

УДК 697.941 и

Юрим М.Ф., к.т.н., доц., Сибірний А.В., к.б.н., доц., М'якуш І.І., к.с-г.н., доц., Мовчан І.О., к.т.н.(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ПРОБЛЕМИ ЗАМІНИ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА НА ВУГІЛЬНИЙ ПИЛ В ПАЛЬНИКАХ ЦЕМЕНТНИХ ПЕЧЕЙ

У статті наведено результати теоретичного і практичного дослідження використання суміші вугільного пилу і газоподібного палива в обертових печах цементних виробництв, та результати його практичного застосування для зменшення споживання дорогого імпортного газоподібного палива. Досліджена і наведена перевага використання кам'яновугільного пилу обох вуглевидобувних регіонів нашої держави – Донбасу та Львівсько-Волинського басейну при його сумісному спалюванні в пальниках цементних печей. Результати наведені в статті можуть мати теоретичне і практичне застосування у виробництві цементного клінкеру, та в дослідженні і розробці нових типів конструкції пальників для спалювання суміші твердого і газоподібного палива.

Ключові слова: тверде паливо, обертові печі, пальники обертових печей, клінкер, температура горіння палива, газифікація твердого палива.

Вступ. Виробництво цементу та азбоцементних виробів із нього зростають в нашій державі з кожним роком, як і зростає їх потреба у різних сферах промисловості, цивільного та промислового будівництва. Оскільки, більшість цементних заводів нашої держави працюють за технологічною схемою вологого способу виробництва цементного клінкеру, то для них економічно доцільним і технологічно вигідним є використання в якості дешевого альтернативного палива кам'яного вугілля, значні запаси якого має наша держава.

Постановка задачі на основі аналізу літературних джерел. Із літературних джерел [1, 2, 3], відомо, що сухий і вологий способи виробництва цементного клінкеру вимагають великих затрат теплової енергії, яку одержують спалюванням в обертових цементних печах газоподібного палива. Проте, останнім часом, у зв'язку зі значним подорожанням імпортного газоподібного палива, та нестабільною ситуацією на світовому ринку газу і нафти, виникла потреба пошуку альтернативних видів палива, зокрема, використання вугілля провідних вуглевидобувних регіонів України – Донбасу і Львівсько-Волинського вугільних басейнів.

Тому, основні завдання поставлені у наведеній статті є такі:

а) розглянути проблему спалювання газоподібного палива з пиловидним вугільним у співвідношенні 1:2, що дасть можливість отримати значну економію газоподібного палива, і є необхідною умовою концепції сталого розвитку нашої держави.

б) визначити можливість встановлення сучасних економічних пальників для спалювання суміші газоподібного і твердого палива в обертових печах, що дозволить зменшити споживання дорогого імпортного газу.

в) провести експерименти з дослідження кінетики горіння та газифікації частинок пилу кам'яного вугілля різних родовищ і різних розмірів.

Все, це вказує на надзвичайну актуальність поставленої мети. Окрім цього, як показали результати проведених досліджень [1], з використання пилевидного вугільного палива, продукти його згоряння (попіл і шлак) є компонентами зв'язуючих мінералів, що присутні у цементному клінкері одержаному при обпалі шламу в цементних обертових печах. Причому, ці пилевидні речовини (попіл і шлак), вловлюються теплообмінними пристроями обертових печей які працюють по вологому способі виробництва цементу. Тому, багато заводів з виробництва цементу вологим способом, запровадили і продовжують запроваджувати схеми використання в якості палива подрібнений пил кам'яного вугілля, який подається в пальники обертових печей разом з певною частиною газоподібного палива. Отже, проблеми поставлені в даній статті є актуальними, сучасними і такими, які можуть знайти своє практичне застосування у виробництві інших в'язучих матеріалів, та пористих заповнювачів для бетонних і залізобетонних виробів, таких як керамзит, вермикуліт, аглопорит, цеоліт.

Розв'язок поставлених задач. Через те, що продукти згоряння пилу кам'яного вугілля повністю зв'язуються в печах зі шламом цементного клінкеру, то їх винос за межі обертових печей майже відсутній і не потребує встановлення додаткових очисних споруд для очищення димових газів обертових печей [3,4,5]. Необхідно лише створити оптимальну довжину факела горіння суміші пиловидних твердих палив з газоподібним. З цією метою вугільне пиловидне паливо спалюють із вмістом летючих складових в діапазоні 15 – 20 %. Щоб досягти цієї величини використовують суміш вугілля Донецького і Львівсько-Волинського басейнів, які відрізняються різним вмістом летючих компонентів. Тонину помелу вугілля можливо приблизно оцінити за результатами просіювання помеленого палива через сита № 02 і № 0085 за такою формулою:

$$R = 0,6V^p \quad (1)$$

де R – сумарний залишок проби вугільного пилу на ситах № 02 з 918 отворами на 1 см^2 і № 0085 з 4450 отворів на 1 см^2 , %;

V^p – вміст летючих компонентів вугільного пилу, %.

На пилогазовий струмінь, витікаючий із прямого циліндричного пальника в цементну піч, з відомими допущеннями можуть бути поширені геометричні параметри нестисненого струменя, який витікає із циліндричного каналу у вільний простір (див. рис. 1)

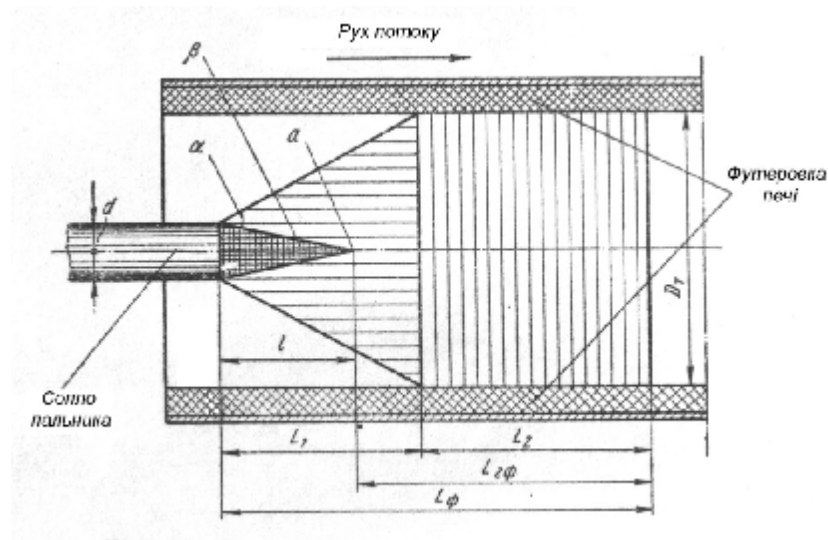


Рис.1. Геометричні розміри газопиловугільного факела в цементній печі.

На ділянці затухаючого руху струменя – від гирла пальника до місця зустрічі із футеровкою печі ядро потоку поширюється на довжину l , яка визначається кутом звуження ядра β , рівним близько 7° . Довжина всієї ділянки затухаючого руху L_1 є функцією кута розкриття струменя α , величина якого незалежно від зміни швидкості потоку постійна і дорівнює 15° .

Після зустрічі струменя з футеровкою печі подальший рух проходить на ділянці з постійним січенням потоку, обмеженим футеровкою печі. Ця ділянка довжиною L_2 при постійній витраті суміші і постійних температурах може бути названа ділянкою з постійною швидкістю руху. Вертикальна площина, на якій розміщений фронт горіння факела, знаходиться поблизу точки a . Таким чином підігрів факела до моменту його загорання проходить на ділянці приблизно рівній l .

Виходячи із прийнятих допущень, розповсюдження зони горіння по довжині цементної печі визначається:

а) загальною довжиною факела

$$L_{\phi} = L_1 + L_2 \quad (2)$$

б) довжиною зони горіння факела

$$L_{Г\phi} = L_{\phi} - l \quad (3)$$

На основі геометричних пропорцій, отриманих із схеми наведеній на рис. 1, можна записати:

$$L_1 = \frac{(D_T - d)}{2 \operatorname{tg} a} = 1,866(D_T - d) \quad (4)$$

$$l = \frac{d}{2 \operatorname{tg} b} = 4,072d \quad (5)$$

де D_T і d – внутрішній діаметр печі і діаметр сопла пальника.

Разом з геометричними параметрами газопиловугільного струменя довжина факела спалювання в значній мірі залежить від кінетики горіння суміші і зокрема від часу повного згоряння частинок вугілля різних розмірів. Час повного згоряння $\tau_{\text{уг}}$ (с) частинок пилу вугілля для родовищ з малим і великим вмістом летючих компонентів (Донецького і Львівсько-Волинського басейнів) наведений в залежності від температури горіння суміші на рис.2.

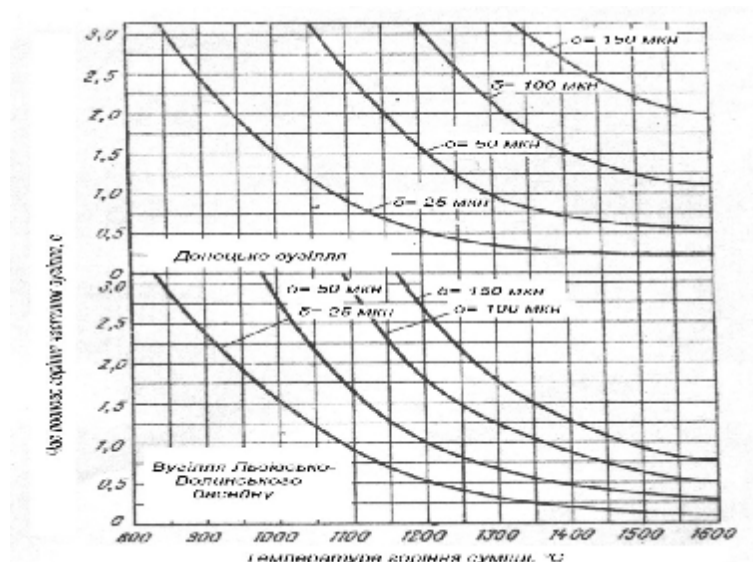


Рис.2. Час повного горіння вугільного пилу Донецького і Львівсько-Волинського вугільних басейнів в залежності від температури горіння суміші

Відповідно до результатів горіння вугільного пилу наведених на рис.2, було проведено дослідження швидкості газифікації частинок вугільного пилу від якої залежить кількість летючих компонентів, яку вони виділяють під час горіння в цементних печах, що і є домінуючим чинником довжини факелу згоряння газопиловугільної суміші. Результати експериментальних даних з дослідження швидкості газифікації вугільного пилу різного фракційного складу наведені на рис.3.

Час повного горіння вугільного пилу $\tau_{\text{уг}}$ і величина швидкості газифікації $\varphi_{\text{уг}}$ зв'язані такою залежністю:

$$t_{y\Gamma} = \frac{1}{f_{y\Gamma} j_{y\Gamma}} \quad (6)$$

де $f_{y\Gamma}$ – питома поверхня вугільного пилу, розрахована за формулою (7).

$$f_{y\Gamma} = \frac{pd^2}{1/6pd^3 r_{y\Gamma}} = \frac{6}{dr_{y\Gamma}} \quad (7)$$

Тут δ і $\rho_{y\Gamma}$ – діаметр і густина частинки вугільного пилу.

В результаті сумісного розгляду описаних вище геометричних параметрів газопиловугільного факела і кінетики горіння отримують формулу, яка характеризує довжину газопиловугільного факела в обертовій цементній печі:

$$L_{\Gamma\Phi} = 1,87(D_T - 3,18d) \left(\frac{w_0/v_{\Gamma} - 1}{w_0/v_{\Gamma} + 1} \right) + \frac{v_{\Gamma} d_{\text{макс}} r_{y\Gamma}}{6j_{y\Gamma}} \quad (8)$$

де ω_0 , ω_{Γ} , $\delta_{\text{макс}}$ – швидкість витікання газопиловугільного факела із сопла пальника, середня швидкість руху продуктів згоряння на ділянці L_2 і діаметр найбільшої частинки вугільного пилу, відповідно.

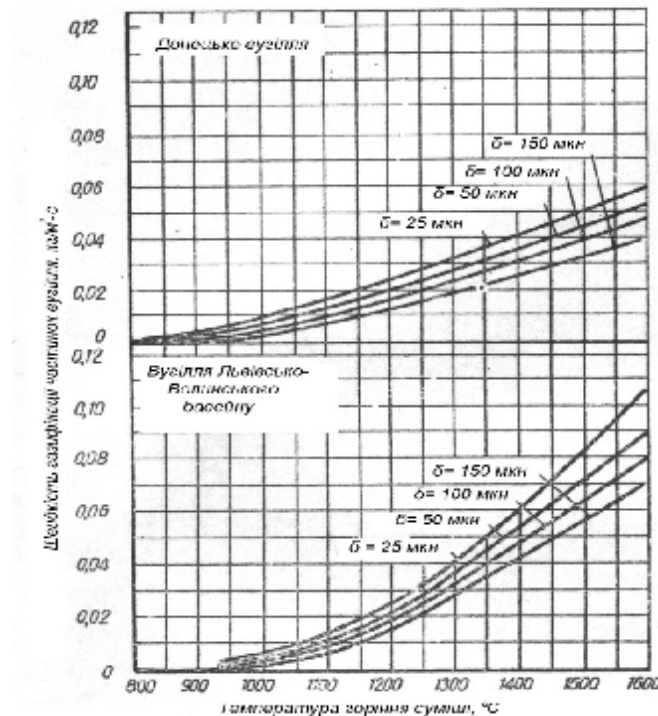


Рис. 3. Залежність швидкості газифікації частинок вугілля різних розмірів і різних родовищ в залежності від температури горіння суміші.

На сучасних обертових цементних печах встановлюють одно- або двохствольні газопиловугільні пальники з прямолінійним конфузorzом. Найбільш простим, економічно вигідним пальником є двохканальний одноствольний пальник типу труба в трубі, схема якого наведена на рис. 4.

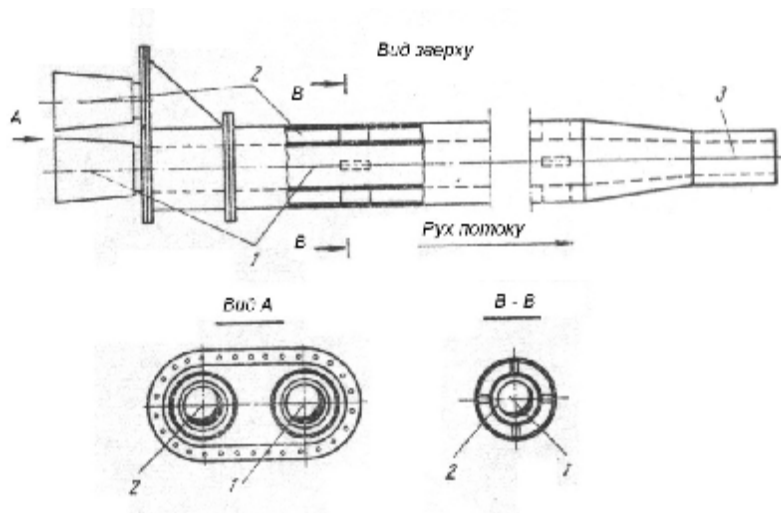


Рис. 4. Одноствольний двохканальний газопиловугільний пальник обертових цементних печей.

1 – внутрішній канал пальника; 2 – зовнішній кільцевий канал пальника; 3 – сопло пальника

По внутрішньому каналу пальника 1 під певним тиском подається газопиловугільна суміш у співвідношенні газ – вугільний пи́л 2:1. По зовнішньому (кільцевому) каналу 2 – чисте повітря, яке сприяє утворенню суміші на виході із сопла 3 пальника. Таким чином наведений на рис. 4 пальник обертових цементних печей може бути застосований на підприємствах цементної галузі західного регіону України.

Висновки.

1. Використання пиловидного вугілля дозволяє зменшити долю споживання дорогого імпортного газоподібного палива.
2. Отримані результати дають можливість розвиватись вітчизняним вуглевидобувним підприємствам Донецького та Львівсько-Волинського вугільних басейнів.
3. Отримані в роботі дослідні дані і відповідні до них теоретичні залежності можуть бути використаними на провідних вітчизняних підприємствах з виробництва цементних та азбоцементних виробів.

4. Матеріал, наведений у статті, може бути використаний при проектуванні, дослідженні і розробці пальників для спалювання суміші твердого і газоподібного палива в теплотехнічних установках багатьох галузей промисловості будівельних матеріалів з метою отримання оптимальних варіантів конструкції пальників.

Література

1. Перегудов В.В., Роговой М.И. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей / В.В.Перегудов, М.И.Роговой. – М.: Стройиздат, 1983. – 416 с.
2. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П.В.Левченко. – М.: Высшая школа, 1991. – 367 с.
3. Воробьев Х.С., Мазуров Д.Я. Теплотехнические расчеты цементных печей и аппаратов / Х.С. Воробьев, Д.Я. Мазуров. – М.: Высшая школа, 1989. – 547 с.
4. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Промышленная теплотехника / П.Д Лебедев, А.А. Щукин. – М.: Госэнергоиздат, 1976. – 342 с.
5. Воробьев Х.С., Мазуров Д.Я., Соколов А.И. Теплотехнологические процессы и аппараты силикатных производств / Х.С. Воробьев, Д.Я. Мазуров, А.И.Соколов. – М.: Химия, 1979. – 258 с.

*Юрим Н.Ф., к.т.н., доц., Сибирный А.В., к.б.н., доц., Мякуш И.И., к.с-х.н., доц., Мовчан И.А.
(Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)*

ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА УГОЛЬНУЮ ПЫЛЬ В ГОРЕЛКАХ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

В статье приведены результаты теоретических и практических исследований использования смеси угольной пыли и газообразного топлива во вращающихся печах цементных производств и результаты их практического использования для снижения потребления дорогого импортного газообразного топлива. Исследовано и приведено преимущество использования угольной пыли обоих угледобывающих регионов нашей страны – Донбасса и Львовско-Волинского бассейна при ее совместном сжигании в горелках цементных печей. Результаты приведенные в статье могут иметь теоретическое и практическое использование в производстве цементного клинкера и в разработке новых типов горелок для сжигания смеси твердого и газообразного топлива.

Ключевые слова: твердое топливо, вращающиеся печи, горелки вращающихся печей, клинкер, температура горения топлива, газификация твердого топлива.

M.F.Yurym, PhD, A.V.Sybirnyj, PhD, I.I.Miakush, PhD, I.O. Movchan
(Lviv State University of Life Safety)

TORCH INCINERATION OF COAL ASH MIXED WITH GAS FUEL

The article describes the results of the theoretical and practical investigation of utilization of coal ash and gas fuel mixture in a rotary kiln of cement production, as well as the results of practical usage for reduction of expensive imported gas fuel. The advantage of usage combined incineration of coal ash of both coal mining regions (Donbass and Lviv-Volyn basin) in cement stove. The results of the article can be used in cement clinker productions and for investigation of new types of kilns for incineration of mixture of solid and gas fuel.

Key words: solid coal, rotary kilns, clinker, solid fuel gasification, incineration temperature of fuel.