

*Каширна Н.О., Коренев О.В., Сорокін Є.Л. Старовойт А.Г., Малий Є.І.,  
Старовойт М.А.*

## **Аналіз процесів та методів розширення сировинної бази коксування**

### **Повідомлення 1. Стан проблеми розширення сировинної бази коксування**

*Kashirnaya N.O., Korenev O.V., Sorokin E.L. Starovoit A.G.,  
Maliy E.I., Starovoit M.*

### **Analysis of processes and methods for expanding the protein base coking plant. Note 1. The problem of expanding the serum base coking plant**

**Мета.** Аналіз постсучасних методів, що дозволяють розширяти сировинну базу коксування задля ефективного використання викопних природних ресурсів країни.

**Методика.** Аналіз сучасних та постсучасних методів і технологій, що стосуються методології розширення сировинної бази коксування.

**Результати.** Проаналізовано пріоритетні методи розширення сировинної бази коксування. Визначено, класифікацію методів та розділено на механічні методи, термічні методи та специфічні, що передбачають зміну властивостей кам'яного вугілля. Проаналізовано, такі методи, що передбачають ущільнення вугілля.

**Наукова новизна.** Здійснений критичний аналіз джерел як вітчизняних, так і закордонних стосовно існуючих методів та методик розширення сировинної бази коксування, дозволив встановити факт недостатньої вивченості питання, що унеможливило впровадження запропонованих технологій.

**Практична значимість.** Вивчення питання щодо розширення сировинної бази коксування дозволило встановити недостатність знань та наукових положень про структуру спіклого вугілля та його властивості, що унеможливило його ефективно використовувати.

**Ключові слова.** Сировинна база коксування, брикетування вугілля, брикетування з в'язучими речовинами, трамбування, термічний піроліз, термокаталітичні процеси.

В сучасних умовах провідним напрямом комплексної переробки викопного кам'яного вугілля в Україні є коксохімічне виробництво. Коксове виробництво залежить від функціонування металургійної галузі, тому перебуває у постійній невизначеності стосовно сировинної бази [1 - 5]. Виробництво необхідної кількості коксу з високими якісними показниками з вугільної сировинної бази коксування України відчуває сильну залежність від нестачі добре-коксівного низько сірчаного вугілля [6]. Більшість методів та процесів розширення сировинної бази коксування досягнуті в досить нестандартних напрямках [7 - 19]. Проте зазначений перелік пріоритетних методів розширення сировинної бази коксування уповільнює розвиток досить перспективних напрямів, що перебувають у процесі розробки.

Діюче коксохімічне виробництво є унікальним комплексом хімікотехнологічної переробки вугілля. Це уможливило використання нових сировинних компонентів із виробництвом інноваційної продукції з новими споживчими якостями без докорінної реконструкції існуючого виробництва. Така концепція розвитку передбачає створення нових

енергозберігаючих, ресурсозберігаючих та екологічно чистих технологій коксохімічного виробництва, яка буде адаптована до сучасних ринкових умов [20 - 22]. Це потребує ретельного дослідження та виявлення особливостей нової комплексної технології, що передбачає, насамперед, технологію підготовки вугільної шихти.

Отже, необхідно розглянути найпоширеніші методи та процеси розширення сировинної бази коксування для досягнення максимального результату.

Під час вибору перерахованих нижче пріоритетних методів розширення сировинної бази коксування, у першу чергу, увага зверталася на процеси та методи, що відіграли важливу роль у науці і техніці для забезпечення розвитку вугільної та коксохімічної галузі.

У практиці роботи КХЗ використовують різні прийоми, що дозволяють збільшити густину вугільного завантаження та підвищити його спікливість: часткове брикетування, ущільнення [23, 24]. Ущільнення вугільного завантаження в коксових камерах використовують для підвищення спікливості

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

Kashirnaya N. – PhD student at USUST  
Korenev O. – PhD student at USUST  
Sorokin E. – d.t.s., profssor, USUST  
Starovoit A. – d.t.s., profssor, USUST  
Maliy E. – d.t.s., profssor, USUST  
Starovoit M. – c.t.s., docent USUST

пористого тіла коксу, що сприяє залученню до коксування слабкоспівливого, газового і пісного вугілля. Разом зі збільшенням помелу використовують обмаслювання, трамбування, вібрацію, брикетування і гранулювання частини або всього вугільного завантаження. Ефективним є ущільнення вугільного завантаження і водночас глибока сушка та термopідготовка вугілля. Як органічні домішки для змочування використовують низькокиплячі рідини, мазут, кам'яновугільні мастила. Низькокиплячі органічні домішки забезпечують збільшення густини насипної маси шихт, висококиплячі самі беруть участь у деструктивній пластифікації вугілля [25].

Зважаючи на зазначене вище, до числа найголовніших методів розширення сировинної бази коксування можна віднести такі класифікації:

- механічний метод розширення сировинної бази коксування (брикетування, трамбування);
- термічна підготовка вугільної шихти або окремого компонента, як метод розширення сировинної бази коксування;
- розширення сировинної бази коксування за допомогою домішок (органічних, мінеральних тощо).

Зазначені вище технології, насамперед, призначені для вугільних шихт, до складу яких входить значна кількість низькометаморфізованого вугілля. Запаси слабкоспівливого вугілля складають 62%, з яких лише 16,2% можуть бути залучені до процесу коксування. Використання останнього унеможливає його технологічна особливість [26, 27].

Вугілля газової групи має межі зольності 6,1 - 7,3 %, та вміст сірки 0,91 - 1,76 %, а також характеризується за показником товщини пластичного шару 10 - 11 мм та інтервалом значень середнього показника відбиття вітриніту 0,66 - 0,84%, коли середнє значення його становить 0,76%. Особливістю цієї групи вугілля є низький вміст вітриніту (34 - 45%) та підвищений вміст опіснюючих компонентів (55 - 66%). Необхідно зазначити, що в процесі розподілу вітриніту за стадіями метаморфізму, переважає стадія жирного вугілля (64 - 73%), яка підтверджується значеннями середнього показника відбиття вітриніту ( $R_o = 1,09\%$ ).

Імовірно ця обставина є досить значущою для того, щоб вугілля проходило стадію підготовки в промислових умовах перед процесом коксування з метою покращення якості коксу, а також позитивно позначилося на покращенні показників механічної та гарячої міцності коксу [28 - 32].

На сьогодні основним процесом практичного використання для розширення сировинної бази коксування є процес трамбування та брикетування як повного, так і часткового. Цей метод поширений як на території України, так і за її межами, тому що ущільнення вугільної шихти уможливає використання в процесі коксування вугілля, на основі сировинної бази коксування [33 - 39].

Трамбування вугільного завантаження знижує його газопроникність у пластичному стані, що підсилює процеси відновлення і збільшує товщину

пластичного шару. Порівняно з коксуванням вугільної шихти насипом, трамбування дозволяє збільшити густину вугільного завантаження [23, 24, 40, 41].

Технологія трамбування вугільної шихти полягає в тому, що шихта з вугільних башт подається до трамбувальної камери, у якій відбувається пошарове ущільнення шихти падаючими молотками. Процес трамбування триває 4 хвилини. Отриманий «вугільний пиріг» подається до камери коксування. Гази, що виділяються під час завантаження, відсмоктуються через отвори в камері коксування установкою, що пересувається на верху батареї. Гази спалюються в топковій камері та видаляються в атмосферу з температурою 70°C.

Брикетування й гранулювання всієї або частини вугільної шихти, з додаванням чи без зв'язуючої домішки, передбачає збільшення насипної маси шихти в камері коксової печі. Брикети отримують на валкових пресах спеціальної конструкції, а гранулювання вугільної маси здійснюють на тарілчастих грануляторах. При частковому заповненні об'єму вугільного завантаження брикетованою або гранульованою вугільною шихтою (на 40 - 60%) густина її насипної маси збільшується на 10 - 16%.

Основним завданням, що вирішується під час брикетування, є можливість збільшення в шихті частки слабкоспівливого вугілля (газового або пісного).

Найбільш ефективним є брикетування або гранулювання шихти з додаванням зв'язуючої речовини (мазуту або інших висококиплячих продуктів). У цьому випадку можна значно збільшити вміст у шихті газового і пісного вугілля [25].

Брикетування також відноситься до процесу ущільнення вугільної шихти, але є деякі відмінності. В процесі брикетування можна утилізувати такі відходи, як вугільний пил, тобто вирішити одну із екологічних проблем: бездимне завантаження брикетів, безвідходність вуглезбагачувального відділення, відсутність великих температур під час брикетування. Тому за технологією брикетування можна використовувати відходи коксохімічного виробництва, це дозволяє економічно ставитися до енергетичних та сировинних ресурсів підприємств та значно зменшити забруднення довколишнього середовища [35].

Брикетування є досить суттєвим на діючих коксохімічних підприємствах, в основу яких лягає брикетування частини вугільної шихти. Приблизно 30% вугільної шихти або слабкоспівливого вугілля брикетується разом зі зв'язуючою речовиною.

Також варто звернути увагу на зв'язуючу речовину в процесі брикетування, що повинна відповідати певним вимогам. Зв'язуюча речовина (кам'яновугільна смола, пек, бітуми, гудрони тощо) виконує дві основні функції:

- по-перше, надає пластичність масі, що брикетується;
- по-друге, сприяє спіканню вугільних часток з утворенням міцного металургійного коксу.

Використання цієї технології має і недоліки, зокрема досить складно розподілити зв'язуючу речовину рівномірно по всій масі вугільної шихти, що 30 призводить до руйнування брикетів під час транспортування та отримання коксу з нерівномірним розподілом якісних показників.

Встановлено [42], 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.

#### Бібліографічний опис

1. Рудыка В.И. Реалии с производством и потребностями в коксе и коксующихся углях на современном этапе развития мировой металлургии. //Кокс и химия. – 2006 - №1 - С. 2-5.
2. Ярошевський С.Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля : монографія / С.Л.Ярошевський , А.В.Ємченко, І.В.Шульга та ін. – Харків : Контраст,2012 - 204 с.
3. Стогній О.В. Потенціал видобутку вугілля в Україні / О.В.Стогній, В.М. Макаров, М.І. Каплін // Проблеми загальної енергетики. - 2011. – Вип. 2 (25). – С.11-16.
4. Старовойт А.Г. Проблемы и перспективы глобального и европейского рынков стали, кокса и угля. Аналитический обзор материалов саммита «Европейский кокс 2009» / А.Г. Старовойт, В.И. Рудыка, Е.Т.Ковалев // Черная металлургия. – 2009. - №7. – С.35-39.
5. Ковалев Е.Т. Основные тенденции современной технологии коксования / Е.Т. Ковалев // Углекимический журнал. - 2004. - № 3-4. – С.32-35.
6. Гребенщиков В.П. Современное состояние мировой угольной промышленности / В.П.Гребенщиков, С.М. Гусев // Уголь. – 2002. - № 1. – С. 22-28.
7. Тайц Е.М. Новые методы подготовки и коксования углей. Харьков: Гос.Науч.-техн. изд-во лит. по черной и цветной металлургии. - 1996 - 312с.
8. Ахтырченко А.М. Техничко-економическая оценка новых технологических процессов коксования. Тематический сборник научных трудов УХИН. – 1988 - С.66-70.
9. Гончаров В.Ф. Теория и технология новых видов металлургического топлива и восстановителей на основе непрерывного процесса коксования: дис. докт.техн.наук. Днепропетровск - 1982. - 412 с.
10. Саранчук В.И., Ошовский В.В., Власов Г.А. Физико-химические основы переработки горючих ископаемых. Донецк: Східний видавничий дім. – 2001 - 304 с.
11. Давидзон А.Р. Технологические возможности улучшения качества кокса / А.Р.Давидзон, И. Д. Дроздник // Кокс и химия. – 2006. - № 8. – С.15-18.
12. Еремин И.В. Марочный состав углей и их рациональное использование / И.В.Еремин, Т.М. Бронивец. – М : Недра, 1994. – 255 с.
13. Ковалев Е.Т. Возможность получения высококачественного кокса в условиях существующей сырьевой базы Украины / Е.Т. Ковалев, И.Д. Дроздник // Углекимический журнал. – 2010. - № 3-4. -С. 11-17.
14. Рудыка В.И. О перспективах развития коксового производства и его технологии / В.И. Рудыка, В.П.Малина //Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1997. - № 3. – С. 17-21.
15. Гюльмалиев А.М.Теоретические основы химии угля. / А.М. Гюльмалиев, Г.С. Головин, Т.Г.Гладун. – М : МГГУ, 2003. – 556 с.
16. Филатов Ю.В. Опыт производства доменного кокса улучшенного качества из украинских углей и использование его в доменной печи с применением ПУТ / Ю.В. Филатов, Б.П. Крикунов, А.И. Гордиенко // Углекимический журнал. – 2007. - №5-6. – С.11-18.
17. Ухмылова Г.С. Освоение прогрессивных процессов расширения сырьевой базы коксования за рубежом. Обзорная информация ин-т « Черметинформация» / Г.С.Ухмылова // Коксохимическое производство. – 1987. – Вып. 1. – 45 с.
18. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля : монографія / С.Л. Ярошевський, А.В.Ємченко, І.В.Шульга та ін. Харків : Контраст, - 2012. - 204 с
19. Ухмылов Г.С. Оптимизация состава угольной шихты для коксования. //Кокс и химия. - 2006. - №1. - С. 13-15.
20. Глущенко И.М. Прогноз качества кокса. М.: Металлургия - 1976. - 200 с.
21. Улановский М.Л. Прогноз качества кокса по показателям CSR и CRI : обзор / М.Л. Улановский // Кокс и химия. – 2009. - №10. -С.17-23.
22. Гуляев В.М. О европейских требованиях металлургов к качеству доменного кокса / В.М. Гуляев, В.Д.Барский, А.Г.Рудницкий // Кокс и химия. – 2012. - № 10. – С. 13-17.
23. Кравцов В.П. Актуальность технологии брикетирования коксовой пыли / В.П.Кравцов, А.В.Папин // Вестник Кузбасского государственного университета, Химическая технология. - 2012. - С. 112-113.
24. Борисенко А.Л. Получение брикетов из угольных шихт и концентратов с использованием различных видов углеводородных добавок. Определение качества угольных брикетов и частично брикетированных шихт / А.Л. Борисенко, И.Д. Дроздник, Ю.С. Кафтан и др. // Углекимический журнал. – 2018. - №1. – С.10-12.
25. Нефедов П.Я. Роль связующего как спекающегося компонента частично брикетированной угольной шихты / П.Я. Нефедов, Л.В. Копелович, А.Я. Еремин, В.Г.Мишихин, И.Ю. Рывкин, Е.М.Литвин // Кокс и химия. – 1987. \_ № 8. – С.18-22.
26. V.Savchuk Assessment of coal quality on the site “uspenivska no 2” in western donbas based on the statistical analysis of its chemical and technological properties / V. Savchuk, D. Rudakov, D. Prykhodchenko // Mining of Mineral Deposits. Volume 10 (2016), Issue 4, pp. 98-104

27. Филатов Ю.В. Концепция развития угольной сырьевой базы для производства кокса марки «Премиум» / Ю.В.Филатов, В.И.Чаленко, Е.Т.Ковалев, И.Д.Дроздник // Углекимический журнал. – 2013. – № 6. – С.12-19.
28. Карпов А.В., Никитин Н.И. Влияние подготовки угольной шихты на качество кокса. // Углекимический журнал. - 2004. - №5-6. - С.35-37.
29. Еленский Ф.З., Беличенко А.Г., Чернышев Ю.А. Мастер подготовки угля к коксованию. М.: Металлургия - 1975. - 312 с.
30. Хаджиогло А.В., Семисалов Л.П., Долгарев Г.В., Щелкунов Ф.С. Термическая подготовка углей и коксование шихт из углей ЧССР. //Кокс и химия. – 1989 - №8 - С.10-14.
31. Полупромышленная установка для сухого тушения кокса и термической подготовки шихты к коксованию. Экспресс-информация. Серия «Коксохимическое производство». - 1982. - Вып.8. - С.4-5.
32. Тамко В.А. Обработка доменного кокса водным раствором тетрабората натрия / В.А. Тамко, И.В. Золотарев, В.И.Саранчук, Е.И. Збыковский , Т.Г.Шендрик, И.И.Швец // Химия твердого топлива. – 2010. - №1.- С.15-18.
33. Справочник коксохимика. Том 2: производство кокса / под ред. А.Г. Старовойт, Ю.Е. Зингерман. Харьков: ИД «ИНЖЕК», 2014. 728 с.
34. Васильев Ю.С.Десять лет технологии коксования трамбованных угольных шихт / Ю.С.Васильев, В.М.Кузниченко, А.А.Лобода и др. // Углекимический журнал. – 2004. - № 1 – 2. – С. 19 – 22.
35. Васильев Ю.С. Первая промышленная коксовая батарея с установкой термической подготовки шихты в Украине 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. 49-52.
36. Борисенко Л.А. Определение эффективности использования углеводородных продуктов коксохимического производства и органического синтеза в качестве связующего для брикетирования части угольной шихты или ее компонентов. Получение брикетов из угольных шихт и концентратов с использованием различных видов углеводородных добавок. Определение качества угольных брикетов и частично брикетированных шихт / А.Л. Борисенко, И.Д. Дроздник, Ю.С. Кафтан и др. // Углекимический журнал. – 2018. - № 1. – С.10-12.
37. 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.
38. Збиковський Є.І. Післяпічна обробка коксу. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Покровськ :ДВНЗ «Дон НТУ», 2019. С. 43-45.
39. Збиковський Є.І. Технологія виробництва бездимного твердого палива із застосуванням технології термічної підготовки шихти.60с. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Покровськ :ДВНЗ «Дон НТУ»,2019. С.60-61
40. Кривонос В.В., Васильев Ю.С., Дроздник И.Д. Освоение технологии трамбования на Алчевском КХЗ с использованием углей Украины и России // Углекимический журнал. – 2009 - № 5-6 - С.85-89.
41. Справочник коксохимика. Том 1: Производство кокса/ под ред. А.Г.Старовойт, Ю.Е. Зингерман. Харьков : ИД «ИНЖЭК» - 2014. - 728 с.
42. Расширение сырьевой базы коксования // Technocral, 1981, V. 14 № 8. – P.61, Cluckauf, 1981, Bd 117. - № 18. – S.1260

*Надійшла до редколегії / Received by the editorial board: 01.10.2024*

*Прийнята до друку / Accepted for publication: 20.10.2024*