коксування.

Повідомлення 2. Сучасні уявлення щодо розширення сировинної бази коксування

Kashirnaya N.O., Korenev O.V., Sorokin Ye.L., Starovoit A.G., Malyi Ye.I., Starovoit M.A.

Analysis of processes and methods for expanding the raw material base of coking.

Message 2. Modern ideas on expanding the raw material base of coking

Мета. Аналіз постсучасних методів, що дозволяють розширяти сировинну базу коксування задля ефективного використання викопних природних ресурсів країни. **Методика.** Аналіз надсучасних та сучасних методів і технологій, що стосуються методології розширення сировинної бази коксування. **Результати.** Аналіз сучасних методів, що стосуються розширенню сировинної бази коксування дозволив визначити пріоритетні напрями які дозволять суттєво знизити навантаження на природні ресурси та їх збереження. **Наукова новизна.** Набуті знання, з наведеного аналізу дозволять спонукати до визначення та отримання нових уявлень щодо будови горючих копалин, а саме викопного вугілля. **Практична значимість.** Вивчення питання щодо розширення сировинної бази коксування дозволило встановити недостатність знань та наукових положень про структуру спікливого вугілля та його властивості, що спонукає в дослідженнях його будови та властивостей. **Ключові слова.** сировинна база коксування, термічна підготовка вугільної шихти, властивості вугілля, фуси, модифікація властивостей вугілля, склад вугілля, будова вугілля, термодинамічні властивості.

Purpose. Analysis of postmodern methods that allow expanding the raw material base of coking for the effective use of the country's fossil natural resources. **Methodology.** Analysis of ultramodern and modern methods and technologies related to the methodology for expanding the raw material base of coking. **Results.** Analysis of modern methods related to expanding the raw material base of coking made it possible to identify priority areas that will significantly reduce the load on natural resources and their conservation. **Scientific novelty.** The knowledge acquired from the above analysis will allow to encourage the definition and obtaining of new ideas about the structure of combustible minerals, namely fossil coal. **Practical significance.** Studying the issue of expanding the raw material base of coking made it possible to establish the insufficiency of knowledge and scientific provisions about the structure of sintering coal and its properties, which encourages research into its structure and properties.

Keywords: coking raw material base, thermal preparation of coal charge, coal properties, slag, modification of coal properties, coal composition, coal structure, thermodynamic properties.

Відновлення країни під час бойових дій та після перемоги потребує відновлення металургійної промисловості. Сучасні умови відбиваються на підвищенні проблем пов'язаних з нестачею сировини. Особливо гострою є питання з сировинною базою коксування, що є наслідком окупації територій нашої країни на яких знаходяться основні запаси добреспікливого вугілля. Таким чином, вивчення технологій та методів розширення сировинної бази коксування є вельми актуальною проблемою сьогодення.

Наявні методи щодо розширення сировинної бази коксування в сучасних умовах, є малоефективними або економічно недоцільними, а також

потребують чималих капіталовкладень. Проте у наш час набуває популярності група методів, націлена на регулювання властивостей спікливого вугілля шляхом спрямованого впливу на природу вугілля.

Отже, група методів, що ґрунтується на цілеспрямованому впливі на природу вугілля шляхом перерозподілу компонентного складу, тобто на спрямованому регулюванні властивостей, є найбільш перспективною. Ця група характеризується тим, що розширення сировинної бази коксування відбувається через залучення до складу вугільної шихти вугілля, використуваного в енергетиці. Тут необхідно зазначити, що використання енергетичного

© Каширная Н.О. – аспірант УДУНТ
Коренев О.В. – аспірант УДУНТ
Сорокин Є.Л. – д.т.н., УДУНТ
Старовойт А.Г. – д.т.н., проф. УДУНТ
Малий Є.І. – д.т.н., проф. УДУНТ
Старовойт М.А. – к.т.н., УДУНТ

© Kashirnaya N.O. - PhD student at USUST
Korenev O.V. - PhD student at USUST
Sorokin Ye.L. – d.t.s., USUST
Starovoit A.G. – d.t.s., prof. USUST
Malyi Ye.I., – d.t.s., prof. USUST
Starovoit M.A. – c.t.s., USUST



This is an Open Access article under the CC BY 4.0
license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

вугілля під час виробництва металургійного коксу без зміни його технологічних властивостей призводить до зниження якості отриманого вуглецевого відновника. Тому для використання зазначеного методу необхідне детальне вивчення можливості зміни властивостей низькометаморфізованого вугілля, а також структури і властивостей спікливого вугілля.

Поширений метод розширення сировинної бази коксування полягає у використанні спікливої зв'язуючої речовини в шихті для коксування як спікливої домішки [1 - 4] та утилізації відходів коксохімічного підприємства. Коксохімічне підприємство має значну кількість відходів, до складу яких входить вуглець – це фузи (67%), кисла смолка (30%), полімери (3%) тощо. Утилізацію цих відходів здійснюють шляхом додавання їх до вугільної шихти та подальшого коксування або використовують їх як зв'язуючу речовину в процесі виробництва брикетів для додавання до вугільної шихти.

Використання рідких відходів дозволяє покращити показники коксу (CRI і CSR) та зменшити вміст спікливого вугілля марок К і Ж у шихті для коксування, замінивши його на низькометаморфізоване вугілля [5].

Проте використання зазначеної технології ще потребує додаткових досліджень, зокрема вивчення фізико-хімічних характеристик вуглецевих відходів для раціонального їх використання. До складу вуглецевмісних відходів входить значна кількість води, яка є непостійною, також вони містять значну кількість сірки, сірчистої кислоти та сульфатів, що негативно впливає на якість коксу [2, 6, 7].

Використання цих речовин як зв'язуючих для брикетування в чистому природному вигляді, без переробки, досить проблематичне, тому що неможливо контролювати показники якості брикетів зі зміною складу відходів, отриманих у різний час технологічного процесу.

Склад вугільної шихти також впливає на якість брикетів, тому що зі зміною стадії метаморфізму змінюються і процеси взаємодії з відходами коксохімічного виробництва, зокрема змінюється процес склеювання вугільних часток, що впливає на міцність брикетів.

Але встановлено [2], якщо контролювати процес виготовлення брикетів, зокрема тиск пресування, склад і кількість зв'язуючої речовини, марочний склад вугільної шихти та ступінь метаморфізму вугілля, то можна таким чином вирішити питання сировинної бази коксування, проте процес є досить складним.

Досить ефективним методом є термічна підготовка шихти для коксування. Термічна підготовка передбачає два процеси [8]:

1. Глибоку сушку шихти з доведенням її вологості до 0,5% (як правило, завод отримує вугілля з вологістю 8-10%).

2. Попереднє нагрівання шихти поза камерою коксування до 150- 200°C.

Глибока сушка при 100°C супроводжується повним видаленням навіть гігроскопічної вологи (волога, що утворюється при синтезі H_2 і O_2 у камері коксування при високій температурі).

Коксування термічно підготовленої вугільної шихти має такі переваги [8-12]:

- покращується якість коксу (міцність, рівномірність за розміром);

- розширюється сировинна база коксування за рахунок збільшення в шихті частки слабкоспіклого і газового вугілля;

- підвищується продуктивність коксових печей на 25-40%;

- зменшується кількість стічних вод.

У процесі термопідготовки позитивним є також збільшення насипної густини вугільного завантаження в камері коксування. Це призводить до того, що спікливість вугільного завантаження підвищується за рахунок підвищення щільності поверхневого контакту зерен вугілля, збільшується швидкість нагрівання у стадіях, що передують переходу в напівкокс, зменшується тріщинуватість коксу за рахунок зниження перепаду температур у завантаженні й зменшення градієнта швидкостей усадки суміжних шарів напівкоксу, є тенденція до зниження сірчистості коксу [13- 15].

Технологія використання термічно підготовленої вугільної шихти перед коксуванням має свої позитивні та негативні сторони. Проте технологія «Прекарбон» досить успішно використовується на коксохімічних підприємствах впродовж багатьох років, а також, як зазначено в дослідженнях [16 - 21], є перспектива отримання високоякісного коксу в умовах погіршення сировинної бази коксування.

Механічна міцність термічно підготовленої шихти значно більша і в процесі збільшення кількості слабкоспіклого вугілля незмінна, тобто як стверджують автори, термічно підготовлена шихта дозволяє отримати рівномірний та якісний кокс при коливанні якості вугільної шихти [22]. Дослідження [23], що проводили в доменних печах з використанням коксу, до складу якого входило вугілля з вмістом 40% газового слабкоспіклого вугілля, показали досить ефективні результати: CSR – 44,9 % і CRI – 42,3 %.

Подібні дослідження проводили і на ВАТ «Ясиноватському коксохімічному заводі» [24], у роботі висвітлено результати досліджень високо реакційного коксу з термічно підготовленої шихти у феросплавній промисловості.

Одним з методів розширення сировинної бази коксування є термічна підготовка вугілля в електромагнітному полі, що дає можливість використовувати низькометаморфізоване вугілля в шихті для коксування без погіршення його якісних показників [25 - 27]. Підготовка слабкоспіклого вугілля за допомогою електромагнітної енергії допомагає отримати глибокі внутрішньомолекулярні зміни за рахунок процесу гідрогенізації. З результатів дослідження видно, що вугільна шихта, до складу якої входить термічно підготовлене слабкоспікливе

вугілля марки Г, має більшу насипну масу, збільшується швидкість коксування, зміна, що відбувається на молекулярному рівні в органічній масі термічно підготовленого вугілля призводить до зміни в реакціях розкладення в процесі коксування.

Проте враховуючи всі позитивні впливи термічної підготовки вугільної шихти або окремих марок вугілля, варто зазначити і недоліки, які не дають повною мірою користуватися цією технологією на коксохімічних підприємствах [28].

Додавання органічних домішок до вугілля характеризується великою різноманітністю властивостей і можуть бути класифіковані за ознаками: отримані під час переробки вугілля або нафти; термодеструктивного та іншого походження; зв'язувальні та спікливі; мезогенні та немезогенні; вуглеводні та складні технічні суміші. Гідрогенізація як метод надає великі можливості щодо отримання з вугілля різноманітних напівпродуктів від простих вуглеводнів до складних органічних сполук, що містять кисень, сірку та азот.

Перспективним напрямом є гідрування слабкоспікливого вугілля для підвищення його технологічних властивостей за рахунок приєднання невеликої кількості водню. Існують методи з використанням фусів кам'яновугільних, що використовують в'язкоплинні або твердов'язкі.

Домішки фусів покращують якість коксу і не є затратними. На цей час органічні домішки, як модифікатори конкретної марки вугілля для отримання якісного доменного коксу, практично не застосовуються через велику різноманітність властивостей як домішок, так і вугілля [29 - 35].

Використання мінеральних компонентів як домішок у процесі отримання коксу [36, 37] (наприклад, шлам, шлак тощо) також не є досить поширеним. Ця технологія спрямована на отримання спеціальних видів коксу. Всі мінеральні складові вугілля і штучно додані до нього неорганічні домішки вивчалися з погляду їх впливу на реакційну здатність коксу [23, 5]. Домішки в кількості від 0,5 до 2,5% таких

речовин як залізняк, оксид кальцію, крейда, виявляють себе активаторами реакційної здатності, а такі речовини як бор, кремнезем, глинозем і сірка є інгібіторами цієї властивості коксу.

З результатів досліджень, висвітлених у роботах [37 - 46] встановлено, що мінеральна домішка червоного шламу не інертний компонент вугільної шихти, а активна домішка. Доведено, що використання червоного шламу в кількості 0,5% з газовим вугіллям позитивно впливає на рівні в'язкості пластичної маси у період найбільшого газовиділення, що призводить до зниження газопроникності вугільного завантаження, а також збільшує процес случування. Оцінку впливу цього фактору визначали за допомогою показника виходу коксового залишку, що дозволило розкласти складну дисперсію на складові та оцінити за певними критеріями, які показали суттєвий вплив червоного шламу на вихід коксового залишку.

Дослідження, в яких висвітлено результати стосовно взаємодії мінеральних компонентів з вугільною складовою, зокрема вивчення взаємодії щодо спікання та спікливої здатності, дали позитивні показники [47 - 50]. Кінетика взаємодії цих компонентів, яка була проведена за допомогою деривотографічного аналізу, показала, що додавання червоного шламу збільшує енергію активації. У газового вугілля вона становить 54500 кал/моль, а з додаванням червоного шламу – становить 65000 кал/моль.

Отже, додавання до вугілля та вугільної шихти мінеральних домішок ускладнюється на стадіях підготовки сировинних матеріалів, їх дроблення, пресування, формування, а також під час виробництва доменного коксу [37].

Проте, переглянувши основні методи, які надають можливість розширити сировинну базу коксування, було встановлено, що відсутні або не повною мірою висвітлені відомості щодо взаємодії вугільних компонентів, які входять до складу вугільної шихти, у процесі термічного піролізу.

Перелік посилань

1. Гордиенко А.И. Повышение качества доменного кокса ОАО «Ясиновский КХЗ» путем введения в шихту углеродородных добавок / А.И. Гордиенко, А.Н. Бирченко, А.А. Шевченко и др. // Углекимический журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 32-37.
2. Збиковський Є.І. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва / Є.І. Збиковський // Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». 2019. 271с.
3. Гребенюк А.Ф. О методах прогнозирования выхода продуктов коксования / А.Ф. Гребенюк, Э.И. Збыковский, А.И. Збыковский // Кокс и химия. 2004.- № 11, С.20-24.
4. Сорокин Е.Л. Изучение характера взаимодействия реактопластов со спекающимся углем. / Е.Л. Сорокин, К.В. Байкина // Кокс и химия. – 2012. – № 2. – С.8-10.
5. Коломийченко А.И. Улучшение качественных показателей CSR и CRI доменного кокса с помощью неорганических веществ. / А.И.Коломийченко, И.В.Золотарев, В.А.Саранчук, Е.И Збыковский, Т.Г.Шендрик // Углекимический журнал. – 2007. - № 5. – С. 50-54.
6. Ильяшов М.А. Возможности использования жидких углеродсодержащих попутных продуктов коксования в качестве связующего при брикетировании угольной шихты / М.А. Ильяшов, И.В. Золотарев, В.А. Тамко и др.// Углекимический журнал. 2012.- № 5-6. С.71-79.
7. Чешко Ф.Ф. Предварительная обработка вторичных продуктов химического производства перед их подачей в шихту для коксования / Ф.Ф.Чешко, И.Н.Питюлин, Э.Т.Торяник и др. // Кокс и химия, - 2002. - № 9, - С. 22-25.
8. Скляр М.Г., Лурье М.В. Пути изучения механизма термохимических превращений углей. Теория и практика подготовки и коксования углей. – 1976 - С.44-54.

9. Васильев Ю.С. Термическая подготовка шихты и качество кокса / Ю.С.Васильев, Л.П.Семисалов, Л.Г.Скорнякова // Кокс и химия. – 1985 - №3 - С.7-12.
10. Ухмылова Г.С. Термическая подготовка шихты для коксования за рубежом. Экспресс-информация. – 1978 - №4 - С.1-12.
11. Хаджиогло А.В. Основные технические решения по термической подготовке шихты. Тематический сборник научных трудов УХИН. – 1988 - С.19-26.
12. Еркин Л.И., Петров В.К.,Бернацкая М.А. Термическая подготовка углей для коксования // Кокс и химия. - 1969. - №2 - С.13-17
13. Зашквара В.Г., Шелков А.К. Об уровне нагрева угольной шихты при термической ее подготовке перед коксованием. // Кокс и химия. – 1973 - №9 - С.10-13.
14. Наумов Л.С., Скляр М.Г. Улучшение качества металлургического кокса // Кокс и химия. – 1982 - №7 - С.13-15.
15. Старовойт А.Г., Малий Є.І., Чемеринський М.С., Старовойт М.А. Теорія і практика процесів модифікації сировини при виробництві доменного коксу поліпшеної якості : монографія. Харків : ФОП Лібуркіна Л.М., 2019. 184 с.
16. Гавриков В.В. О влиянии термической подготовки углей перед коксованием на выход кокса / В.В. Гавриков, Л.Г.Синцеров, А.В.Колосов // Кокс и химия. – 1977. - №3. – С.12-14.
17. Духан В.Н. К вопросу изменения термопластических свойств углей в результате нагрева и сушки шихты перед коксованием / В.Н.Духан, Н.С. Грязнов // Кокс и химия. – 1967. - №7 – С.6-12.
18. Сперанская Г.В. Научные основы производства формованного металлургического кокса из слабоспекающихся углей / Г.В.Сперанская, Ю.Б. Тютюнников, Л.И. Еркин и др. // - М: Металлургия, 1987. – 272 с.
19. Васильев Ю.С. Первая промышленная коксовая батарея с установкой термической подготовки шихты Украины как способ повышения ресурсо- и энергоэффективности металлургической отрасли / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.В. Долгарев и др. // Углекимический журнал. – 2010. – № 3-4. – С. 48-52.
20. Васильев Ю.С. Опыт промышленного использования термической подготовки угольной шихты перед коксованием / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.И. Долгарев // Кокс и химия. – 2008. – № 7. – С. 22-25.
21. Збыковский Е.И., Новицкий П.Л., Логвинов А.В. Термическая подготовка угольной шихты к коксованию на опытной установке Донецкого КХЗ. // Кокс и химия. – 1986 - №12 - С.7-11.
22. Збиковський Є.І.Технологія утилізації відходів коксохімічного виробництва при частковому брикетуванні вугільної шихти перед коксуванням. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Покровськ :ДВНЗ «Дон НТУ», 2019.С. 21-28.
23. Васильев Ю.С. О влиянии качества кокса, полученного из термоподготовленных шихт, содержащих слабоспекающийся уголь, на эффективность доменного процесса, использующего ПТУ / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.И. Долгарев и др. // Углекимический журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 38-40.
24. Гордиенко А.И. Опыт освоения и эксплуатации опытно-промышленной установки термической подготовки шихты на ОАО «Ясиновский коксохимический завод» / А.И. Гордиенко, В.А. Редин, Г.В. Долгарев и др. // Углекимический журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 22-31.
25. Чемеринский М.С. Усовершенствование действующих технологий коксования угольных шихт путем внесения газового угля, термически подготовленного в электромагнитном поле: дис. канд. наук: 05.17.07 – химическая технология топлива и горюче-смазочных материалов / М.С. Чемеринский. – Днепропетровск, 2013. – 189с.
26. Чемеринский М.С. Усовершенствование способов подготовки угольной шихты для процесса коксования / М.С. Чемеринский, А.Г.Старовойт, Е.И. Малий // Кокс и химия. 2012. – № 7 – С. 26 – 29.
27. Нетушил А.В. Высокочастотный нагрев в электрическом поле / А.В. Нетушил, Б.Я. Жуховицкий, В.Н.Кудин. М.: Высшая школа. 1960. –143 с.
28. Семисалов Л.П. Разработка процесса термической подготовки угольной шихты и проблемы его промышленного внедрения. Состояние разработок и проблемы внедрения процессов коксования термической подготовки шихт и технологии формованного кокса. – 1982 - С.4-7.
29. Скляр.М.Г.Физико-химические основы спекания углей / М.Г.Скляр.- М: Металлургия – 1984 - 201с.
30. Диденко В.Е. Технология приготвления угольных шихт для коксования. - М: Высшая школа – 1980 – 432 с.
31. Грязнов Н.С. Основы теории коксования. - М: Металлургия – 1986 - 312с.
32. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. М: Металлургия – 1982 - 360с.
33. Климовицкая А.Б., Бородин Г.Е. Угольные шихты для коксования и добавки к ним. // Кокс и химия. – 1989 - №6 - С.9-11.
34. Егоров В.М., Малий Е.И. Каменноугольные фусы как связующее и восстановитель при получении рудно-углеродистых брикетов. //Углекимический журнал. - 2003. - № 1-2. - С. 47-48.
35. Тютюнников Ю.Б., Синцорова Л.Г., Гречко Ю.І. та ін.. Органічні добавки у виробництві коксу. Київ : Техніка - 1971 - 96 с.
35. Зеленский О.И. Современные направления использования неспекающихся добавок в производстве кокса / О.И. Зеленский // Углекимический журнал. 2013. – № 3 . – С. 21-28.
37. Егоров В.М.Взаимодействие угля марки Г с красным шламом / В.М. Егоров, Е.Л. Сорокин // Углекимический журнал. – 2003. – № 1 – 2. – С. 6-7.
38. Сорокин Е.Л. Изучение возможности использования «красного шлама» в качестве активной добавки / Е.Л. Сорокин // Сучасні проблеми металургії. – 2014. – № 17. – С. 77-83.
39. Сорокин Е.Л. Повышение качества кокса для недоменных производств / Евгений Леонидович Сорокин // Slovak international scientific journal / Chemistry. – Bratislava, Slovakia, 2019. – Vol. 1. – № 35. – Р. 5-8.
40. Изучение кинетики взаимодействия рудной и угольной составляющей при их совместном нагревании / А.Г. Старовойт, Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак, Я.В. Фролов, О.С. Ермакова // Теория и практика металлургии: общегосударственный научно-технический журнал. – Днепропетровск: НМетАУ, 2012. – №3. – С. 62-65.

41. Сорокін Є.Л. Дослідження впливу добавки хромітової руди на фізико-хімічні та фізико-механічні властивості коксу / Є.Л. Сорокін, О.І. Довгополий // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 10-12.
42. Сорокін Є.Л. Дослідження зміни механічних властивостей хромококсу під впливом мінеральної добавки хромітової руди / Є.Л. Сорокін, Д.М. Цисар // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 19.
43. Сорокін Є.Л. Вивчення можливості модифікації спікливої здатності газового вугілля за допомогою залісної добавки / Є.Л. Сорокін, М.А. Онищенко // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 16.
44. Сорокін Є.Л. Дослідження властивостей фракцій слабкоспікливого вугілля / Є.Л. Сорокін, Л.Г. Кеуш // Теория и практика металлургии: Общегосударственный научно-технический журнал – Днепропетровск: : НМетАУ, 2013, - № 5-6 – С. 30-34.
45. Егоров В.М. Утилизация красных шламов в коксохимической промышленности / В.М. Егоров, Е.Л. Сорокин // Углекимический журнал. – 2002. – № 5-6 – С. 47-48.
46. Патент України № 68102 А, МПК С10В 57/00. Шихта для одержання металургійного коксу / Егорова А.К., Клименко Ф.К., Сорокін Є.Л.; заявник та власник патенту Егорова А.К., Клименко Ф.К., Сорокін Є.Л. – № 2003109054; заявл. 06.10.2003; опубл. 15.07.2004, бюл. № 7.
47. Старовойт А.Г. Исследования влияния красных шламов на качество специальных видов кокса / А.Г. Старовойт, Сорокин Е.Л., Улановский М.Л., Мирошниченко Д.В. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. - № 3. – С. 12-15.
48. Сорокин Е.Л. Изучение химизма спекания каменного угля и минеральной добавки / Е.Л. Сорокин // 2014. - С. 399-404.
49. Старовойт А.Г. Исследование температурных интервалов взаимодействия рудной и угольной составляющей / А.Г. Старовойт, Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак // Углекимический журнал: научно-технический журнал. – Харьков: ООО «С.А.М.», 2012. – № 1-2. – С. 63-67.
50. Сорокин Е.Л. Модификация реакционной способности кокса для недоменных производств / Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак, М.О. Загородня // Углекимический журнал: научно-технический журнал. – Харьков: ООО «С.А.М.», 2013. – № 1-2. – С. 34-37.

References

1. Gordienko, A. I., Birchenko, A. N., & Shevchenko, A. A. et al. (2008). Povyshenie kachestva domennogo koksa OAO "Iasinovskii KKHZ" putem vvedeniia v shikhtu uglevodorodnykh dobavok. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5-6), 32-37
2. Zbykovskiy, Ye. I. (2019). Resursozberihaiucha tekhnolohiia kompleksnoi enerho-khimiko-tekhnolohichnoi pererobky vuhillia v umovakh koksokhimichnoho vyrobnytstva. DVNZ "DonNTU"
3. Grebeniuk, A. F., Zbykovskii, E. I., & Zbykovskii, A. I. (2004). O metodakh prognozirovaniia vykhoda produktov koksovaniia. *Koks i khimiia*, (11), 20-24
4. Sorokin, E. L., & Baikina, K. V. (2012). Izuchenie kharaktera vzaimodeistviia reaktoplastov so spekaishchimsia uglem. *Koks i khimiia*, (2), 8-10
5. Kolomiichenko, A. I., Zolotarev, I. V., Saranchuk, V. A., Zbykovskii, E. I., & Shendrik, T. G. (2007). Uluchshenie kachestvennykh pokazatelei CSR i CRI domennogo koksa s pomoshchiu neorganicheskikh veshchestv. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5), 50-54
6. Iliashov, M. A., Zolotarev, I. V., Tamko, V. A. et al. (2012) Vozmozhnosti ispolzovaniia zhidkikh uglerodsoderzhashchikh poputnykh produktov koksovaniia v kachestve svyaziushchego pri briketirovanii ugolnoi shikhty. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5-6), 71-79
7. Cheshko, F. F., Pituln, I. N., Torianik, E. T. et al. (2002). Predvaritelnaia obrabotka vtorichnykh produktov khimicheskogo proizvodstva pered ikh podachei v shikhtu dlia koksovaniia. *Koks i khimiia*, (9), 22-25
8. Skliar, M. G., & Lure, M. V. (1976). Puti izuchenii mekhanizma termokhimicheskikh prevrashchenii uglei. *Teoriia i praktika podgotovki i koksovaniia uglei*, 44-54
9. Vasilev, Iu. S., Semisalov, L. P., & Skorniakova, L. G. (1985). Termicheskaia podgotovka shikhty i kachestvo koksa. *Koks i khimiia*, (3), 7-12
10. Ukhmylova, G. S. (1978). Termicheskaia podgotovka shikhty dlia koksovaniia za rubezhom. *Ekspress-informatsiia*, (4), 1-12
11. Khadzhiglo, A. V. (1988). Osnovnye tekhnicheskie resheniia po termicheskoi podgotovke shikhty. *Tematicheskii sbornik nauchnykh trudov UKHIN*, 19-26
12. Erkin, L. I., Petrov, V. K., & Bernatskaia, M. A. (1969). Termicheskaia podgotovka uglei dlia koksovaniia. *Koks i khimiia*, (2), 13-17
13. Zashkvara, V. G., & Shelkov, A. K. (1973). Ob urovne nagreva ugolnoi shikhty pri termicheskoi ee podgotovke pered koksovaniem. *Koks i khimiia*, (9), 10-13
14. Naumov, L. S., & Skliar, M. G. (1982). Uluchshenie kachestva metallurgicheskogo koksa. *Koks i khimiia*, (7), 13-15
15. Starovoi, A. H., Maliy, Ye. I., Chemerynskyi, M. S., & Starovoi, M. A. (2019). *Teoriia i praktika protsesiv modyfikatsii syrovyny pry vyrobnytstvi domennogo koksu polipshenoj yakosti*. FOP Liburkina L.M.
16. Gavrikov, V. V., Sintserov, L. G., & Kolosov, A. V. (1977). O vliianii termicheskoi podgotovki uglei pered koksovaniem na vykhod koksa. *Koks i khimiia*, (3), 12-14

17. Dukhan, V. N., & Griaznov, N. S. (1967). K voprosam izmeneniia termoplasticheskikh svoistv uglei v rezultate nagreva i sushki shikhty pered koksovaniem. *Koks i khimiia*, (7), 6-12
18. Speranskaia, G. V., Tiutiunnikov, Iu. B., Erkin, L. I. et al. (1987). *Nauchnye osnovy proizvodstva formovannogo metallurgicheskogo kokska iz slabospekaiushchikhsia uglei*. Metallurgiiia
19. Vasilev, Iu. S., Gordienko, A. I., Dolgarev, G. V. et al. (2010). Pervaia promyshlennaia koksovaia batareia s ustanovkoi termicheskoi podgotovki shikhty Ukrainy kak sposob povysheniia resurso- i energoeffektivnosti metallurgicheskoi otrasli. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (3-4), 48-52
20. Vasilev, Iu. S., Gordienko, A. I., & Dolgarev, G. I. (2008). Opyt promyshlennogo ispolzovaniia termicheskoi podgotovki ugolnoi shikhty pered koksovaniem. *Koks i khimiia*, (7), 22-25
21. Zbykovskii, E. I., Novitskii, P. L., & Logvinov, A. V. (1986). Termicheskaiia podgotovka ugolnoi shikhty k koksovaniuu na opytnoi ustanovke Donetskogo KKHZ. *Koks i khimiia*, (12), 7-11
22. Zbykovskiy, Ye. I. (2019). Tekhnolohiia utylizatsii vidkhodiv koksokhimichnogo vyrobnytstva pry chastkovomu bryketuvanni vuhilnoi shykhty pered koksovanniam. In *Resursozberihaiucha tekhnolohiia kompleksnoi enerhokhimiko-tekhnolohichnoi pererobky vuhillia v umovakh koksokhimichnogo vyrobnytstva*. DVNZ "Don NTU", 21-28.
23. Vasilev, Iu. S., Gordienko, A. I., Dolgarev, G. I. et al. (2008). O vliiani kachestva kokska, poluchennogo iz termopodgotovlennykh shikht, soderzhashchikh slabospekaiushchiisia ugol, na effektivnost domennogo protsessa, ispolzuiuushchego PTU. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5-6), 38-40.
24. Gordienko, A. I., Redin, V. A., Dolgarev, G. V. et al. (2008). Opyt osvoeniia i ekspluatatsii opytno-promyshlennoi ustanovki termicheskoi podgotovki shikhty na OAO "Iasinovskii koksokhimicheskii zavod". *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5-6), 22-31.
25. Chemerinskii, M. S. (2013). *Usovershenstvovanie deistvuiushchikh tekhnologii koksovaniia ugolnykh shikht putem vneseiia gazovogo uгля, termicheskii podgotovlennogo v elektromagnitnom pole*. [Dissertation for the degree of Candidate of Science in the specialty 05.17.07 – Chemical Technology of Fuels and Lubricants, Dnipropetrovsk
26. Chemerinskii, M. S., Starovoi, A. G., & Malii, E. I. (2012). Usovershenstvovanie sposobov podgotovki ugolnoi shikhty dlia protsessa koksovaniia. *Koks i khimiia*, (7), 26-29
27. Netushil, A. V., Zhukhovitskii, B. Ia., & Kudin, V. N. (1960). *Vysokochastotnyi nagrev v elektricheskoi pole*. Vysshiaia shkola
28. Semisalov, L. P. (1982). Razrabotka protsessa termicheskoi podgotovki ugolnoi shikhty i problemy ego promyshlennogo vnedreniia. In *Sostoianie razrabotok i problemy vnedreniia protsessov koksovaniia termopodgotovki shikht i tekhnologii formirovannogo kokska*, 4-7
29. Skliar, M. G. (1984). *Fiziko-khimicheskie osnovy spekanii uglei*. Metallurgiiia
30. Didenko, V. E. (1980). *Tekhnologiia prigotovleniia ugolnykh shikht dlia koksovaniia*. Vysshiaia shkola
31. Griaznov, N. S. (1986). *Osnovy teorii koksovaniia*. Metallurgiiia
32. Leibovich, R. E., Iakovleva, E. I., & Filatov, A. B. (1982). *Tekhnologiia koksokhimicheskogo proizvodstva*. Metallurgiiia
33. Klimovitskaia, A. B., & Borodina, G. E. (1989). Ugolnye shikhty dlia koksovaniia i dobavki k nim. *Koks i khimiia*, (6), 9-11
34. Egorov, V. M., & Malyi, E. I. (2003). Kamennougolnye fusy kak sviazuiuushchee i vosstanovitel pri poluchenii rudno-uglerodistykh briketov. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (1-2), 47-48
35. Tiutiunnikov, Yu. B., Syntserova, L. H., Hrechko, Yu. I. et al. (1971). *Orhanichni dobavky u vyrobnytstvi koksua*. Tekhnika
36. Zelenskii, O. I. (2013). Sovremennye napravleniia ispolzovaniia nespekaiushchikhsia dobavok v proizvodstve kokska. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (3), 21-28
37. Egorov, V. M., & Sorokin, E. L. (2003). Vzaimodeistvie uгля marki G s krasnym shlamom. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (1-2), 6-7
38. Sorokin, E. L. (2014). Izuchenie vozmozhnosti ispolzovaniia "krasnogo shlama" v kachestve aktivnoi dobavki. *Suchasni problemy metalurhii*, (17), 77-83
39. Sorokin, E. L. (2019). Povyshenie kachestva kokska dlia nedomennykh proizvodstv. *Slovak international scientific journal. Chemistry*, 1(35), 5-8
40. Starovoi, A. G., Sorokin, E. L., Kabak, T. A., Frolov, Ia. V., & Ermakova, O. S. (2012). Izuchenie kinetiki vzaimodeistviia rudnoi i ugolnoi sostavliaiushchei pri ikh sovmestnom nagrevanii. *Teoriia i praktika metallurgii*, (3), 62-65
41. Sorokin, Ye. L. Dovichpoli, O. I. (2008). Doslidzhennia vplyvu dobavky khromitovoi rudy na fizyko-khimichni ta fizyko-mekhanichni vlastyvoli koksua. In *Vdoskonalennia vyrobnytstva palyva ta vuhletsevykh materialiv, yak chynnyk rozvytku metalurhii ta enerhetyky*. Materialy Vseukrainskoi naukovoii konferentsii studentiv ta molodykh uchenykh, Dnipropetrovsk, pp. 10-12
42. Sorokin, Ye. L., & Tsysar, D. M. (2008). Doslidzhennia zminy mekhanichnykh vlastyvolei khromokoksua pid vplyvom mineralnoi dobavky khromitovoi rudy. In *Vdoskonalennia vyrobnytstva palyva ta vuhletsevykh materialiv, yak chynnyk rozvytku metalurhii ta enerhetyky*. Materialy Vseukrainskoi naukovoii konferentsii studentiv ta molodykh uchenykh, Dnipropetrovsk, pp. 19
43. Sorokin, Ye. L., & Onyshchenko, M. A. (2008). Vychennia mozhlyvosti modyfikatsii spiklyvoi zdatnosti hazovoho vuhillia za dopomohoiu zaliznoi dobavky. In *Vdoskonalennia vyrobnytstva palyva ta vuhletsevykh materialiv, yak chynnyk rozvytku metalurhii ta enerhetyky*. Materialy Vseukrainskoi naukovoii konferentsii studentiv ta molodykh uchenykh, Dnipropetrovsk, pp. 16
44. Sorokin, Ye. L. & Keush, L. H. (2013). Doslidzhennia vlastyvolei fraktsii slabkospiklyvoho vuhillia. *Teoriia i praktika metallurgii*, (5-6), 30-34
45. Egorov, V. M., & Sorokin, E. L. (2002). Utlizatsiia krasnykh shlamov v koksokhimicheskoi promyshlennosti. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (5-6), 47-48

46. Yehorova, A. K., Klymenko, F. K., & Sorokin, Ye. L. (2004). *A charge for preparing metallurgical coke*. Patent No. 68102. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/378874/>
47. Starovoi, A. G., Sorokin, E. L., Ulanovskii, M. L., & Miroshnichenko, D. V. (2005). Issledovaniia vliianiia krasnykh shlamov na kachestvo spetsialnykh vidov koksa. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, (3), 12-15
48. Sorokin, E. L. (2014). *Izuchenie khimizma spekanii kamennogo uglia i mineralnoi dobavki*, pp. 399-404.
49. Starovoi, A. G., Sorokin, E. L., & Kabak, T. A. (2012). Issledovanie temperaturnykh intervalov vzaimodeistviia rudnoi i ugolnoi sostavliaiushchei. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (1-2), 63-67
50. Sorokin, E. L., Kabak, T. A., Zagarodnia, M. O. (2013). Modifikatsiia reaktsionnoi sposobnosti koksa dlia nedomennykh proizvodstv. *Uglekhimicheskii zhurnal*, (1-2), 34-37

Надійшла до редколегії / Received by the editorial board: 13.09.2024

Прийнята до друку / Accepted for publication: 20.11.2024