

ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

УДК 669.045

© Ленцов И.А.¹, Ленцов Д.И.²

АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ ИЗВЕСТИ КОНСТРУКЦИИ ООО СНПП «ИЗВЕСТА» В УСЛОВИЯХ КОМБИНАТА «АЗОВСТАЛЬ»

Выполнен анализ технических и эксплуатационных показателей работы охладителя кусковых материалов конструкции ООО СНПП «Известа». Определены преимущества и недостатки существующей конструкции для условий работы известково-обжигательного цеха ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ».

Ключевые слова: производство извести, вращающаяся печь, шахтный противоточный охладитель извести, эффективность охлаждения, утилизация теплоты.

Ленцов І.А., Ленцов Д.І. Аналіз практичного використання шахтного охолоджувача вапна конструкції ООО СНПП «Известа» в умовах комбінату «АЗОВСТАЛЬ». Виконано аналіз технічних та експлуатаційних показників роботи охолоджувача кускових матеріалів конструкції ТОВ СНПП «Известа». Визначені переваги та недоліки існуючої конструкції для умов роботи вапно-випалювального цеху ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ».

Ключові слова: виробництво вапна, обертова піч, шахтний охолоджувач вапна, ефективність охолодження, утилізація теплоти.

I.A. Lentsov, D.I. Lentsov. Analysis of the practical use of the lime cooler designed by ООО SNPP "Izvesta" in conditions of metallurgical plant "AZOVSTAL". Analysis of the technical and operational performance of the bulk materials cooler designed by ООО SNPP "Izvesta" was done. The advantages and disadvantages of using the current design of the lime cooler in conditions of limekiln department of PJSC "AZOVSTAL IRON & STEEL WORKS" were determined.

Keywords: lime production, lime rotary kiln, shaft counter-flow lime cooler, cooling efficiency, heat utilization.

Постановка проблемы. Основные улучшения теплотехнических характеристик современных вращающихся печей достигаются за счет применения различных видов вспомогательного теплотехнического оборудования, позволяющего не только существенно сократить расход топлива на обжиг, но и значительно увеличить производительность агрегата.

К такому оборудованию относят охладители, предназначенные для рекуперации тепла выходящего из вращающейся печи материала и повышения теплового к.п.д. агрегата за счет подогрева воздуха для сжигания топлива. Применение охладителей различных конструкций позволяет увеличить к.п.д. вращающейся печи на 8-12%.

Анализ последних исследований и публикаций. Шахтные противоточные охладители сыпучих материалов благодаря своей эффективности, надежности, простоте и компактности конструкции получили широкое распространение как на отечественных, так и на зарубежных предприятиях [1-3].

Наиболее часто такие охладители используются в качестве запечных теплообменников в комплексе с вращающимися печами для производства конвертерной извести [4, 5]. В этом случае, помимо своей основной функции, они выполняют роль подогревателей воздуха для системы отопления вращающихся печей. При этом удельный расход топлива на производство извести суще-

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ственно зависит от эффективности работы охладителей. Так, показатель утилизации теплоты обожженной извести, достигаемый шахтными охладителями конструкции KVS/Niems фирмы Metso (ведущий мировой производитель оборудования для производства извести, США), составляет 94% [5]. У наиболее распространенных на отечественных предприятиях шахтных охладителей конструкции ООО СНПП «Известа» [6], этот показатель может изменяться в пределах 5-97% [7]. Охладители аналогичной конструкции хорошо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации на вращающихся печах таких металлургических комбинатов как ОАО «ММК» [8] и ОАО «Криворожсталь» [9].

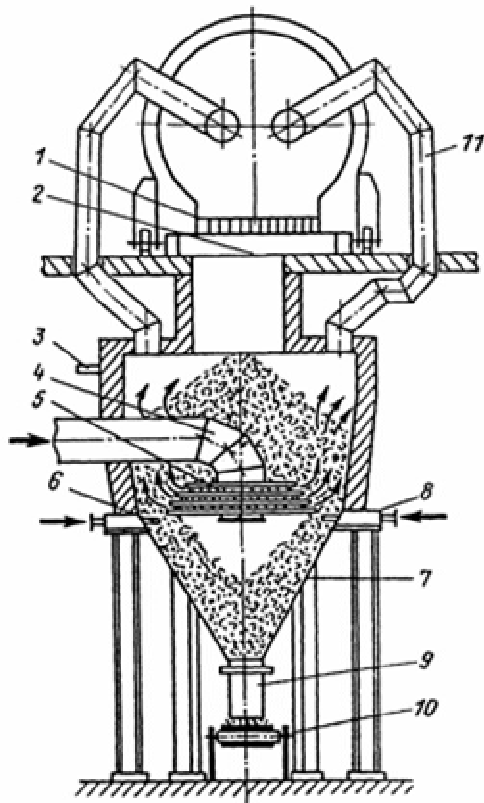


Рис.1 – Принципиальная схема охладителя конвертерной извести конструкции ООО СНПП «Известа»

Уровень извести внутри охладителя контролируется с помощью изотопного датчика (3). Слой извести охлаждается в кольцевой теплообменной зоне до температуры 40-80°C воздухом, поступающим в рабочее пространство охладителя по воздухо-проводу (4) через отверстия воздухо-распределительной насадки (5). Контроль температуры извести внутри охладителя осуществляется с помощью расположенных по периметру охладителя термопар (6) и одной термопары на выходе (7). Для выравнивания температуры охлаждаемой извести по периметру охладителя используется система пневмообрушения (8). Периодическая выгрузка извести из охладителя осуществляется с помощью разгрузочной течки (9) на ленточный конвейер (10).

Нагретый после охлаждения извести воздух через загрузочную шахту (2) и воздухопроводы (11) поступает в откатную головку, а затем в печь, где используется в процессе сжигания топлива.

По проекту вращающиеся печи комбината «АЗОВСТАЛЬ» были рассчитаны на обжиг известняка фракцией 25-40 мм. Однако, практически с момента пуска печей в известково-обжигательное отделение комбината поставлялся известняк Комсомольского рудоуправления (РУ) фракцией 20-60 мм в соответствии с ТУ 14-16-53-90 «Известняки флюсовые Комсомольского РУ». Согласно ТУ допустимое содержание кусков крупностью менее 20 мм не должно было превышать 10%, крупностью более 60 мм – 20%.

Результаты отсева обожженной извести, полученной из вышеуказанного сырья во вращающихся печах комбината, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты отсева обожженной извести на выходе из печей

| № вр. Печи | Общий вес пробы, кг | Фракционный состав, % | | | | |
|------------|---------------------|-----------------------|----------|----------|----------|--------|
| | | <10 мм | 10-20 мм | 20-40 мм | 40-60 мм | >60 мм |
| 2 | 22,7 | 4,4 | 14,1 | 62,6 | 17,6 | 1,3 |
| 4 | 21,9 | 6 | 11,4 | 57,5 | 20,1 | 5 |

Приведенный в таблице фракционный состав конвертерной извести соответствовал условиям ТУ 14-18-42-90 «Известь для сталеплавильного и ферросплавного производства», в частности фракция 20-40 мм составляла 57,6-62,6%. Потери при прокаливании (п.п.п.) обожженной извести, произведенной в соответствии с ТИ 232-163-98 «Производство конвертерной извести», не превышало 2-3% при производительности вращающейся печи 13 т/ч и не более 5% – при 14,5 т/ч.

При таком режиме работы печей шахтные охладители эксплуатировались в штатном автоматическом режиме, обеспечивая эффективное охлаждение извести до температуры не более 60°C. Температура извести по периметру охладителя в кольцевой теплообменной зоне не превышала 80°C. При этом, гидравлическое сопротивление охладителя, при высоте рабочего слоя извести порядка 1 м, составляло 9-10,5 кПа.

Начиная с мая 1999 года помимо известняка Комсомольского РУ на комбинат были начаты поставки известняка фракцией 20-50 мм марки С-1 Докучаевского флюсо-доломитного комбината (ДФДК). В течение 2002 года доля докучаевского известняка постоянно увеличивалась и в сентябре 2002 года достигла 100%. Сравнительные характеристики гранулометрического состава известняков Комсомольского РУ и ДФДК представлены в таблице 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав известняков Комсомольского РУ и ДФДК

| Фракционный состав известняка, % | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Комсомольского РУ | | | | ДФДК | | | |
| по ТУ | | факт | | по ТУ | | Факт | |
| <20 мм | >60 мм | <20 мм | >60 мм | <20 мм | >60 мм | <20 мм | >60 мм |
| 10 | 15 | 3,9 | 15,6 | 7 | 10 | 12,62 | 9,59 |

Как видно из представленных данных, в известняке ДФДК наблюдается превышение требований ТУ по содержанию мелкой фракции (менее 20 мм) – 12,62% вместо 7%. Также следует отметить, что известняк ДФДК имеет в 2-а раза меньшую механическую прочность в сравнении с известняком Комсомольского РУ. Поэтому, даже с учетом предварительного грохочения известняка с отсевом фракции менее 20 мм (7,1% от общей загрузки), количество обожженной извести фракцией менее 10 мм на выходе из печей после перехода на новое сырье увеличилось до 9,4%.

Увеличение доли мелочи в обожженной извести способствовало образованию в охладителе более плотного слоя материала. Газодинамическое сопротивление охладителя при неизменной высоте рабочего слоя извести увеличилось, в среднем, на 0,5 кПа. При этом участились случаи неравномерного схода извести и, соответственно, ухудшилась эффективность работы охладителя. Разница температур по периметру превышала 200°C (см. рис. 2).

При таком режиме работы температура извести на выходе из охладителя в пределах одной выгрузки могла отличаться более, чем на 250°C. В зависимости от положения зоны схода горячей извести, нарушения температурного режима работы охладителя могли быть не зафиксированы штатной терморпарой и система оповещения не срабатывала. Зачастую такая ситуация приводила к прогару конвейерной ленты и вынужденным простоям печи вследствие аварийного ремонта.

В начале 2008 года было принято решение отказаться от предварительного грохочения известняка и отсева мелочи перед загрузкой во вращающиеся печи.

Фактическое содержание в известняке ДФДК фракции 0-20 мм в зависимости от партии поставки может изменяться в пределах 3,7-16,1%. При этом, 43,4% из них составляет «лещадка» (фракция известняка, имеющая размер менее 20 мм в одной плоскости, в других плоскостях до 30-40 мм), 22,7% – известняк фракцией 10-20 мм, 20,5% – известняк фракцией 3-10 мм, 13,4% – известковая пыль (0-3 мм).

Увеличение доли мелкой фракции в составе сырья привело к увеличению количества мелочи в готовой извести, что, в свою очередь, оказало существенное влияние на эффективность работы охладителей извести (см. рис. 3).

Как видно из представленных графиков, время работы охладителя с превышением допустимой по технологии температуры по периметру (80°C) выросло с 10% до 63%, в сравнении с результатами, полученными в апреле 2007 года (см. рис. 3). Температура извести на выходе из

охладителя значительно превышала допустимый предел в 60°C (особенно в летнее время).

По технологической инструкции при превышении температуры извести на выходе из охладителя предельно допустимого значения (60°C) рекомендуется увеличить расход воздуха и перейти на ручное управление циклом выгрузки материала. Поэтому расход воздуха в охладителе ВП №2, даже в зимний период (в феврале 2008 года), превысил указанный в технологической инструкции расход на 15% и достиг 37,5 тыс. м³/час. Средняя температура подогрева воздуха при этом не превышала 220°C, тепловой к.п.д. охладителя снизился до 70%, а удельный расход топлива на производство извести увеличился на 1.5 кг у.т./т.

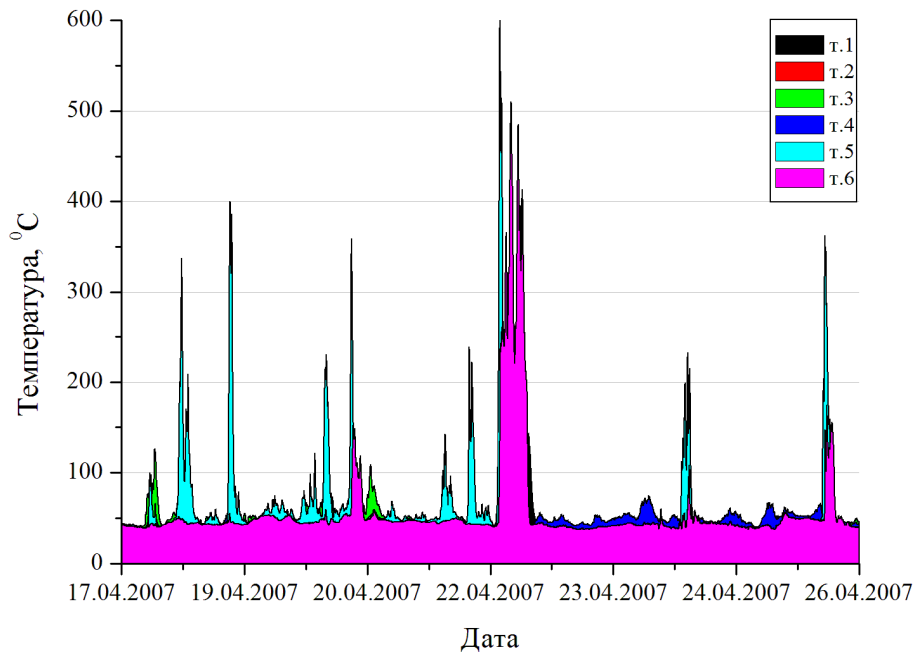


Рис. 2 – Распределение температуры по периметру охладителя ВП №3, где т.1-т.6 – показания штатных термопар

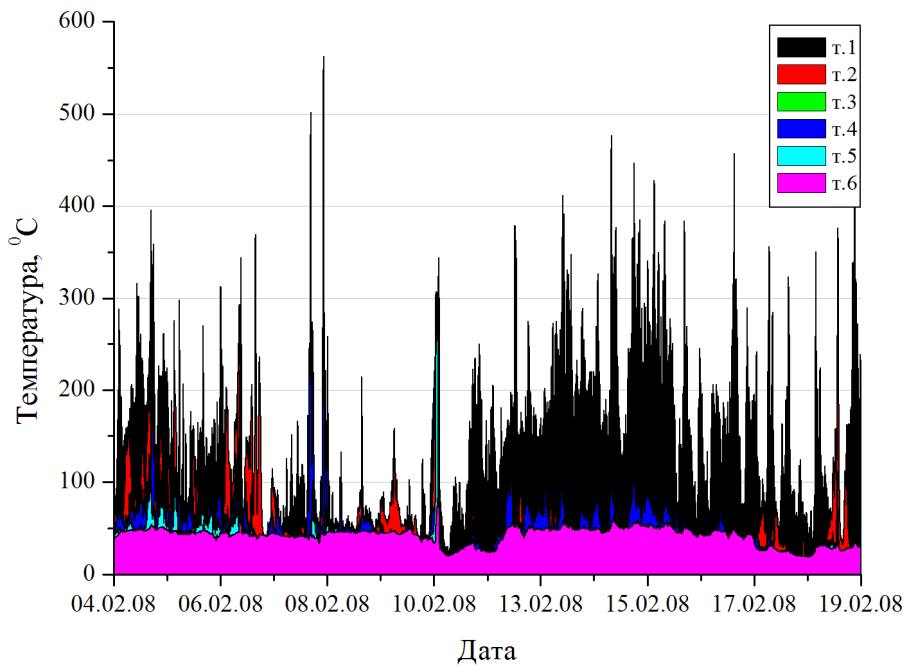


Рис. 3 – Распределение температуры по периметру охладителя ВП №2, где т.1-т.6 – показания штатных термопар

Кроме вышеуказанных недостатков увеличение расхода воздуха, подаваемого через охладитель, значительно увеличило запыленность на рабочей площадке печи. Повышение разрежения на дымососе оказалось мало эффективным для снижения запыленности, но привело к увеличению подсосов холодного воздуха в откатной и загрузочной головках и, как следствие, дополнительному увеличению удельного расхода топлива.

Попытки повысить эффективность работы охладителя за счет регулирования высоты рабочего слоя материала привели к увеличению газодинамического сопротивления охладителя на 0,5-1 кПа и снижению производительности печи до 12,5-13 тонн извести в час.

Выводы

1. Шахтный охладитель кусковых материалов конструкции ООО СНПП «Известа» обеспечивает требуемый режим охлаждения конвертерной извести во вращающихся печах ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» при следующих условиях:
 - содержание мелкой фракции (менее 20 мм) в составе загружаемого в печи известняка не более 7%;
 - предварительное грохочение известняка перед загрузкой в печи и отсеивание мелкой фракции (менее 20 мм).
2. При использовании шахтного охладителя в условиях повышенного содержания мелкой фракции (более 10%) в составе охлаждаемой извести, требуемая по технологии температура извести на выходе из охладителя (60°C) не обеспечивается, что приводит к прогару конвейерной ленты и вынужденным простоям печи вследствие аварийного ремонта.
3. Снижение температуры извести на выходе из охладителя за счет увеличения расхода подаваемого на охлаждение воздуха приводит к увеличению удельного расхода топлива на обжиг извести и повышает запыленность на рабочей площадке.
4. Регулирование температурного режима работы охладителя за счет изменения высоты рабочего слоя материала малоэффективно, так как приводит к снижению производительности печи.
5. Задачей дальнейшего исследования является внесение таких изменений в существующую конструкцию шахтного охладителя извести, которые обеспечили бы требуемые технико-экономические показатели обжига конвертерной извести во вращающихся печах ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» в условиях повышенного содержания мелкой фракции в составе сырья и отсутствия предварительного грохочения.

Список использованных источников:

1. Агарышев А. И. Эффективность производства конвертерной извести во вращающихся печах новой конструкции / А. И. Агарышев, В. И. Зуев, Ю. И. Вяткин [и др.] // Сталь, 1992. — №4. — С. 24-26.
2. Boynton R. S. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. 2nd ed. — New York: John Wiley & Sons, 1980. — 578 p.
3. Lime production: Industry Profile. Final Report [Электронный ресурс] // Research Triangle Institute. — 2000. — режим доступа: http://www.epa.gov/ttnecas1/regdata/IPs/Lime%20Manufacturing_IP.pdf, свободный. — Яз. англ.
4. Печная линия по обжигу извести средней фракции [Электронный ресурс] // PSP Engineering a.s. — 2013. — Режим доступа: http://www.pspeng.cz/Brochure/Lime_kiln_line_EN_RU.pdf, свободный. — Яз. русский.
5. Preheater / Rotary Kiln Calcining Systems [Электронный ресурс] // Metso Minerals Industries Inc. — 2013. — Режим доступа: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/91DF5FD7B4DB482442256B7D00401C42/\\$File/PH_Rotary_Kiln_Calcining.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/91DF5FD7B4DB482442256B7D00401C42/$File/PH_Rotary_Kiln_Calcining.pdf), свободный. — Яз. англ.
6. Пат. 22118 Украина, МПК F 27 В 1/00, F 27 В 1/10. Шахтный теплообменник кускового материала / Тильга С. С., Гусак Г. И., Дидковский В. К., Боровиков Г. Ф., Зуев В. И., Фомин Г. Ж.; заявитель и патентообладатель КМК «Криворожсталь». — №93006052; заявл. 08.09.1993; опубл. 30.04.1998, Бюл. №2 — с.6 : ил.
7. Лисиенко В. Г., Щелков Я. М., Ладыгичев М. Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1 / Под ред. В. Г. Лисиенко. —

- М.: Теплотехник, 2004. — 688 с.
8. Гамей А. И. Модернизация вращающихся печей для производства конвертерной извести / А. И. Гамей, С. А. Тиховидов, А. И. Гаврилюк [и др.] // Сталь, 1999. — №11. — С. 89-90.
 9. Дидковский В. К. Опыт использования шахтных противоточных охладителей извести для вращающихся печей / В. К. Дидковский, В. И. Зуев, Г. Ж. Фомин [и др.] // Сталь, 1994. — №7. — С. 81-83.
 10. Основные работы, выполненные фирмой «Известа» [Электронный ресурс] // ООО СНПП «Известа». — 2013. — Режим доступа: http://izvesta.com/raboti_izvesta.pdf, свободный. — Яз. русский.
 11. Перлевский А. А. Пути повышения эффективности использования топлива во вращающихся печах при производстве извести / А. А. Перлевский, А. И. Уралев, Е. Б. Маликова [и др.] // Сталь, 2006. — №6. — С. 59-60

Bibliography:

1. Agaryshev A. I. Efficiency of production converter lime in rotary kilns with new design / A. I. Agaryshev, V. I. Zuev, Y. I. Vyatkin and others // Steel, 1992. — I.4. — P. 24-26 (Rus.)
2. Boynton R. S. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. 2nd ed. — New York: John Wiley & Sons, 1980. — 578 p.
3. Lime production: Industry Profile. Final Report [Online] // Research Triangle Institute. — 2000. — access mode: http://www.epa.gov/ttnecas1/regdata/IPs/Lime%20Manufacturing_IP.pdf, free. — Eng.
4. Kiln line for production of lump lime [Online] // PSP Engineering a.s. — 2013. — access mode: http://www.pspeng.cz/Brochure/Lime_kiln_line_EN_RU.pdf, free. (Rus.)
5. Preheater / Rotary Kiln Calcining Systems [Online] // Metso Minerals Industries Inc. — 2013. — access mode: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/91DF5FD7B4DB482442256B7D00401C42/\\$File/PH_Rotary_Kiln_Calcining.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/91DF5FD7B4DB482442256B7D00401C42/$File/PH_Rotary_Kiln_Calcining.pdf), free. — Eng.
6. Pat. 22118 Ukraine, F 27 B 1/00, F 27 B 1/10. The shaft heat exchanger for lump material / Tilha S. S., Gusak G. I., Didkovskiy V. K., Borovykov H. F., Zuiev V. I., Fomin H. Z.; the applicant and the patentee "KRIVORIZHSTAL" KRYVYI RIH STATE METALLURGICAL INTEGRATED WORKS. — №93006052; applied 08.09.1993; published 30.04.1998, №2 — p.6 : ill.
7. Lisienko V. G., Schelkov Y. M., Ladygichev M. G. Rotary kilns: thermal engineering, management and ecology: Reference Edition: In the 2 books. book 1 / edited by V. G. Lisienko. — М.: Teplotechnik, 2004. — 688 p. (Rus.)
8. Gamey S. A. Modernization of rotary kiln to produce converter lime / A. I. Gamey, S. A. Tihovidov, A. I. Gavrioliouk and others // Steel, 1999. — I. 11. — P. 89-90. (Rus.)
9. Didkovskiy V. K. The experience of using shaft counter-flow lime coolers for rotary kilns / V. K. Didkovskiy, V. I. Zuiev, H. Z. Fomin and others // Steel, 1994. — I.7. — P. 81-83. (Rus.)
10. The main works carried out by "Izvesta" [Online] // ООО SNPP «Izvesta». — 2013. — access mode: http://izvesta.com/raboti_izvesta.pdf, free. (Rus.)
11. Perlevsky A. A. Ways to improve fuel efficiency in rotary kilns for lime production / A. A. Perlevsky, A. I. Uraleev, E. B. Malikov and others // Steel, 2006. — I. 6. — P. 59-60. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов

д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 18.11.2013