

УДК 622.27:621.926.9 (339.138)

### ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИРОВИНИ

**М. І. Сокур, І. О. Коцюн, І. М. Сокур, Л. М. Сокур**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: new.inna@mail.ru

Проведено дослідження споживання енергоресурсів на фабриках огрудкування. Встановлено нераціональне використання газу як енергоносія в технології виробництва котунів, що призводить до підвищення їх собівартості і необхідності імпортувати великі обсяги газу. Запропоновано інноваційну технологію диверсифікування енергоносіїв, що включає заміну газу на вугілля. Дана технологія запропонована до застосування на гірничо-збагачувальних комбінатах Криворізького басейну і Полтавському ГЗК. Впровадження цієї інноваційної технології диверсифікації енергозбереження дозволить отримати значний економічний ефект.

**Ключові слова:** котуни, енергоносії, інноваційна технологія, диверсифікація, енергозбереження.

### ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛУРГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

**Н. И. Сокур, И. О. Коцюн, И. М. Сокур, Л. М. Сокур**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: new.inna@mail.ru

Проведены исследования потребления энергоресурсов на фабриках окомкования. Установлено нерациональное использование газа как энергоносителя в технологии производства окатышей, что приводит к повышению их себестоимости и к необходимости импортировать большие количества газа. Предложена инновационная технология диверсификации энергоносителей, которая включает замену газа углем. Данная технология предложена к использованию на горно-обогатительных комбинатах Криворожского бассейна и Полтавском ГОК. Внедрение этой инновационной технологии диверсификации энергосбережения позволит получить значительный экономический эффект.

**Ключевые слова:** окатыши, энергоносители, инновационная технология, диверсификация, энергосбережение.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Актуальність полягає у виконанні аналізу енергоспоживання на гірничо-збагачувальних підприємствах галузі.

У концепції розвитку гірничо-металургійного комплексу України сказано, що «... однією з основних умов розвитку гірничо-металургійного комплексу країни є переорієнтування виробничих процесів на ресурсозберігаючі технології...» [1].

Метою роботи є розробка основних напрямів і заходів зі зниження енерговитрат при підготовці залізних руд до плавлення.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Основна частина енерговитрат при виробництві залізорудних котунів пов'язана з витратою палива на їх зміцнюючий випал – природного газу, застосованого на всіх діючих огрудкувальних фабриках (мазут як технологічне паливо прийнятий для Костомукшського ГЗК).

Витрата технологічного палива на процес залежить від багатьох факторів:

- властивостей оброблюваної сировини;
- конструктивних особливостей обпалювального агрегату, що визначають схему й обсяг газопотоків;
- вибору режимних параметрів процесу термічної обробки котунів;
- потужності встановлених тягодувних засобів.

Вітчизняний досвід огрудкування металургійної сировини показує, що приблизно 85% залізорудних котунів проходять термічну обробку на обпалювальних агрегатах конвеєрного типу. При питомих виробництвах обпалювальних машин 0,8–102 т/год·м<sup>2</sup> на випал котунів витрачається 150–400 тис.

ккал тепла умовного палива і 35–60 кВт·год електроенергії на привід тягодувних засобів, що транспортують 3–6 тис. м<sup>3</sup>/т котунів і газів, з яких біля третини викидаються в атмосферу.

Вдосконалювання теплових схем базувалося на результаті лабораторних і промислових досліджень.

Традиційним видом палива у виробництві котунів є природний газ, хоча спочатку застосовувалося тверде паливо – тонкоподрібнений антрацит або коксик, що накочували на поверхню котунів.

Надалі відмовилися від застосування твердого палива внаслідок ускладнення технологічної схеми, тому що були потрібні операції із приймання, складування, помелу й накочування 2,5–3,0 % вугілля на котуни, а також через подорожчання устаткування і будівельної частини фабрик, у зв'язку із вимогою вибухонебезпечності.

Використання природного газу при ущільнюючому випалі залізорудних котунів значно підвищило культуру їхнього виробництва, можливості автоматизації, регульованість і керованість технологічних процесів [2].

До теперішнього часу у світовій енергетиці обставини змінилися таким чином, що необхідність економії тепла і заміни природного газу на менш дефіцитні види палива при виробництві котунів стала ще більш актуальною. Так, дефіцит природного газу і нафти збільшився порівняно із дефіцитом вугілля і, до того ж, прогнозується більш швидке виснаження запасів газоподібного і рідкого палива.

Використання твердого палива при виробництві залізорудних котунів як додаткового внутрішньо-

шарового джерела тепла є важливою й актуальною проблемою, тому що дозволяє скоротити споживання природного газу (частково замінити дефіцитний природний газ менш дефіцитним твердим паливом), знизити питомі витрати тепла на процес випалу і поліпшити металургійні властивості котунів.

Недоліками способу випалу котунів із використанням вугілля в шихті є:

- привнесення до складу котунів золи палива;
- обмежена (не більш 3 %), щоб уникнути втрат газопроникнення шару, кількість вугілля, що вводиться;
- можливість використання тільки високосортних, з низьким вмістом золи, сірки і летючих, вугілля.

Відповідно до приведених досліджень, в інституті «Механобрчермет» на дослідній фабриці ЦГЗК добавка 0,6–0,8 % антрациту до шихти дозволяє збільшити продуктивність обпалювальної машини ОК–118 на 14–15 % за рахунок підвищення середньої швидкості нагрівання котунів при горінні вуглецю [3]. Наявність внутрішніх джерел тепла в шарі дає можливість скоротити витрати газу, що надходить для випалу котунів на 18 %, знизити загальні витрати тепла на 3,7 %.

Досліди також вказують на поліпшення металургійних властивостей котунів. Для рівномірного розподілу вугілля за об'ємом котуна запропоновано подрібнювати його з одним із шихтових компонентів (вапняком або бентонітом).

Крім того, цей спосіб помелу вугілля дає можливість застосувати подрібнювальне устаткування в звичайному (невибухонебезпечному) виконанні, забезпечує безпеку виробництва і підвищує однорідність шихти без зміни параметрів пилоприготування і дозування.

Промисловими випробуваннями технології виробництва залізородних котунів із шихти з твердим паливом на огрудкувальній фабриці ЦГЗК:

- підтверджено можливість і доцільність введення вугілля в шихту залізородних офлюсованих котунів шляхом спільного здрибнювання його з вапняком;
- підтверджено, що введення в шихту меленого вугілля кількістю до 1 % не погіршує процесу огрудкування і не впливає помітно на якість сирих котунів;
- визначено, що в умовах промислової огрудкувальної фабрики ЦГЗК при введенні в шихту 9,7 кг/т вугілля, питомі витрати природного газу знижуються на 12 м<sup>3</sup>/т обпалених котунів або на 26,3 %;
- визначено значне поліпшення металургійних властивостей котунів, при збільшенні продуктивності випалювальної машини на 1,7 %.

Напівпромислові і промислові іспити технології виробництва залізородних котунів із шихти з твердим паливом на ЦГЗК показали, що при введенні в шихту антрациту, коефіцієнт заміни ним природного газу дорівнював 1,975–1,835 м<sup>3</sup>/кг при зниженні питомих витрат тепла на 3,7–6,27 %.

Коефіцієнт заміни природного газу твердим паливом залежить від економічності теплової роботи обпалювальних машин. Так, приблизно можна вважати, що на машині ОК–306 цей коефіцієнт буде

меншим, ніж на машині ОК–108 і на машині ОК–520 меншим, ніж на ОК–306, тобто чим економічніше працюють у тепловому відношенні обпалювальні машини, тим сутужніше заощаджувати тепло. Технологія прийнята в проектах реконструкції фабрик огрудкування ЦГЗК, ПівніГЗК, МГЗК, ЛебГЗК і КачГЗК.

В інституті «Механобрчермет», а потім і ВНІМ-Том, розроблена технологія випалу котунів, що передбачає використання здрибненого кам'яного вугілля шляхом подачі його у фільтруючий шар котунів у потоці теплоносія [4].

Авторами проведено дослідження ефективності використання кам'яно–вугільного пилу як теплоносія при обпаленні котунів.

У результаті виконання дослідницької роботи визначені якісні і кількісні межі використання вугілля, вплив вугілля на якість обпалених котунів, розроблено схему підготовки і подачі вугілля в процес, розроблено схему газопотоків обпалювальної конвеєрної машини. Технологічними дослідженнями показана можливість випалу котунів при спалюванні в шарі здрибненого твердого палива. Встановлено, що для випалу котунів можуть бути використані кам'яні і бурі вугілля.

Тонина помелу вугілля повинна складати не більш 150 мкм. Витрати тепла від спалювання вугілля складають до 60 % загальних витрат тепла на процес термообробки. Для подачі пилогазової суміші на шар котунів передбачається її введення через верхню частину зони випалу шаровим спалюванням палива з рівнобіжним інжектуванням повітря прямого рівчача із зони охолодження. Частина нагрітого повітря на зони охолодження II використовується для пилоприготування вугілля.

Схема газоповітряних потоків обпалювальної конвеєрної машини розроблена для умов її роботи з використанням спалювання пилоподібного твердого палива в шарі котунів, що порівняно зі звичайними умовами випалу забезпечує можливість заміни більш 50% споживаного природного газу на менш дефіцитне вугілля, зниження питомих витрат тепла на термообробку котунів за рахунок зменшення тепловтрат у навколишнє середовище при безпосередньому горінні вугілля в шарі, зменшення капітальних витрат на конструкцію горна обпалювальної машини за рахунок зниження температури в горні зони випалу [5].

Інноваційна технологія з модернізацією серійної випалювальної машини включає:

- заміну схеми газоповітряних потоків;
- заміну футеровки в зоні подачі пилоподібного вугілля;
- виконання над верхньою частиною горну амбразур із завихрювачами для подачі на шар пилоподібного вугілля;
- пристрій над верхньою частиною горну колектора пилу перемінного перетину замість колектора газу;
- організацію каналу гарячих газів із зони охолодження (I) у зону охолодження (II) для регулювання температури теплоносія з цієї зони;

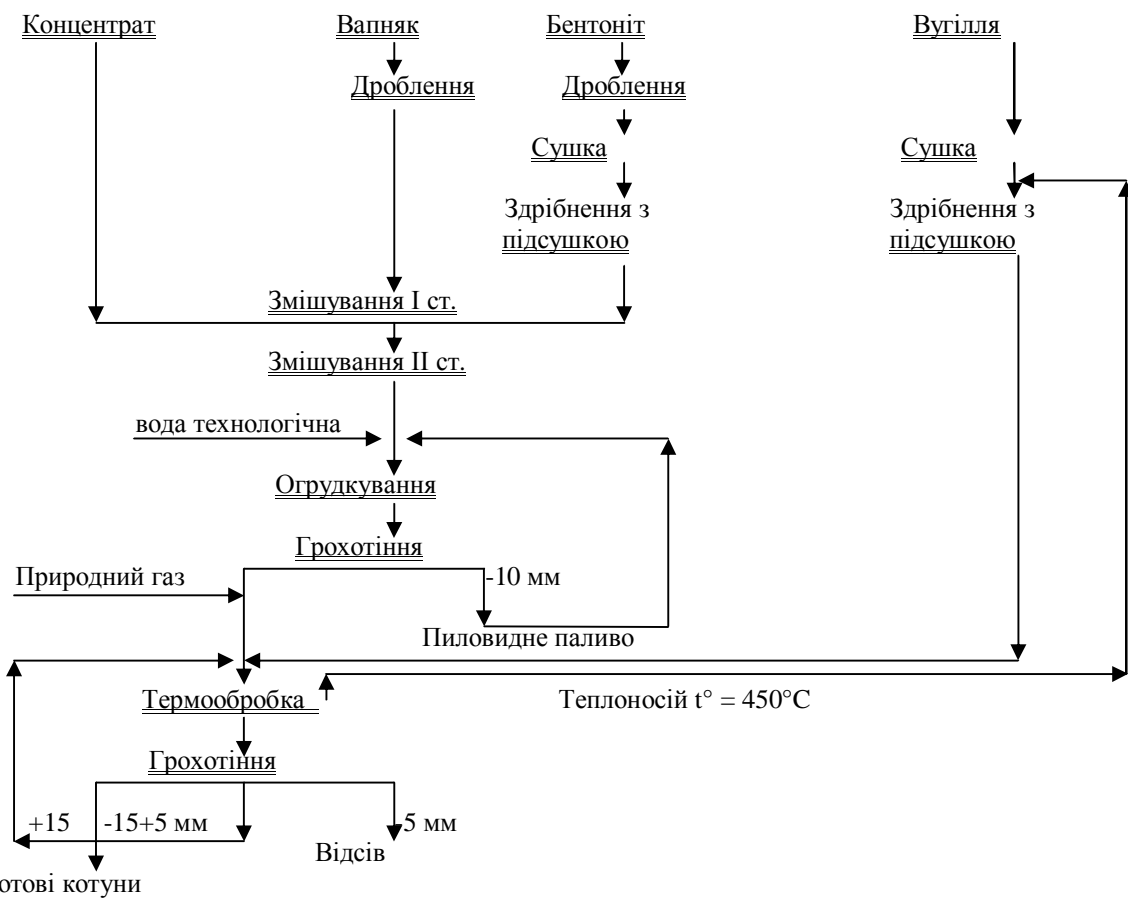
– організацію сухої магнітної сепарації золи і дріб'язку котунів.

В опалювальних газом зонах машини, підігріву і випалу продуктами спалювання газу як вторинного використовується повітря прямого каналу з температурою 700–900 °С. Димові гази з вакуум-камер цих зон після очищення викидаються димовсмоктувачем в атмосферу. У зоні випалу газом шар котунів обпікається на глибину до 50–100 мм і надалі надходить у зону рекуперації, де поверхня шару охолоджується до температури 900–1000 °С.

Завершення випалу шару котунів здійснюється в зоні випалу спалюванням пилоподібного палива. Для подачі пилоповітряної суміші передбачається колектор перемінного перетину з розташуванням його у верхній частині горну.

Для забезпечення необхідної кількості теплоносіїв над шаром у даній зоні, а також підвищення температури пилоповітряної суміші від 100–150°С до 400–500°С передбачається подача в цю зону повітря з колектора прямого каналу.

Димові гази з вакуум-камер цієї зони після очищення надходять у зону сушіння I. Для регулювання температури повітря в колекторі димовсмоктувача D<sub>5</sub> між укриттями зон охолодження I і II встановлюється шибєрний затвор. На рис. 1 показана технологічна схема виробництва котунів з частковим використанням твердого палива.



\*Операція тільки для вугілля з вологою більш 20%

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва котунів із використанням при їх термообробці твердого палива

Дослідженнями показана можливість отримання обпалених котунів при спалюванні пилоподібного палива в шарі із задовільними металургійними властивостями, скорочення більш ніж на 80% споживання природного газу, збільшення продуктивності опалювальної машини на 3,8 % при зниженні витрат тепла на термообробку на 5,3 %, що може компенсувати збільшення витрат електроенергії на процес у зв'язку з приготуванням вугілля. Забруднення котунів компонентами зони вугілля не перевищує 15 %.

Очікуваний економічний ефект від використання антрациту в умовах ЦГЗК складає 832 тис. грн. на рік. Застосування бурого вугілля збитково.

ВИСНОВКИ. 1. Проведено дослідження споживання енергоресурсів на фабриках огрудкування.

2. Встановлено нераціональне використання газу як енергоносія в технології виробництва котунів, що призводить до підвищення їх собівартості і необхідності імпортувати великі обсяги газу.

3. Запропоновано інноваційну технологію диверсифікування енергоносіїв, яка включає заміну газу на вугілля.

4. Згідно із запропонованою інноваційною технологією, вугілля подрібнюється до крупності 0,074 мм і у вигляді пилоповітряної суміші спеціальною форсункою вдувається в робочу камеру апарату огрудкування як теплоносії. Впровадження цієї інноваційної технології диверсифікації енергозбереження в умовах ВАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат» (м. Кривий Ріг) дозволить отримати економічний ефект в розмірі 832 тис. грн. на рік.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П.

Денисюк; відпов. ред. А.Н. Шидловський. – Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.

2. Сокур М.І., Турило А.М., Сокур І.М. Енергозбереження в рудопідготовці: монографія. – Кременчук: ПП Щербатих, 2007. – 256 с.

3. Исследование энергозатрат и разработка рекомендаций по экономии энергоресурсов при обогащении и окомковании железных руд: Отчет / Институт Механобрчермет, 2.1–1 (80)–С–266–84 ТП, Инв. № 02850, г. Кривой Рог, 1985. – С. 108.

4. Бабець Є.К., Сокур М.І. Управління енергозбереженням в процесах рудопідготовки: монографія. – Кривий Ріг: Мінерал, 2002. – 410 с.

5. Сокур Н.И. Экономия энергоресурсов при дезинтеграции минерального сырья // Пути экономии ресурсов при обогащении руд: сборник научных статей / Минмет СССР, Ин-т Механобрчермет. – М: Недра, 1990. – С. 3–8.

### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES OF PRODUCTION METALLURGICAL RAW MATERIALS

**M. Sokur, I. Kotsyun, I. Sokur, L. Sokur**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: new.inna@mail.ru

Researches of consumption of power resources at pellets factories are conducted. Irrational use of gas as energy material in the production technology of pellets is established that leads to increase of their cost price and to necessity of considerable amounts of gas import. The innovative technology of diversification of energy materials, which includes replacement of gas with coal, is offered. This technology is proposed for use at mining and refining plants of Krivyy Rig basin and Poltava. Implementation of this innovative technology of energy-saving diversification allows for significant economic benefit.

**Key words:** pellets, energy material, innovative technology, diversification, power-saving.

#### REFERENCES

1. *Energy conservation – priority of state policy of Ukraine* / М.П. Kovalko, S.П. Denisyuk; ed. A.N. Shidlovsky. – Kyiv: UEZ, 1998. – 506 p. [in Ukrainian]

2. Sokur M.I., Turylo A.M., Sokur I.M. *Energy efficiency in ore dressing*. Monograph. – Kremenchuk: PP Sherbatih, 2007. – 256 p. [in Ukrainian]

3. *Research of power inputs and working out of recommendations about economy of power resources at enrichment iron ores: Report* / Institute Mehanobrchermet, 2.1–1 (80)–С–266–84 ТП, Inv. № 02850, Krivoy Rog, 1985. – 108 p. [in Russian]

4. Babets E.K., Sokur M.I. *Management of energy in the process of ore dressing*. Monograph. – Krivyy Rig: Mineral, 2002. – 410 p. [in Ukrainian]

5. Sokur N.I. Economy of power resources at decomposition of mineral raw materials // *Ways of economy of resources at enrichment of ores: collection of scientific articles* / Minmet USSR, Eun-Mehanobrchermet. – M: Nedra, 1990. – PP. 3–8 [in Russian]

Стаття надійшла 25.12.2011.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.