

Міністерство промисловості України
Український державний науково-дослідний вуглехімічний
інститут "УХІН"

На правах рукопису

Збиковський Олександр Іванович

УДК 662.741.3.001.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА
ВЛАСТИВОСТІ КОКСУ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ПЕРІОДІВ
КОКСУВАННЯ

05.17.07 - хімія та технологія переробки горючих
копалин та вуглецевих матеріалів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1995



00778166 (Z)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі хімічної технології палива
Донецького державного технічного університету.

НАУКОВІ КЕРІВНИКИ: доктор технічних наук, старший
науковий співробітник Л.П. Семісалов,
кандидат технічних наук, доцент
П.Л. Новіцький.

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ: доктор технічних наук, професор
І.Г. Зубілін,
кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник Ю.С. Кафтан

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ - Державна металургійна академія
України

Захист дисертації відбудеться "4" липня 1995 р.
в 13³⁰ годин на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 141.05.01 при Українському державному науково-дослідному
вуглехімічному інституті.

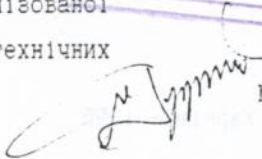
Адреса: 310023, м. Харків, вул. Весніна, 7, УХІН.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній
бібліотеці Українського державного науково-дослідного вугле-
хімічного інституту.

Автореферат розіслано "30" травня 1995 р.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, кандидат технічних
наук


М.І. Рудкевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В зв'язку з різким зниженням виробництва чавуну знижується і потреба в доменному коксі. Досить сказати, що навіть без обліку кризисних явищ по прогнозі проробкам виробництво чавуну в Україні до 2005 р. повинно знизитись більше ніж в 1.5 разу. Природна річ, що виробляти таку велику кількість коксу, як це було у 80-і роки, нема необхідності. Разом з тим, виробничі потужності коксохімічної промисловості країни значно більші за ті, що потребує доменне виробництво. Існує два можливих варіанти вирішення виникнувшої проблеми: або продовжувати виробляти кокс у тій же кількості, що і раніше, шукаючи збуту чи то за кордоном, чи то в інших галузях промисловості, або зменшувати виробництво коксу до потрібного металургіі рівня. В сучасних умовах перший варіант неприйнятний із-за відсутності достатньої вугільної сировинної бази для повного завантаження виробничих потужностей коксохімічних заводів. По другому варіанту є два шляхи вирішення. Перший - зупинити частину коксохімічних заводів, що потребуватиме вирішення соціальних питань (куди діяти робочу силу). Другий - перейти на подовжені періоди коксування, як це має місце зараз.

Перехід на подовжені періоди коксування висовує цілий комплекс питань: чи можуть працювати коксові батареї на періодах коксування, в 1.5-2 і більше разів перевищуючих нормативні, які закономірності коксування в умовах низьких швидкостей нагріву, який буде утворюватись кокс із шихт різного складу, і чи буде він відповідати вимогам доменного виробництва? Одержані відповіді на ці запитання і визначають актуальність виконаного дослідження.

Мета роботи. Дослідження і встановлення закономірностей

формування фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей коксу в умовах подовжених в 1.5-2 рази в порівнянні з нормативними періодів коксування і розробка практичних рекомендацій по підтриманню теплотехнічних режимів в коксових печах з різною шириною камер.

Наукова новизна. Виконане комплексне дослідження впливу у взаємодії швидкості нагріву в температурній ділянці 200-800 °С в інтервалі 1-3.5 °С/хвил, кінцевої температури коксування в інтервалі 900-1030 °С, часу впливу теплом на твердий залишок коксування після досягнення 800 °С в інтервалі 2.5-10.5 г та марочного складу шихти при зміні вмісту газового вугілля від 30 до 60 % на фізико-механічні та фізико-хімічні властивості коксу. Одержані математичні рівняння, адекватно описуючі закономірності формування властивостей коксу в умовах взаємодії технологічних факторів. В результаті аналізу рівнянь встановлено:

- із досліджених технологічних факторів найбільш суттєвий, визначаючий вплив на міцність коксу робить швидкість нагріву в температурній ділянці 200-800 °С;
- на готовність коксу найбільш суттєвий вплив роблять час теплового впливу на твердий залишок коксування після досягнення 800 °С та кінцева температура коксування;
- для формування коксу з однаковою структурою та властивостями можлива заміна одних технологічних факторів іншими, а також компенсація негативного впливу одних технологічних факторів позитивним впливом інших.

Встановлено, що в промислових умовах збільшення періоду коксування в 1.5-2 рази в порівнянні з нормативними незначно впливає на швидкість нагріву вугільної заправки в температурній ділянці 350-600 °С. Після досягнення приблизно 900 °С

швидкості нагріву по ширині коксового пирога вирівнюються, а перепад температури становиться невеликим (до 40 °C). В міру подовження періоду коксування збільшується час перебування коксу у високотемпературному полі.

Показано, що показники, які використовуються в теперішній час для висловлення швидкості коксування і визначаються діленням ширини камери коксування на період коксування (мм/ч), а також кінцевої температури коксування на період коксування (°C/г чи °C/хвил), неприйнятні. Більш вірно і обгрунтовано виражати швидкість коксування як швидкість підйому температури в інтервалі 350-600 °C (мінімальне значення по ширині камери).

Надано пояснення, чому при значному подовженні періоду коксування в промислових умовах (в 1.5-2 рази) якість коксу практично не змінилась, в тому числі і з шихт пониженої спікливості.

Встановлено, що в міру подовження періоду коксування збільшується однорідність властивостей коксу по довжені повномірних кусків.

Практична цінність та реалізація роботи полягають у використанні її результатів при розробці правил технічної експлуатації коксових батарей (ПТЕ) на великих періодах коксування, а також при читанні лекцій по учбовим дисциплінам "Хімічна технологія палива та вуглецевих матеріалів", "Технологія коксування" і "Енерготехнологія хімічних виробництв".

На захист виносяться:

- закономірності формування фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей коксу під впливом швидкості нагріву в температурній ділянці 200-800 °C, кінцевої температури коксування, часу впливу теплом на твердий залишок коксування піс-

ля досягнення 800 °С, кількості газового вугілля в шихті і насипної щільності шихти;

- особливості температурних умов процесу коксування в коксових печах з середньою шириною камери 407 і 480 мм при періодах коксування 20-30 г;

- обґрунтування нового показника для висловлення швидкості коксування в промислових коксових печах;

- обґрунтування особливостей формування фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей коксу в промислових коксових печах при періодах коксування тривалістю до 30 г;

- рекомендації по підтриманню теплотехнічних режимів в коксових печах з різною шириною камер при періодах коксування, в 1.5-2 рази перевищуючих нормативні.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідались: на поширеному науково-технічному семінарі відділу процесів і апаратів коксового виробництва УХІНу (м. Харків, 1995 р.); на засіданнях технічних рад Маріупольського (м. Маріуполь, 1995 р.) і Макіївського (м. Макіївка, 1995 р.) коксохімічних заводів; на науково-технічній раді УХІНу (м. Харків, 1995 р.).

Публікації. Основні положення, викладені в дисертації, опубліковані в 3 надрукованих роботах.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 7 розділів, закінчення, списку використаних джерел та 6 додатків. Дисертація викладена на 140 стор., включаючи 12 малюнків, 26 таблиць. Бібліографічний список містить 59 джерел вітчизняної та зарубіжної літератури.

Декларація конкретного особистого внеску дисертанта у розробку наукових результатів, що виносяться на захист. Автор особисто провів модернізацію двокамерної лабораторної печі УХІНу, всі лабораторні коксування, математичну обробку та

аналіз результатів лабораторних коксувань, керував та особисто брав участь у всіх замірах температур по ширині промислових коксових печей, брав участь в обробці результатів промислових досліджень, сформулював основні висновки дослідження.

Характеристика методології, методу дослідження. При проведенні лабораторних досліджень був використаний метод математичного планування експерименту, в результаті чого одержана адекватна математична модель процесу коксування.

ГЛАВА 1. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ПРОЦЕС КОКСОУТВОРЕННЯ ТА ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ КОКСУ

Одержання коксу з фізико-механічними та фізико-хімічними властивостями, що відповідають вимогам доменного виробництва, можливо тільки в результаті реалізації трьох фундаментальних стадій процесу коксоутворення:

- утворення пластичної маси;
- спікання вугільних зерен в моноліт напівкоксу;
- формування макроструктури та мікроструктури коксу.

На стадії пластичного стану закладаються основні особливості структури та властивостей коксу. Діючи факторами, збільшуваними чи зменшуваними пластичність, можна суттєво впливати на властивості готового продукту - коксу.

Численними дослідженнями показано, що швидкість нагріву вугільних шихт у процесі коксування є одним з факторів, в значній мірі визначаючих спікливість вугільних зерен у моноліт і міцність коксу. Підвищення швидкості нагріву не тільки збільшує вихід рідкорухомих продуктів на стадії пластичного стану, а й змінює їх якість, внаслідок чого поліпшується спікливість вугілля, а напівкокс, що утворюється, має більш

жорстку структуру. Збільшення швидкості нагріву на стадії формування структури коксу приводить до запізнення процесів формування молекулярної структури у відношенні до досягнутого рівня температури. В результаті виникають внутрішні напруги, які згіршують характеристики міцності коксу.

Підвищення газового тиску сприяє поліпшенню спікливості вугільних зерен як за рахунок більш повного використання рідких продуктів, так і за рахунок синтезу додаткової кількості рідких продуктів із газоподібних. Ущільнення вугільної загрузки робить такий же вплив на термохімічні перетворення у вугільних зернах, як і збільшення газового тиску. Більш тонке здрібнення вугілля у всіх випадках підвищує в'язкість пластичної маси, що утворюється, та погіршує спікливість вугільних зерен.

Перехід на великі періоди коксування поставив на порядок денний такі питання: "Які умови коксування при великих періодах коксування? Як позначилось подовження періоду коксування на якості коксу із шихт різного складу і спікливості? Які належить внести зміни, якщо необхідно, у теплотехнічний режим коксування?"

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ПО ВИВЧЕННЮ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС КОКСОУТВОРЕННЯ ПРИ ВЕЛИКИХ ПЕРІОДАХ КОКСУВАННЯ

З метою вивчення температурних умов коксування в промислових коксових печах були проаналізовані опубліковані в пресі криві підйому температури по ширині коксуемого завантаження для камер завширшки 384 та 494 мм при періодах коксування відповідно 13.8 (13.5) і 17 г.

Для проведення лабораторних досліджень за фактори, що впливають на процес коксування, вибираємо ось такі:

- X1 - швидкість нагріву в інтервалі 200-800 °С, °С/хвил;
- X2 - кінцева температура коксування, °С;
- X3 - час діяння на кокс теплом після досягнення 800 °С, г;
- X4 - кількість у вугільній шихті концентрату марки ГЖО, %.

Ураховуючи, що подовження періоду коксування і збільшення ширини камери приводять до зниження швидкості нагріву, швидкість нагріву в інтервалі 200-800 С проваріюєм в межах 1-3.5 °С/хвил. Кінцеву температуру коксування проваріюєм від 900 до 1030 °С, а час діяння на кокс теплом після досягнення 800 °С - від 2.5 до 10.5 г. Кількість газового вугілля в шихті проваріюєм в широких межах: від 30 %, що відповідає Іх кількості в так званій "еталонній" шихті для коксування, яка має високу спікливість, до 60 %, що відповідає кількості газового вугілля в перспективних шихтах пониженої спікливості.

За вихідні показники в чотирифакторному експерименті приймаємо: П25 і 110 - показники міцності по результатах випробувань в лабораторному барабані, %; Пс - структурну міцність по Грязнову, %; к - реакційну здатність, см³/г*с; r - питомий електроопір, см*мм²/м; Вк - вихід коксу на суху масу, %.

При швидкості нагріву 1 °С/хвил в інтервалі 200-800 °С, часі діяння на кокс теплом після досягнення 800 °С, який дорівнює 2.5 г, і кінцевій температурі коксування 900 °С проведемо двофакторний експеримент, варіюючи такі фактори:

X5 - кількість у вугільній шихті концентрату марки ГЖО в межах від 30 до 60 %;

X6 - насипна щільність вугільної шихти на робочу масу в межах від 760 до 880 кг/м³.

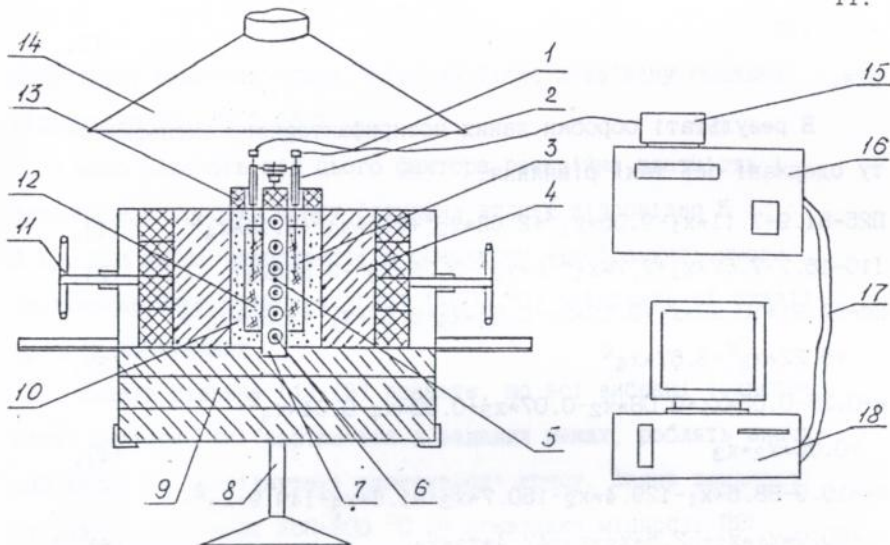
За вихідні показники в двофакторному експерименті приймаємо: показники міцності коксу П25 і І10, структурну міцність коксу по Грязнову і його вихід на суху масу.

Опираючись на дані попередніх досліджень про нелінійну залежність показників властивостей коксу від впливаючих технологічних факторів, для проведення лабораторних коксувань склали центральні композиційні ортогональні плани другого порядку.

ГЛАВА 3. РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС КОКСОУТВОРЕННЯ

Для вирішення задачі дослідження в лабораторних умовах впливу технологічних факторів на процес коксування за базовий варіант вибрали двокамерну лабораторну піч УХІНу, модернізували ІІ, а також внесли зміни в методику підготовки і проведення коксувань.

Щоб підвищити однорідність коксу, товщину вугільної загрузки в лабораторній печі зменшили в 2 рази (з 60 до 30 мм). Для досягнення у вугільній загрузці більш високих температур, які дорівнюють кінцевим температурам, що повинні забезпечуватися в промислових коксових печах (1050 ± 50 °С), і підвищення однорідності температурного поля на поверхні обігрівального простінка, виготовили і установили новий обігрівальний простінок із жароміцного бетону. Число каналів для карборундових нагрівників у нього в порівнянні зі старим простінкомросло з 4 до 6. З метою відтворення умов коксування в промисловій печі вугільні проби не висушувались до повітряно-сухого стану, а доводились до вологості 10 %, близької до вологості промислових шихт. Для контролю за підйомом температури



Мал. 1. Модернізована двокамерна лабораторна піч УХІНу з автоматичною системою контролю:
 1 - компенсаційні провoda; 2 - тримач термopар; 3 - хромель-алюмелева термopар; 4 - дверці печі; 5 - платино-платинородієва термopар; 6 - карборундовий нагрівальний стержень; 7 - обігрівальний простінок; 8 - опора печі; 9 - кладка печі; 10 - буферна вугільна засипка; 11 - винтове запорне обладнання; 12 - вугільна проба; 13 - теплоізоляційна цегла; 14 - витяжний зонт; 15 - компенсаційна коробка; 16 - вимірвальний перетворювач Ш711/1І; 17 - лінія зв'язку; 18 - комп'ютер.

у вугільних загрузках і обігрівальному простінку в ході процесу коксування розробили автоматичну систему контролю. На мал. 1 зображена схема модернізованої двокамерної лабораторної печі УХІНу, забезпеченої автоматичною системою контролю.

ГЛАВА 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті статистичної обробки експериментальних даних, яка містить в собі розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії і статистичний аналіз рівнянь, одержані рівняння, які адекватно, з довірчою імовірністю 95 % описують шукані залежності властивостей коксу від впливаючих технологічних факто-

рів.

В результаті обробки даних чотирифакторного експерименту одержані ось такі рівняння:

$$П25=81.9+7.11*x_1-9.05*x_1^2+2.62*x_2^2+3.5*x_3^2+4.15*x_4^2 \quad (1),$$

$$I10=16.7-7.67*x_1+7.7*x_1^2-2*x_2^2-3.35*x_3^2-3.52*x_4^2 \quad (2),$$

$$Пс=57.91+10.93*x_1+3.13*x_2-2.68*x_4-8.83*x_1^2+3.88*x_2^2+5.22*x_3^2+3.67*x_4^2 \quad (3),$$

$$κ=0.38-0.05*x_1-0.08*x_2-0.07*x_3+0.03*x_4-0.04*x_4^2+0.05*x_2*x_3 \quad (4),$$

$$r=810.9-88.6*x_1-129.4*x_2-150.7*x_3+91.8*x_4+149.9*x_3^2-50.9*x_1*x_2+52.6*x_2*x_3-47.4*x_3*x_4 \quad (5),$$

$$Вκ=74.4-0.24*x_1-0.64*x_2-0.76*x_3-0.89*x_4-0.38*x_1^2+0.47*x_3^2-0.66*x_2*x_3 \quad (6),$$

де $x_1=(X1-2.25)/1.25$, $x_2=(X2-965)/65$, $x_3=(X3-6.5)/4$,
 $x_4=(X4-45)/15$.

Експериментальні дані опрацювали також, виходячи із припущення, що швидкість нагріву в інтервалі 200-800 °С найбільш істотно впливає на фізико-механічні і фізико-хімічні властивості коксу. В результаті одержані ось такі рівняння:

$$П25=87+4.63*x_1-3.47*x_1^2 \quad (ρ^2=0.7452) \quad (7),$$

$$I10=12.21-5.57*x_1+2.97*x_1^2 \quad (ρ^2=0.8280) \quad (8),$$

$$Пс=64.74+8.15*x_1-2.57*x_1^2 \quad (ρ^2=0.6512) \quad (9),$$

$$κ=0.35-0.05*x_1-0.02*x_1^2 \quad (ρ^2=0.0531) \quad (10),$$

$$r=784.2-99.9*x_1+70.8*x_1^2 \quad (ρ^2=0.0763) \quad (11),$$

$$Вκ=74.65-0.34*x_1-0.15*x_1^2 \quad (ρ^2=0.0356) \quad (12),$$

де $ρ^2$ - квадрат кореляційного відношення.

Аналіз рівнянь (7)-(12) і розрахованих значень квадратів кореляційних відношень дозволяє зробити от такі висновки:

- швидкість нагріву в інтервалі 200-800 °С робить визначаючий вплив на показники міцності кускового коксу П25 і I10 і

структурну міцність коксу, ступінь тісноти зв'язку складає відповідно 75, 83 і 65 %;

- мало залежать від цього фактора реакційна здатність і питомий електроопір коксу (ступінь впливу відповідно 5 і 8 %), так як ці властивості в основному відображають умови протікання високотемпературної (>800 °C) завершальної стадії процесу коксування.

Аналіз рівнянь (1)-(6) показує, що всі вибрані технологічні фактори, які варіюються в заданих межах, роблять значущий вплив на досліджувані властивості коксу. Вплив швидкості нагріву в інтервалі 200-800 °C на показники міцності П25, І10 і структурну міцність коксу носить екстремальний характер. Оптимальні значення швидкості нагріву з точки зору досягнення кращих міцностних характеристик коксу лежать в межах 2.7-3 °C/хвил.

На реакційну здатність і питомий електроопір коксу найбільший вплив роблять кінцева температура коксування і час діяння на кокс теплом після досягнення 800 °C.

В результаті обробки експериментальних даних двофакторного експеримента одержані такі рівняння, адекватно описуючі шукаємі залежності:

$$\text{П25} = 80.66 + 2.7 \cdot x_6 \quad (13),$$

$$\text{І10} = 18.97 + 1.95 \cdot x_5 - 2.85 \cdot x_6 \quad (14),$$

$$\text{Пс} = 51.43 - 3.27 \cdot x_5 + 8.62 \cdot x_6 + 5.15 \cdot x_6^2 \quad (15),$$

$$\text{Вк} = 76.18 - 1.07 \cdot x_5 + 0.5 \cdot x_6 \quad (16),$$

де $x_5 = (X_5 - 45) / 15$, $x_6 = (X_6 - 820) / 60$.

Показник міцності коксу П25 і вихід коксу лінійно зростають, а показник міцності І10 лінійно знижується із збільшенням насипної щільності шихти в інтервалі 760-880 кг/м³.

Ущільнення бугільної шихти компенсує негативний ефект

II описнення при збільшенні часткової участі в ній газового вугілля.

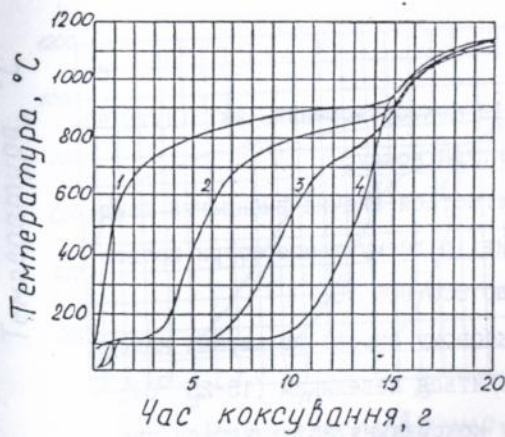
ГЛАВА 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ КОКСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВИХ ПЕЧАХ ПРИ ВЕЛИКИХ ПЕРІОДАХ КОКСУВАННЯ

На батареї N 2 коксохімцеху N 2 Донецького КХЗ, яка складається із коксових печей з середньою шириною камери 407 мм, вивчали температурні умови коксування і якість коксу при періодах коксування 20, 25 і 30 г.

Температуру по ширині камери коксування вимірювали в 7 точках вугільної загрузки на висоті 3.2 м від поду камери. При вимірюванні використовували автоматичну систему контролю, що забезпечило одержання даних, дозволяючих повно і достовірно описати зміну температури у вугільній загрузці на протязі всього періоду коксування. Результати вимірювань показані на мал. 2 (криві підйому температури з номерами 1-4 відповідають точкам загрузки, віддаленим від грючих стін відповідно на 13, 80, 142 та 203.5 мм).

Розгляд отриманих кривих підйому температури по ширині загрузки і порівняння їх з температурними умовами коксування в печах з середньою шириною камери 407 мм при періоді коксування 13.8 г показує:

- в інтервалі 350-600 °C швидкість підйому температури в кожній точці по ширині загрузки була ≥ 1.5 °C/хвил, тобто майже такою ж, як і при періоді коксування 13.8 г (≥ 1.7 °C/хвил); таким чином, незважаючи на збільшення періоду коксування в 1.5-2 рази (до 20-30 г) швидкість підйому температури на стадіях утворення пластичної маси і спікання практично не зменшилась і залишилась на рівні, який забезпечує нор-



Мал. 2. Змінювання температури в коксній загрузці по ширині камери коксування при періодах коксування 20, 25 і 30 г (ширина камери 407 мм).

мальне протікання всіх процесів коксоутворення, які ідуть попереду стадії формування структури коксу;

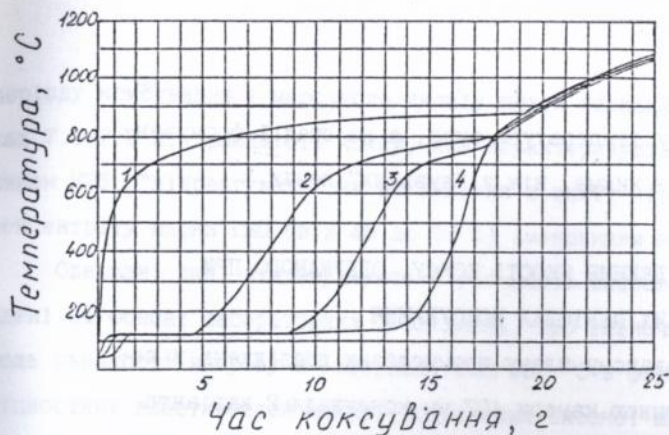
- після 600-650 °C спостерігається значне зменшення швидкості підйому температури, криві підйому температури продовжують ставати більш пологими до 800-900 °C;

- перепад температури в коксовому пірозі по ширині камери при температурах >900 °C становиться невеликим (15-25 °C);

- в міру подовження періоду коксування збільшується час перебування коксу при температурах >900 °C (подовження високотемпературної ділянки графіка).

Криві підйому температури у вугільній загрузці в процесі коксування мають 4 ділянки, які істотно відрізняються углом нахилу. Перша - горизонтальна ділянка в межах 105-125 °C - характеризує час, необхідний для випарування вологи, але не характеризує в якій-небудь мірі власне процес коксування. Друга ділянка (350 - 600-650 °C) характеризує час, який затрачується для реалізації процесів, пов'язаних з утворенням пластичної маси і спіканням вугільних частинок в моноліт напівкоксу. Саме швидкість нагріву в цьому температурному інтервалі визначає сприятливі чи несприятливі умови протікання всіх процесів, пов'язаних з коксоутворенням. Третя (600-650 - 800-900 °C) і четверта (>800-900 °C) ділянки характеризують час, який затрачується в процесі коксування на формування молекулярної і надмолекулярної структури коксу.

Поняття середньої швидкості коксування, прийняте в теперешній час для характеристики процесу коксування, не тільки неточно описує температурні умови коксування, але й використання його часто приводить до помилкових висновків. Приведені вище дані показують, що як характеристика швидкості коксування може бути прийнята швидкість підйому температури у вуг-



Мал. 3. Змінювання температури в коксівній загрузці по ширині камери коксування при періоді коксування 25 г (ширина камери 480 мм).

гілний загрузці в інтервалі 350-600 °C (мінімальне значення по ширині камери коксування).

На батареї коксохімцеху N 3 Донецького КХЗ, яка складається із коксових печей з середньою шириною камери 480 мм, температурні умови коксування вугільної загрузки вивчали при періоді коксування 25 г. Температуру по ширині камери вимірювали в 7 точках вугільної загрузки на висоті 3.2 м від поду камери. В результаті одержали криві підйому температури, показані на мал. 3 (криві з номерами 1-4 відповідають точкам загрузки, віддаленим від гризучої стінки відповідно на 13, 94, 167 і 240 мм). Порівняння одержаних кривих з кривими, характерними для періоду коксування 17 г, показує, що, незважаючи на подовження періоду коксування в 1.5 раза, швидкість підйому температури на стадії пластичного стану мало змінилась (мінімальна швидкість по ширині загрузки зменшилась з 2.2 до 2 °C/хвил).

Порівняння температурних умов коксування в печах з середньою шириною камер 407 і 480 мм при періоді коксування 25 г показує, що в "широких" печах на стадії пластичного ста-

ну швидкість підйому температури вище, а на стадії формування структури коксу - нижче, ніж у "вузьких" печах.

ГЛАВА 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОКСУ, ОДЕРЖАНОГО ПРИ ВЕЛИКИХ ПЕРІОДАХ КОКСУВАННЯ

Згідно опрацьованому плану промислових досліджень в печах з середньою шириною камери 407 мм коксували 2 варіанта вугільних шихт. Їх марочний склад і технічна характеристика наведені в таблиці 1. Кількість в шихті частинок крупністю <3 мм була 73-75 %.

Таблиця 1.

Варіант	Марочний склад, шихти, %				Технічний аналіз, %				Пластометр. показ., мм	
	ГЖО	Ж	К	КС+ОС	W_{ξ}^r	A^d	S_{ξ}^d	v^{daf}	X	Y
1	45.0	28.3	13.4	13.3	9.8	8.6	1.68	29.5	33	15
2	60.0	20.6	9.7	9.7	8.0	8.4	1.57	31.1	35	13

Якість коксів, одержаних при різних періодах коксування, наведена в таблиці 2.

Таблиця 2.

Пер. коксув. г	Шихта	Технічний аналіз, %				Показн. міцн., %		Струк. міцн. %	Реакц. здатність, $\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{с}$	Питомий електроопір, $\text{ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$
		W_{ξ}^r	A^d	S_{ξ}^d	v^{daf}	M25	M10			
20	1	7,4	10.6	1.6	0.7	89.5	7.2	82.9	0.19	390
25	1	6.3	10.9	1.4	0.9	89.7	7.1	81.1	0.18	397
25	2	8.0	11.8	1.3	0.8	88.0	7.2	81.6	0.21	449
30	1	7.7	10.3	1.4	0.7	89.5	7.1	83.5	0.17	372

Як видно із таблиці 2, при всіх періодах коксування міцність коксу виявилась достатньо високою. Стираність коксу, яка характеризується показником M10, незалежно від величини

періоду коксування 1 марочного складу шихти залишилась в межах 7.1-7.2 %. Дробимість коксу, яка характеризується показником M25, "відреагувала" на збільшення в шихті кількості концентрату марки ГЖО (від 45 до 60 %) зменшенням на 1.7 %.

Одержані дані підтверджують і уточнюють висновки, зроблені на основі лабораторних досліджень, про визначальну роль швидкості нагріву в інтервалі 200-800 °С в формуванні міцностних властивостей коксу. Збереження високої швидкості нагріву на стадіях пластичного стану і спікання вугільної загрузки процесу коксування (в більш вузькому температурному інтервалі 350-600 °С) навіть при збільшенні періоду коксування до 30 г забезпечує одержання коксу з високою механічною міцністю.

Для дослідження властивостей коксу по ширині коксової камери (середня ширина 407 мм) на рампі відбирали повномірні куски коксу. Потім їх розрізали по довжині на 3 рівні частини і досліджували кожну з них окремо. Одержані результати наведені в таблиці 3.

Як видно із таблиці 3, зі збільшенням періоду коксування від 20 до 30 г абсолютні величини різниць показників властивостей коксу по дозжені повномірних кусків послідовно зменшуються. Причому, підвищення однорідності властивостей коксу відбувається в основному за рахунок його приосьової частини.

ГЛАВА 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР В ОБІГРІВАЛЬНИХ ПРОСТІНКАХ КОКСОВИХ БАТАРЕЙ ПРИ ПЕРІОДАХ КОКСУВАННЯ 20, 25 І 30 Г

В таблиці 4 наведені одержані показники економічності ефективності для коксових батарей N 1 і N 2 коксохімцеху N 2 Донецького КХЗ в цінах вересня 1994 р.

Таблиця 3.

Період коксування, г	Шихта	Частина повномірного куска	Структурна міцність %	Реакцій на здатність, см ³ /г*с	Питомий електроопір, Ом*мм ² /м	По методу УХІНу		
						Реак. здат. %	Терм.-мех. міцн. %	Середня швидкість стирання коксу, мг/г*хвил
20	1	Голов.	84.8	0.13	327	11.9	86.1	0.29
20	1	Середн	81.7	0.15	415	13.9	84.7	0.30
20	1	Приос.	78.9	0.22	427	17.4	81.0	0.35
25	1	Голов.	85.1	0.10	350	11.0	87.8	0.28
25	1	Середн	82.0	0.14	388	12.0	86.6	0.33
25	1	Приос.	82.0	0.14	410	13.9	84.5	0.36
25	2	Голов.	85.0	0.14	409	11.6	87.1	0.30
25	2	Середн	80.8	0.14	452	12.4	86.2	0.32
25	2	Приос.	79.1	0.21	495	16.4	81.6	0.45
30	1	Голов.	83.8	0.13	369	9.0	89.8	0.26
30	1	Середн	82.1	0.13	400	10.8	87.8	0.30
30	1	Приос.	80.3	0.16	405	11.5	87.0	0.33

Таблиця 4

Період коксування, г	Економ. ефект в розрахунку на 1 т валового коксу 6 % вологості, тис. крб.	Зданий річн. екон. ефект, тис. крб.
20	2.56	981519
25	6.38	1969345
30	0.84	204927

ВИСНОВКИ

Узагальнені результати теоретичних і експериментальних досліджень процесу коксотворення, а також впливу технологіч-

них факторів на фізико-механічні і фізико-хімічні властивості коксу.

В результаті модернізації двокамерної лабораторної печі УХІНу створена установка, яка дозволяє в лабораторних умовах проводити дослідження впливу технологічних факторів на властивості коксу.

Одержана адекватна нелінійна модель процесу коксування в умовах низьких швидкостей нагріву і тривалого перебування коксу у високотемпературному полі. В результаті аналізу моделі зроблені ось такі висновки:

- із досліджених технологічних факторів найбільш суттєвий, визначальний вплив на міцність коксу робить швидкість нагріву в температурному інтервалі 200-800 °С;
- на реакційну здатність і питомий електроопір коксу найбільш суттєвий вплив роблять час теплового діяння на кокс після досягнення 800 °С і кінцева температура коксування;
- для формування коксу з однією і тією ж структурою і властивостями можливо зменшення величини фактора "кінцева температура коксування" за рахунок збільшення величини фактора "час теплового діяння на кокс після досягнення 800 °С" і навпаки.

Проведені промислові дослідження по вивченню особливостей температурних умов коксування, а також якості коксу при подовжених в 1.5-2 рази в порівнянні з нормативними періодах коксування в коксових печах з середньою шириною камер 407 і 480 мм. Встановлено, що збільшення періоду коксування робить незначний вплив на швидкість нагріву вугільної загрузки в температурній ділянці 350-600 °С, тобто швидкість нагріву залишається на рівні, який забезпечує нормальне протікання всіх процесів коксування, які відбуваються поперед ста-

дії формування структури коксу. При досягненні приблизно 900 °С відбувається вирівнювання температур по ширині коксового пирога (перепад не перевищує 40 °С), після чого здійснюється високотемпературне витримування коксу в камері коксування, тривалість якого зростає в міру подовження періоду коксування.

Показана неприйнятність в умовах великих періодів коксування традиційних висловлень швидкості коксування в промислових коксових печах. Запропоновано висловлювати швидкість коксування як швидкість підйому температури у вугільній загрузці в інтервалі 350-600 °С (мінімальне значення по ширині камери коксування).

Встановлено, що збільшення періоду коксування від 20 до 30 г приводить лише до незначної зміни властивостей коксу в сторону покращення його якості як доменного палива. Вивчення властивостей коксу по довжині повномірних кусків показало, що таке покращення його якості відбувається в основному за рахунок зміни властивостей приосьових шарів коксового пирога і, як слідство, підвищення однорідності коксу.

Результати роботи використані на Донецькому КХЗ для коректування теплотехнічних режимів коксових печей при великих періодах коксування, а також при читанні лекцій в Донецькому державному технічному університеті.

Основний зміст дисертації викладений в таких роботах:

1. Збиковський О.І. Модернізація двокамерної лабораторної печі УХІНу для дослідження процесу коксоутворення // Кокс і хімія. 1993. N 11-12. С.52,53.
2. Збиковський О.І. Вимірювання температур вугільної загрузки по ширині печної камери при роботі коксової батареї

на подовжених періодах коксування // Кокс і хімія. 1994. N 8. С. 10-12.

3. Семісалов Л.П., Баланов В.Г., Збиковський О.І., Нехаєнко В.Я. Про швидкості коксування і якість коксу при великих періодах коксування // Кокс і хімія. 1994. N 11. С. 9-13.

4. Збиковський О.І. Дослідження температурних умов процесу коксування в ширококамерних печах при великих періодах коксування // Вуглехімічний журнал. 1995. N 3. (прийнята до опублікування).

Збыковский А.И. Исследование влияния технологических факторов на свойства кокса в условиях больших периодов коксования.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07. - химия и технология переработки горючих ископаемых и углеродных материалов, Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт, Харьков, 1995.

Защита 3 научные работы, которые содержат результаты лабораторных и промышленных исследований влияния технологических факторов на свойства кокса в условиях больших периодов коксования.

Установлено, что скорость нагрева в температурной области 200-800 °C оказывает определяющее влияние на прочностные характеристики кокса. Увеличение периода коксования в 1.5-2 раза по сравнению с нормативными не приводит к значительному уменьшению скорости нагрева на стадиях пластического состояния и спекания процесса коксообразования в промышленных коксовых печах со средней шириной камер 407 и 480 мм. Результаты работы использованы для корректировки теплотехнического

режима коксовых печей Донецкого коксохимического завода.

Zbukovsky A.I. Investigation of influence of technological factors on coke properties in conditions of large carbonization periods.

Dissertation for award of scientific degree of technical science candidate on speciality 05.17.07 - chemistry and technology of processing of fuel minerals and carbonaceous materials, Ukrainian State Research Institute for Coal Chemistry, Kharkov, 1995.

Three scientific works are defended, which contain the results of laboratory and industrial investigations of technological factors influence on coke properties in conditions of large carbonization periods.

There has been established, that heat speed in temperature interval 200-800 °C determinantly influences on strength characteristics of coke. The increase of carbonization period in 1.5-2 times as compared with normal does not lead to considerable decrease of heat speed on stages of plastic state and sintering of coke formation process in industrial coke ovens with average width of chamber 407 and 480 mm. The work results have been used for change of thermal regime of coke ovens at Donetsk coke-chemical plant.

Ключові слова:

період коксування, швидкість нагріву, властивості коксу

