

К. М. Бикмухаметова, Д. Э. Вафина, Е. Г. Нешпоренко
Магнитогорский государственный технический университет
имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск
bikmuhametova.kseniya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА

В работе рассмотрен вариант повышения энергетической эффективности процесса обжига известняка. Рассмотрены тепловые схемы реализации данного процесса и произведена оценка коэффициента использования теплоты топлива. Получено, что для исходной схемы без регенерации энергетическая эффективность составляет 15,7 %, для схемы с частичной регенерацией теплоты отходящих газов и теплоты готового продукта – 19,9 %; для схемы с максимальной регенерацией – 24,2 %.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, обжиг известняка; вторичный энергоресурс; вращающаяся печь.

K. M. Bikmukhametova, D. E. Vafina, E. G. Neshporenko
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

AN ENERGY EFFICIENCY STUDY OF LIMESTONE FIRING PROCESS

The paper considers the option of increasing the energy efficiency of the calcination process of limestone. Thermal schemes of realization of this process are considered and the estimation of coefficient of use of heat of fuel is made. It was found that for the initial scheme without regeneration the energy efficiency is 15.7 %, for the scheme with partial regeneration of the heat exhaust gases and the heat of the finished product – 19.9 %; for the scheme with maximum regeneration – 24.2 %.

Keywords: energy efficiency; limestone roasting; secondary energy resource; rotary kiln.

В настоящее время эффективное использование энергетических и минеральных ресурсов является ключевым направлением повышения конкурентоспособности предприятий. Особенно остро данный аспект затрагивает теплотехнологии обработки природных минеральных ресурсов, например, обжиг извести, руды, доломита и других материалов, применяемых в сфере строительства, в металлургии, в химической промышленности, сельском хозяйстве [1].

Известь – один из наиболее распространенных материалов, применяемых в этих отраслях. Основной составляющей негашёной извести является оксид кальция, который образуется при обжиге известняка – процессе нагревания известняковой массы, в ходе чего карбонат кальция разлагается на оксид кальция и углекислый газ:



Температура, требуемая для осуществления обжига известняка, составляет 860–950 °С. Для получения полного разложения карбоната кальция до углекислого газа и его оксида источник тепловой энергии должен иметь температуру 1300–1500 °С. Термохимические расчеты и эксперименты показывают, что на разложение 1 кг CaCO₃ должно быть израсходовано 1790 кДж (или 3190 кДж на 1 кг CaO) [2].

Для обжига используют печи шахтного и вращающегося типа различных видов. Также существуют и другие, редко используемые типы, – это печи кипящего слоя, циклонные печи. На современных предприятиях наибольшее распространение получили вращающиеся трубчатые печи [3, 4].

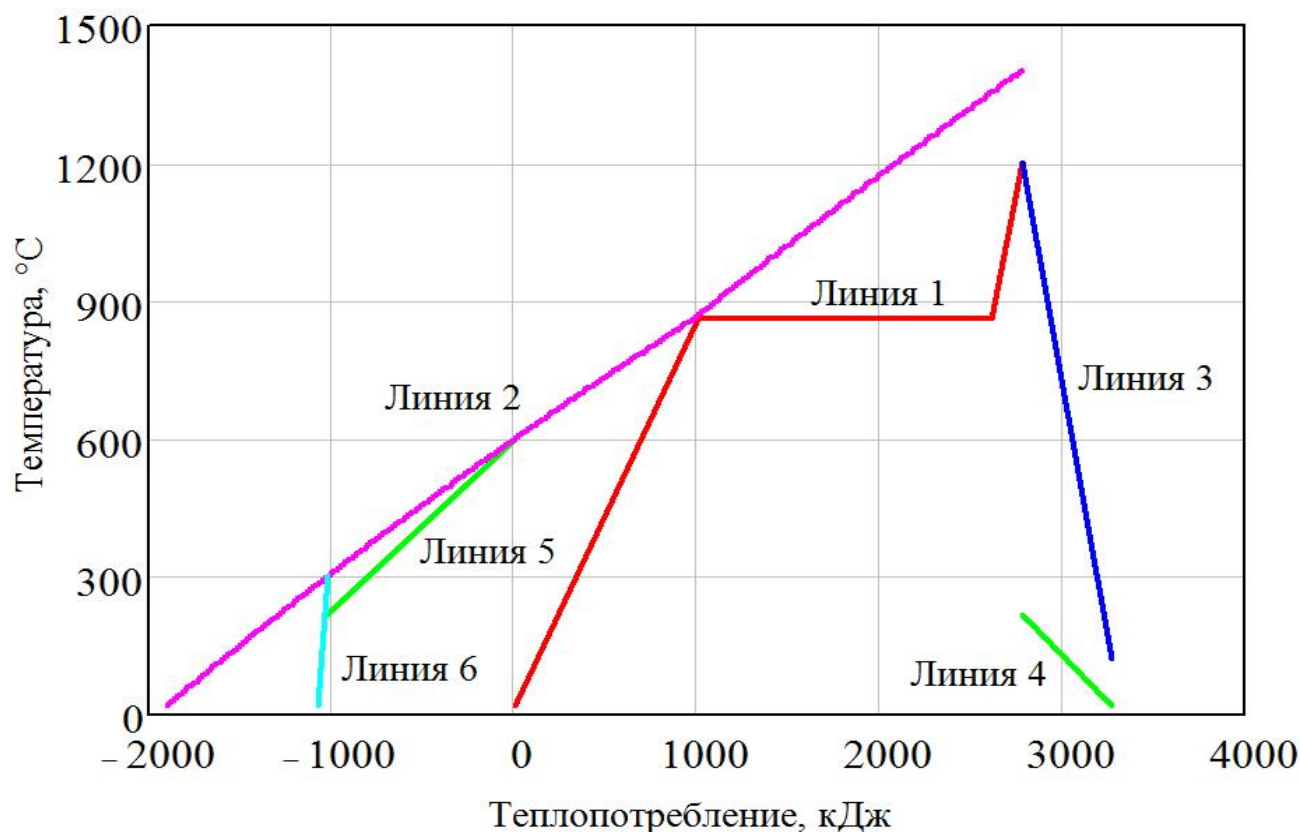
Первые варианты вращающихся печей предполагали загрузку и холодного материала, обжиг в противотоке с охлаждающимися высокотемпературными продуктами сгорания природного газа. При этом температура отходящих газов составляла 750–850 °С, а обожженного материала 1100–1200 °С. Весь температурный потенциал вторичных источников энергии терялся в окружающую среду. По мере совершенствования производства добавились две ступени: ступень предварительного подогрева известняка и ступень

предварительного нагрева воздуха, поступающего на горение. При этом температура отходящих газов на выходе из печи составляет 600–650 °С, обожженного и охлажденного материала 120–200 °С.

Проведенные исследования показали, что эффективность использования теплоты топлива, поступающего в печь, определяется из выражения:

$$\eta_{КИТ} = \frac{Q_{ог}}{Q_{хим.}} \quad (1)$$

Для исходной схемы обжига известняка коэффициент использования теплоты топлива составляет 48,5 %, а для схемы с частичной регенерацией теплоты отходящих газов и теплоты готового продукта – 54,7 % при этом расход топлива снижается с 160 до 116 м³/т.



Температурно-тепловой график обжига известняка в схеме с полной регенерацией теплоты ВЭР:

линия 1 – теплотребление технологического материала; линия 2 – охлаждение продуктов сгорания; линия 3 – охлаждение технологического материала; линия 4 – предварительный нагрев воздуха; линия 5 – дополнительный нагрев воздуха; линия 6 – предварительный нагрев топлива

В работе проведен анализ возможного предела энергетического совершенствования тепловой схемы при условии максимальной регенерации теплоты вторичных энергетически ресурсов (ВЭР) с ее использованием, т. е. учтён дополнительный нагрев воздуха и топлива отходящими газами (рисунок). При этом получено, что предел использования теплоты топлива в тепловой схеме за счет регенерации может достигать 73,3 %, а расход топлива может снизиться до 87 м³/т. Остаточная теплота отходящих газов принципиально не может быть использована в данном процессе.

Следует отметить, что коэффициент использования теплоты топлива не является критерием, позволяющим оценить энергетическую эффективность теплотехнологии в целом. Идеальная схема теплотехнологии должна потреблять минимальное количество первичного энергоресурса. В данной работе предложено оценить энергетическую эффективность теплотехнологии в отношении суммы теплотребления технологических материалов $Q_{ТП}$, подвергающихся обработке, к сумме теплотребления технологических материалов $Q_{ТП}$, подвергающихся обработке, и энергоёмкости процесса E , приведенным к условному топливному эквиваленту:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ТПi}}{\sum_{i=1}^n Q_{ТПi} + E} \quad (2)$$

Анализ энергетической эффективности теплотехнологии обжига известняка по трем схемам показал, что для исходной схемы без регенерации безразмерный параметр «А» равен 15,7 %, для схемы с частичной регенерацией теплоты отходящих газов и теплоты готового продукта – 19,9 %; для схемы с максимальной регенерацией – 24,2 %.

Таким образом, анализ энергетической эффективности теплотехнологии обжига известняка показал, что необходимо искать другие, более эффективные способы реализации данного процесса для снижения расхода первичного топлива, например, путем

применения наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности производства извести [4, 5].

Список использованных источников

1. Монастырев А. В. Производство извести. М. : Высшая школа, 1971. 272 с.
2. Вегман Е. Ф. Доменное производство : справочное издание. Подготовка руд и доменный процесс. Т. 1. М. : Metallurgia, 1989. 496 с.
3. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Вращающиеся печи : теплотехника, управление и экология : справ. изд. в 2-х кн. Кн. 1; под ред. В. Г. Лисиенко. М. : Теплотехник, 2004. 687 с.
4. Производство извести ИТС 7-2015 : информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М. : Бюро НДТ, 2015. 133 с. URL: <https://www.gost.ru/documentManager/rest/file/load/1514709276992> (дата обращения 20.11.2019)
5. ГОСТ Р 56828.23-2017 Наилучшие доступные технологии. Производство извести. Аспекты повышения энергетической эффективности. М. : Стандартиформ, 2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200146365> (дата обращения 20.11.2019)