

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 537.523.3:662.7

Б.М. Ковалишин

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ УСТАНОВОК ЧЕРЕЗ АКТИВАЦІЮ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТІВ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ

Вступ

Економічна безпека держави як і її політична безпека безпосередньо пов'язані з обсягами та ефективністю використання енергоносіїв для створення валового внутрішнього продукту та підтримання сприятливих умов для життєдіяльності людини. Підвищення ефективності використання енергоносіїв – одне з основних завдань сучасної науки і виробництва. Особливого значення вирішення цієї проблеми набуває в нашій країні, яка входить у групу країн-лідерів за енерговитратністю економіки. Так, за даними 2003 р. Україна витрачає енергоносіїв вартістю 1400 екою (умовних грошових одиниць) на одиницю валового внутрішнього продукту, тоді як країни Євросоюзу і Північної Америки – 500–600 екою, Японія – близько 400 екою [1]. Тому будь-які заходи, направлені на енергозбереження і підвищення ефективності використання енергоносіїв, є актуальними та вкрай необхідними як для економіки в цілому, так і для економічної безпеки держави зокрема.

Основним джерелом енергії практично всіх економік світу є енергоносії. Їх можна досить умовно класифікувати за способом і давністю використання на традиційні, нетрадиційні й альтернативні. До традиційних енергоносіїв належать вугілля, нафта, природний газ, ядерне паливо, рослинна продукція, торф, горючі сланці та деякі інші. Клас нетрадиційних джерел енергії складається з шахтного газу метану, водню, біодизелю, етилену, коксового газу, біогазу, звалищного газу, енергії води річок та світового океану. До альтернативних джерел енергії відносять енергію сонця, вітру, води, землі.

На сьогодні найбільш ефективними за економічним потенціалом є традиційні та нетрадиційні вуглеводневі енергоносії.

Як правило, традиційні і більша частина нетрадиційних енергоносіїв є джерелами теплової енергії, отриманої в результаті протікання окиснювально-відновних хімічних реакцій.

Основними енергетичними характеристиками палива є його теплотворна здатність і температура полум'я. Теплотворна здатність (питома теплота згорання) палива – це кількість теплоти (МДж/кг), яка виділяється при повному згоранні 1 кг твердого чи рідкого палива або 1 м³ газоподібного палива. На практиці розрізняють вищу Q_v^p і нижчу Q_n^p теплотворну здатність палива [2]. Вища теплотворна здатність є характеристикою палива при повному його згоранні та конденсації водяної пари, утвореної під час горіння. Оскільки в реальних умовах водяна пара викидається в атмосферу, то в теплотехнічних розрахунках і довідковій літературі під терміном “теплотворна здатність” палива розуміють його нижчу теплотворну здатність, в якій не враховується теплота конденсації водяної пари.

Постановка задачі

При використанні в теплогенеруючих установках вуглеводневих енергоносіїв важливим завданням є оптимізація протікання хімічних реакцій. Тому метою даної статті є теоретичне обґрунтування підвищення ефективності протікання екзотермічних реакцій горіння при використанні вуглеводневих енергоносіїв.

Теоретичне обґрунтування способу підвищення енергоефективності паливних установок

У галузі теплоенергетики важливими є питання: чи теплотворна здатність кожного традиційного та нетрадиційного енергоносія – величина строго визначена і незмінна, чи можна за допомогою відповідних технологій змінити її в бік збільшення.

Процеси термогенерування пов'язані переважно з окиснювально-відновними екзотермічними реакціями горіння. Для оптимізації цих процесів доцільно розглянути їх з точки зору теорії хімічної кінетики.

Основним питанням сучасної теорії хімічної кінетики є залежність реакційних властивостей хімічної системи від внутрішньої енергії, будови й атомно-молекулярного складу реагентів.

Ще в 1889 р. Ареніус відкрив закон хімічної кінетики [3], відомий як закон його імені. Цей закон характеризує можливість протікання хімічних реакцій між молекулами-реагентами. Він зв'язує константу швидкості реакції з енер-

гією активації (E_a), яка характеризує енергетичний стан молекули і записується у вигляді

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (1)$$

де k_0 – константа; R – газова стала, яка дорівнює 1,987 кал/град·моль; T – температура в градусах шкали Кельвіна; e – основа натуральних логарифмів.

Щоб знайти величину енергії активації E_a , вивчають швидкість реакції при різних температурах та знаходять для кожного значення T величину константи швидкості. Рівняння (1) містить дві невідомі величини – k_0 і E_a . Після логарифмування обох частин рівняння (1) отримуємо формулу

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT}. \quad (2)$$

Для більшої зручності розрахунків використовуються не натуральні, а десяткові логарифми:

$$\lg k = \lg k_0 - \frac{E_a}{4,575T}, \quad (3)$$

де число $1/4,575$ – модуль переводу натуральних логарифмів у десяткові, помножений на $R = 1,987$.

Енергію активації можна визначити за формулою

$$E_a = (\lg k_0 - \lg k) 4,575T. \quad (4)$$

Із формули (4) видно, що енергія активації молекул прямо пропорційно залежить від температури.

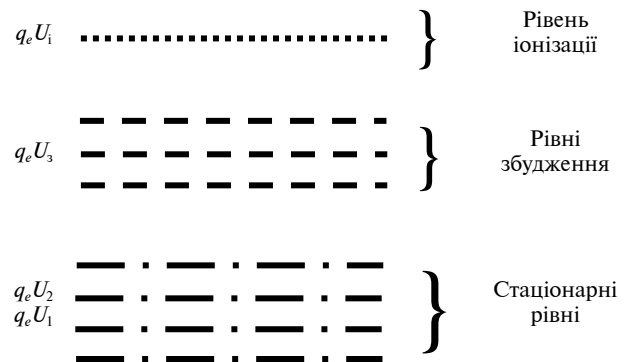
Резонно виникає питання: чи можлива активація молекул іншими, крім температури, факторами.

Процес активації молекулярної системи полягає в переведенні енергетичного стану електронів на вищий енергетичний рівень.

Перехід системи на більш високий енергетичний рівень можна пояснити таким чином. Всі системи поділяються на стійкі, нестійкі і метастабільні. Метастабільні системи є найбільш поширеними. Метастабільна система стійка по відношенню до всіх систем, що мало відрізняються від неї, але є принаймні одна система, відносно якої вона нестійка. Наприклад, стан А, що має найменшу енергію Гіббса, є стійким, а стан Б, що має більшу енергію Гіббса, – метастабільним станом відносно стану

А. Однак для переходу системи зі стану Б в стан А слід подолати потенційний енергетичний бар'єр. Якщо ж енергія збудження (активації) менша від потенційного бар'єра, то система залишається в стані Б.

Пояснення даного процесу можна проілюструвати за допомогою енергетичної діаграми атома (молекули) на рисунку.



Енергетична діаграма атома

Процес збудження атома (молекули) полягає в переході під дією енергетичного чинника одного або кількох валентних електронів зі стаціонарної оболонки в атомі (молекулі) на нестационарні, що відповідають підвищеним рівням збудження.

На енергетичній діаграмі атома, наведеній на рисунку, стаціонарні енергетичні рівні зображені штрих-пунктирними лініями, а рівні збудження – штриховими. Точкова пунктирна пряма відповідає мінімальному енергетичному рівню енергії електрона, при якому стає можливим вихід електрона з атома чи молекули, тобто їх іонізація.

Для переведення молекули метану в збуджений стан вона повинна отримати квант енергії в 6,25 еВ, для етану – 7,81 еВ, пропану – 9,2 еВ, для молекули кисню – 13,5 еВ [4]. При отриманні молекулами квантів енергії, не менших за роботу виходу електрона, їх електрони можуть вийти з молекули, тобто проходить процес іонізації молекул.

Процес іонізації полягає в звільненні одного, а іноді й кількох валентних електронів від зв'язків з атомом. У результаті іонізації атом розпадається на позитивний іон і вільний електрон. Іонізовані атоми та молекули мають дещо інші фізико-хімічні властивості порівняно з нейтральними.

За нашою робочою гіпотезою, для активації молекул-реагентів, крім теплової енергії

($E_{ат}$), можна використовувати й інші зовнішні джерела з енергією ($E_{аз}$). Якщо ж джерела зовнішньої енергії ще й забезпечують подачу пульсуючої енергії, частота якої відповідає резонансній частоті молекул реагентів, то можна досягти ефекту їх переведення в активний стан зі значно меншими енергетичними затратами. Доповнивши формулу (4) ефектом дії на молекули-реагенти іншими факторами, отримаємо

$$E_a = E_{ат} - E_{аз} = [(1g k_0 - 1g k) 4,575T] - Wb, \quad (5)$$

де W – енергія, отримана від зовнішніх джерел; b – коефіцієнт використання зовнішньої енергії молекулами-реагентами.

Із формули (5) видно, що тепла енергія активації може бути знижена за рахунок використання інших зовнішніх джерел активації молекул.

До джерел зовнішньої енергії для активації молекул-реагентів можна віднести, наприклад, електромагнітне випромінювання або опромінення потоком заряджених частинок. В [5] описано спосіб отримання молекул із заданими властивостями хімічних зв'язків. Він полягає в дії на молекулу з не менш ніж двома ступенями свободи, електромагнітним випромінюванням або потоком заряджених частинок, які переводять молекулу з одного квантового енергетичного стану у вибраний інший. З допомогою потоку електромагнітного й інфрачервоного лазерного випромінювання досягали ініціалізації і збільшення реакційної здатності речовин [6]. Позитивний вплив неоднорідного стаціонарного електричного поля на протікання реакції горіння описаний у [7, 8].

Одним із найбільш прийнятних способів активації молекул-реагентів окиснювально-відновлювальної реакції горіння є електроактивація в полі коронного розряду.

При використанні для отримання коронного розряду голчастої електродної системи початкові значення напруженості E_0 (кВ/см) і напруги U_0 (кВ) корони визначаються за формулами [9]

$$E_0 = 31\rho_n \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\rho_n r}} \right), \quad (6)$$

$$U_0 = 0,82 E_0 r \ln \frac{2h}{r}, \quad (7)$$

де ρ_n – відносна питома провідність повітря; r – радіус кривизни вістря електрода, см; h – відстань між коронуючими електродами і плоским електродом, см.

Формули (6) і (7) застосовуються при $h > 15r$.

Енергію активації молекул-реагентів у полі коронного розряду можна знайти з виразу

$$W = I_k U_0 t, \quad (8)$$

де I_k – струм у колі коронного розряду; t – час, за який протікає 1 моль (22,4 л) газу, що піддається активації.

Використовуючи емпіричні формули (6) і (7) та формулу (8), отримуємо математичну модель залежності енергії активації молекул-реагентів від параметрів високовольтної активаційної системи:

$$E_a = [(1g k_0 - 1g k) 4,575T] - 0,82 I_k b t \left[31\rho_n \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\rho_n r}} \right) r \ln \frac{2h}{r} \right]. \quad (9)$$

За формулою (9) можна констатувати, що витрати теплової енергії на активацію молекул-реагентів екзотермічної реакції будуть зменшені на величину ефективної енергії активації від зовнішнього джерела (коронного розряду) $E_{аз}$.

Тому на величину $E_{аз}$ буде збільшена корисна тепла енергія при спалюванні вуглеводневого або іншого виду палива, що свідчить про підвищення його теплотворної здатності і, тим самим, про підвищення енергетичної ефективності паливної установки, на якій використовується система електроактивації молекул-реагентів у полі високої напруги.

Проведений пошуковий експеримент з активацією молекул відновника (пропан) і окиснювача (кисень повітря) дав змогу як окремо, так і одночасно отримати істотне зниження споживання пропану на виробництво визначеної порції теплової енергії. Так, активація пропану в полі коронного розряду забезпечила зменшення його витрати на 8,9 %, а активація кисню повітря призвела до зменшення витрати пропану на 11,3 %. Активація одночасно обох компонентів реакції горіння дала можливість зменшити витрати пропану на 22,0 %.

Висновки

Теплотворна здатність не є константою для різних видів палив і залежить від рівня активації молекул як окиснювача, так і відновника в екзотермічній реакції горіння.

Отримана математична модель описує залежність енергії активації молекул-реагентів екзотермічної реакції горіння від електричних і конструктивних параметрів високовольтної активаційної системи.

Впровадження описаного методу електроактивації молекул-реагентів у полі високої напруги дасть можливість істотно покращити енергетичні, економічні й екологічні характеристики теплогенеруючих установок.

Передбачається розробка експериментальної установки і проведення досліджень з активації молекул-реагентів на теплогенеруючих установках.

Б.М. Ковальшин

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПОМОЩИ АКТИВАЦИИ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТОВ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ

Рассмотрен один из способов повышения энергоэффективности топливных установок, основанный на активации молекул-реагентов реакции горения под воздействием поля коронного разряда. Теоретически обоснован способ повышения энергоэффективности топливных установок за счет активации молекул от внешних источников.

B.M. Kovalyshyn

THE INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF COMBUSTION EQUIPMENTS BY ACTIVATING MOLECULES-REAGENTS OF BURNING REACTION

This study deals with one of the methods of increasing the energy efficiency of fuel facilities based on activating molecules-reagents of burning reaction under the impact of the field of corona discharge. We aim to theoretically substantiate the method of increasing the energy efficiency of fuel facilities by activating molecules from external sources.

1. Праховник А.В., Розен В.П., Разумовський О.В. та ін. Енергетичний менеджмент: Навч. посібник. – К.: Київ. нотна ф-ка, 1999. – 184 с.
2. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 976 с.
3. Физическая химия / Под ред. К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.
4. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т. III. – М.: Наука, 1972. – 500 с.
5. Патент України № 17392. Спосіб отримання молекул з заданими властивостями хімічних зв'язків / В.М. Мельников, А.В. Усачов. – 1997; Бюл. № 0.
6. Багратишвили В.Н., Летохов В.С., Макаров А.А. Многофотонные процессы в молекулах в инфракрасном лазерном поле // Сер. Физика атома и молекулы. Оптика. Магнитный резонанс. – М.: ВИНТИ, 1980. – Т. 2, ч. 1. – 150 с.
7. Патент України № 24193. Спосіб підготування окислювача до спалювання та пристрій для його здійснення / В.С. Шкляр, О.В. Овсій. – 1998; Бюл. № 5.
8. Патент України № 52845. Пристрій підготовки окислювача до спалення палива / В.О. Мальцев, В.М. Кушнір, В.А. Педос, М.М. Ніколаєв. – 2003; Бюл. № 1.
9. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехнология. – М.: Колос, 1975. – 384 с.

Рекомендована Радою
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
8 листопада 2010 року