

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОКАЛОРИЙНОГО ПАЛИВА В ПРОТИТОЧНИХ ВАПНЯНО-ВИПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧАХ

Форись С.М., Перерва В.Я., Тарсевіч І.Г., Форись Ю.М.

Український державний університет науки і технологій, Україна

Постановка проблеми. Виробництво вапна відноситься до енергоємних процесів. Значна частина вапна виробляється у шахтних печах, що пояснюється простотою конструкції печей, низькими капітальними витратами та високою тепловою ефективністю таких агрегатів.

Як правило, на підприємствах у шахтних вапняно-випалювальних печах використовують дорогий природний газ. У середньому, питома витрата природного газу на тонну активного вапна дорівнює 200 - 220 кг у.п. При цьому частка витрат на паливо в собівартості вапна становить близько 50-60% [1-4].

Актуальність досліджень. Актуальним є питання скорочення споживання покупного палива на підприємствах за рахунок використання власних енергоресурсів. Одним з можливих варіантів вирішення проблеми є переведення агрегатів на часткове або повне опалення низькокалорійним газом (доменним газом, біогазом, генераторним газом).

Наприклад, за експертними оцінками [1], технічно можливе опалення шахтних печей природно-доменною сумішшю з теплою згорання близько 10 МДж/м³. Питома економія природного газу, причому, становить близько 25 кг у.т./т вапна. Подальше збільшення частки доменного газу призведе до зростання втрат теплоти з газами. Однак питання заміни природного газу потребує глибшого вивчення, оскільки зміна виду палива неминуче вплине на газодинамічний режим роботи та експлуатаційні показники печі.

У роботі поставлено завдання розрахунково-теоретичного дослідження можливості заміни природного газу доменним у шахтних вапняно-випалювальних печах та виконано оцінку ефективності такої заміни.

Методика проведення досліджень. Об'єктом дослідження обрано шахтну протиточну піч [2]. Робоча висота печі 18 м, діаметр шахти 4,3 м, пальники периферійні та центральна горілка. Схема дослідженої печі наведено на рис. 1.

Конструкція печі складається з вертикальній циліндричній шахти. Завантаження вапняку здійснюється зверху скіповим підйомником, вивантаження вапна - в основі печі. Рух матеріалу та газів протиточний. Робочий простір печі складається з трьох технологічних зон: зони нагріву

вапняку, зони випалу та зона охолодження вапна, в якій нагрівається повітря. Подача палива відбувається через два яруси бічних пальників і центральний пальник (кern). Частина димових газів, що відходять із печі, прямує на рециркуляцію в центральний пальник.

Дослідження впливу доменного газу на роботу вапняно-випалювальної печі було проведено з використанням математичної моделі агрегату. Математична модель враховує газодинаміку та теплообмін у шахтній протиточній вапняно-випалювальній печі з центральним та периферійним підведенням газоподібного палива [3-4].



Рисунок 1 - Схема шахтної вапняно-випалювальної печі на газоподібному паливі

Критерієм заміни природного газу стала умова збереження теплової потужності пальників печі. При цьому, як технологічне обмеження по максимальній витраті доменного газу розглядалися пропускну здатність існуючих пальникових пристроїв.

Аналіз результатів досліджень. Згідно з виконаними оцінками гранично допустима об'ємна частка доменного газу в природно-доменній суміші становить близько $\text{rdg} = 0,8$ (рис. 2). При цьому теплота згоряння такої суміші дорівнює 9,4 МДж/м³. Як базовий був прийнятий оптимальний режим роботи печі на природному газі: сумарна витрата природного газу 1100 м³/год; витрата повітря на центральний пальник 1000 м³/год.; витрата рециркуляту 750 м³/год; витрата повітря на низ печі 9500 м³/год; витрата вапняку 314 т/год; ступінь випалювання вапняку 85% [3].

Результати досліджень впливу доменного газу на роботу печі представлені на рис. 2-4. Згідно з отриманими даними, залежно від подачі доменного газу, на центральну або периферійні пальники, піч поводить по-різному. Так, за інших рівних умов збільшення витрати доменного газу ($\text{rdgц} = 0 \div 0,8$) на центральний пальник призводить до деякого погіршення роботи печі. Температура газів у центральній зоні падає (рис. 4) і це сприяє погіршенню якості випалу вапняку (рис. 3)

При цьому, хімічний недопал палива знижується, проте зростають втрати теплоти з газами, що йдуть. При подачі доменного газу ($\text{rdgp} = 0 \div 0,8$) на периферійні горілки температура біля стінок печі в шарі знижується аналогічним чином. Проте, робота бічних пальників характеризується наявністю надлишку окислювача.

З іншого боку, збільшення витрати природно-доменної суміші на периферії турбулізує пристінну область, покращуючи тим самим умови перемішування. Зрештою обидва фактори позитивно позначаються на роботі печі і сприяють збільшенню ступеня випалу матеріалу (рис. 2).

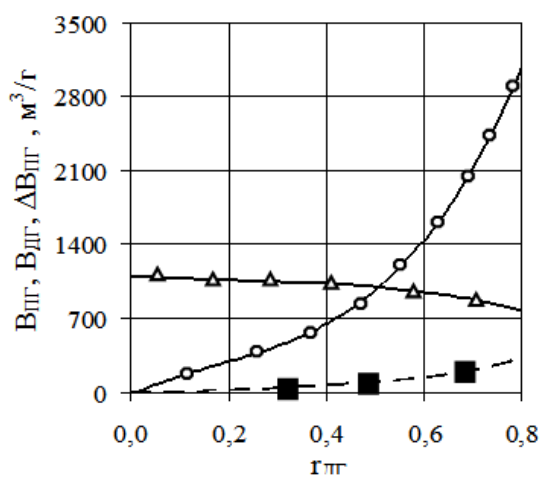


Рисунок 2 - Залежність витрати палива на піч від частки доменного газу суміші

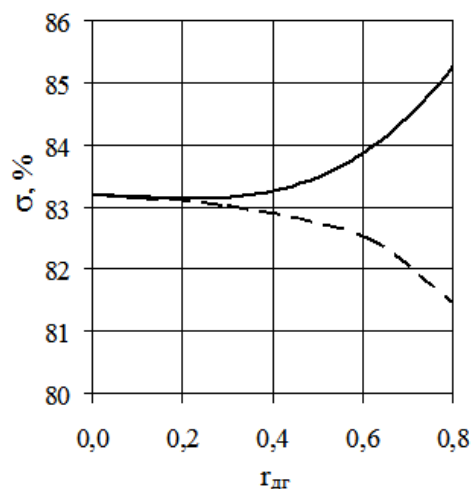


Рисунок 3 - Зміна ступеня випалу вапняку від частки доменного газу в суміші $\gamma_{ДГ}$

Крім цього, в області периферійних пальників локалізовані високотемпературні зони. Перегрів при валі вапняку призводить до зниження показників активності вапна. Вапно спекається та не активізуються при використанні. Тому подача доменного газу призводить до пом'якшення випалу та збільшення виходу активного вапна. Оптимальна температура для випалу вапняку становить 1100°C. Температура спікання на поверхні при 1200°C. На поверхні матеріалу при спіканні утворюється неактивна частина, яка при подрібненні зменшую загальну якість вапна.

Таким чином, неоднозначний вплив витрати доменного газу на роботу печі призводить до цікавого з практичного погляду результату: при опаленні печі природно-доменною сумішшю в діапазоні теплоти згорання 9,4 ÷ 33,5 МДж/м³ основні показники роботи печі (структура теплового балансу печі, а також якість випалу) практично не змінюються.

Даний висновок пояснюється тим, що шахтна піч не має розвиненого обсягу робочого простору як термічні печі та котельні агрегати. У щільному шарі основне перенесення теплоти від газів до поверхні матеріалу здійснюється конвекцією. Тому при заміщенні природного газу низькокалорійним паливом тут не спостерігається ефекту різкого падіння променистої складової тепловіддачі.

Оцінка економічних показників даного енергозберігаючого заходу

показала, що при опаленні печі природно-доменною сумішшю з теплою згоряння $9,4 \text{ МДж/м}^3$ орієнтовна годинна економія природного газу в абсолютних одиницях становить близько $322 \text{ м}^3/\text{год}$ (рис. 2).

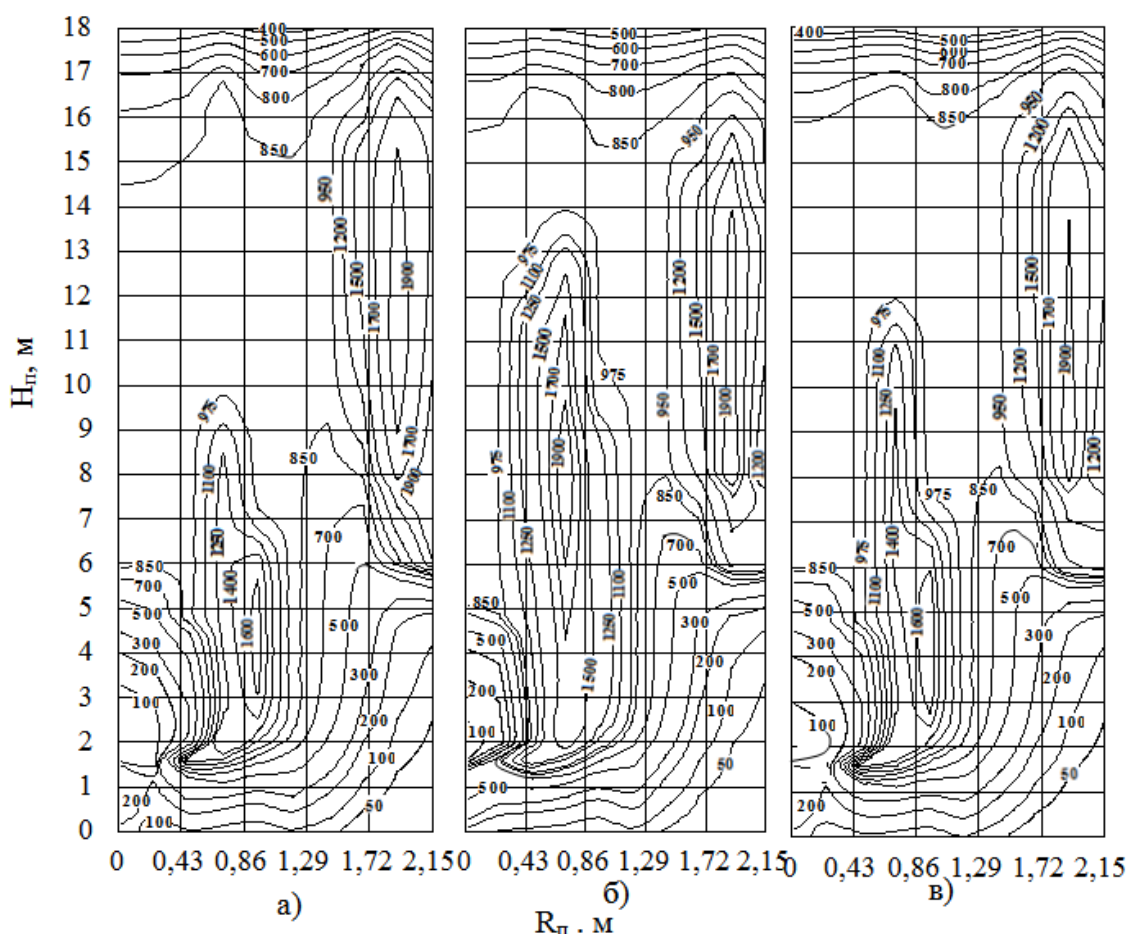


Рисунок 4- Розподіл температур в об'ємі печі при подачі доменного газу на а) центральний пальник ($r_{др} = 0,8$); б) периферійні пальники ($r_{др} = 0,8$); в) на піч ($r_{др} = 0,8$).

Висновки. На основі результатів досліджень впливу доменного газу на роботу печі показано, що показники якості вапна погіршуються при подачі доменного газу на центральний пальник і покращуються при подачі на периферійні пальники.

Спільна подача доменного газу в діапазоні калорійності природно-доменної суміші $9,4 \div 35 \text{ МДж/м}^3$ дозволяє зберегти показники роботи печі без змін. При цьому коефіцієнт заміни природного газу доменним близький до одиниці.

Запропонований режим опалення печі продуктивністю 200 т/добу природно-доменною сумішшю забезпечує економію природного газу 30% .

Література

1. Губинський М.В., Федоров С.С., Форись С.М., Агаджанян А.В.
2. Gubinsky, M.V., Fedorov, S.S., Foris, S.N., Agadzhanian, A.V. Ефективність використання колошникового газу в протипоточній печі для випалювання вапна (2011) *Металургійна та горнорудна промисловість*, 3 (3), pp. 133-137.
3. Fedorov S.S., Gubinskii M.V., Foris' S.N. Mathematical Simulation of the Structural Properties of Packed and Fluidized Beds / *Journal of Engineering Physics and Thermophysics* - May 2016, Volume 89, pp 627-635.
4. Форись С.М. Математическое моделирование шахтных известково-обжиговых печей / С.М. Форись, С.С. Федоров, М.В. Губинский // *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*. – 2008. – Т.2. – С. 98 – 104.
5. Форись С.Н. Разработка и реализация рациональных режимов работы шахтных известково-обжиговых печей / Форись С.Н., Федоров С.С., Федоров О.Г. // *Металургійна теплотехніка. Збірник наукових праць Національної металургійної академії України*. – Дніпропетровськ: «ППГрекО.С.», 2007. – С.278-287.

EFFICIENCY OF USING LOW-CALORE FUEL IN COUNTER-FLOW LIME-BURNING FURNACES

Foris Svitlana, Pererva Valeriia, Tarasevich Iryna, Foris Jurij

Abstract. Highly expensive energy carriers require revision of the existing engineering approaches in heating of industrial furnaces.

The paper presents the results of research into the performance of a shaft kiln for lime-stone burning, which was fired with mixtures of natural gas and a fuel gas of a low calorific value. On the basis of studying various schemes of fuel distribution between the burners, the optimal operation mode of the kiln with reduced consumption of natural gas by 30% was identified.

The lime quality indicators increase when the blast furnace gas is supplied to the central burner and improve when supplied to the peripheral burners.

The joint supply of blast furnace gas in the calorific value section of the natural blast furnace mixture $9.4 \div 35$ MJ/m³ allows keeping the performance of the furnace unchanged. At the same time, the coefficient of replacing natural gas with blast furnace gas is close to unity

The proposed mode of heating the furnace with a capacity of 200 t/day with a natural blast furnace mixture provides 30% natural gas savings

Keywords: lime, mine furnace, fuel, thermal regimes, mathematical model, dense layer.

References

1. Gubinsky, M.V., Fedorov, S.S., Foris, S.N., Agadzhanian, A.V. Efficiency of using top gas in opposite-flow lime-burning furnace (2011) Metallurgical and Mining Industry, 3 (3), pp. 133-137.
2. Fedorov S.S., Gubinskii M.V., Foris' S.N. Mathematical Simulation of the Structural Properties of Packed and Fluidized Beds / Journal of Engineering Physics and Thermophysics - May 2016, Volume 89, Issue 3, pp 627-635.
3. Foris' S. M. Matematicheskoye modelirovaniye shakhtnykh izvestkovo-obzhigovykh pechey / S. M. Foris', S. S. Fedorov, M. V. Gubinskiy // Sistemní tekhnologíí: Regionalíy mízhvuzívs'kiy zбірnik naukovich prats'. - 2008. - T.2. - S. 98 – 104.
4. Foris' S.N. Razrabotka i realizatsiya ratsional'nykh rezhimov ra-boty shakhtnykh izvestkovo-obzhigovykh pechey / Foris' S.N., Fedorov S.S., Fedorov O.G. // Metalurgíyna teplotekhníka. Nauchno-issledovatel'skiy institut natsional'noy metallurgii Ukrainy. - Dnepropetrovs'k: «PP Grek O.S.», 2007. - S.278-287.