

УДК 504:661

Т.Ф. ЖУКОВСКИЙ, к.т.н., заместитель директора

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем (УкрНИИЭП), г. Харьков

А.В. ДУНАЕВ, главный инженер ПИ «Энергосталь»

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

С.А. КАРМАНОВ, технический директор

ОАО «Бром», г. Красноперекопск

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ОБЖИГЕ ИЗВЕСТНЯКА В ШАХТНОЙ ПЕЧИ

В статье приведены результаты инструментальных измерений выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при обжиге известняка в шахтной печи. Дана оценка уровня загрязнения атмосферы и предложен термokatалитический способ сжигания CO в реакторе с предварительной очисткой от твердых взвешенных частиц в рукавном фильтре с импульсной регенерацией для снижения выбросов оксида углерода и твердых взвешенных частиц в атмосферу.

обжиг, известняк, шахтная печь, загрязняющие вещества, выбросы, атмосфера, термokatалитическая очистка

Процесс обжига известняка и получение извести на ОАО «Бром» (г. Красноперекопск) осуществляют в вертикальных пересыпных шахтных печах [1], применяя при получении извести в качестве исходных материалов щебень (известняк) и твердое топливо (уголь или кокс). Согласно ТУ 14-16-35-98, известняк флюсовый фракцией 20–80 мм (содержание оксида кальция – около 55 %, оксида магния – 0,69 %, влажность – 0,4 %) на ОАО «Бром» поставляют ОАО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького». При получении извести в качестве твердого топлива используется уголь – антрацит марки АО фракцией 25–50 мм (основные показатели антрацита: зола (АС) – 5,9 %; влага (W) – 4,5 %; сера (S) – 1,0 %).

Шахтная известково-обжигательная печь (рис. 1) – габаритные размеры: высота цилиндрической части – 8500 мм; объем печи – 64 м³ – состоит из стального кожуха и кладки (2), дымовой трубы (6), механизма за-

грузки печи (1,5), измерителя уровня шихты, механизма выгрузки печи (3), дутьевого вентилятора (4) и шлюзового затвора.

После автоматического дозатора известняк и уголь смешиваются и с помощью питателя направляются в скиповый подъемник в соотношении: известняк – 550 ± 50 кг; уголь (кокс) – 45 ± 5 кг.

При помощи скипового подъемника сырье и топливо загружаются в верхнюю часть шахтной печи (загрузка полностью автоматизирована и осуществляется по сигналу уровнемера шихты, что позволяет постоянно поддерживать уровень шихты в заданных пределах).

Движущийся в шахте сверху исходный материал проходит последовательно три технологические зоны – подогрева, обжига и охлаждения.

Зона подогрева печи расположена в верхней части шахты и занимает 45–55 % ее полезной высоты. В этой

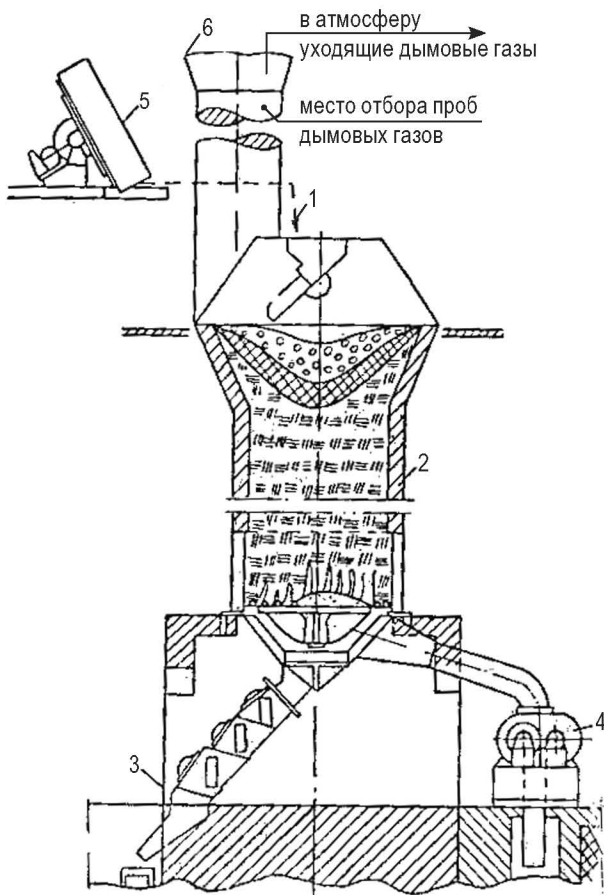


Рисунок 1 – Шахтная печь на пересыпном твердом топливе:
 1 – устройство для загрузки, 2 – шахта,
 3 – герметизированная выгрузка, 4 – дутьевой вентилятор,
 5 – скиповый подъемник; 6 – дымовая труба

зоне куски твердого топлива и известняка встречаются с горячими газообразными продуктами обжига и нагреваются ими в конце зоны до температуры 900 °С.

В зоне обжига сгорает основное количество топлива, в результате чего известняк подогрывается до необходимой температуры и достаточно быстро разлагается (обжигается). Температура известняка повышается от 925 ± 25 °С в начале зоны обжига до 950 ± 25 °С в конце, что необходимо для полного разложения кусков CaCO_3 .

В зоне охлаждения куски извести отдают тепло движущемуся навстречу потоку воздуха. Так как физического тепла извести недостаточно для нагрева воздуха до температуры 600–700 °С, то дальнейший его подогрев до температуры 950 ± 100 °С осуществляется за счет тепла догорающего топлива в верхней части зоны охлаждения.

В процессе обжига известняка в шахтной печи при горении углерода твердого топлива, кроме CO_2 , образуется значительное количество оксида углерода (СО). Процесс образования СО обусловлен соприкосновением CO_2 с раскаленной поверхностью углерода твердого остатка (топлива). Такие условия для протекания восстановительных процессов и образования СО в шахтной

печи при обжиге известняка создаются при неравномерном распределении топлива в слое шихты и повышенном расходе твердого топлива.

Гранулометрический состав топлива и известняка оказывает большое влияние на температуру обжига в печи, полноту горения топлива и содержание оксида углерода в отходящих из печи gases. Наилучшим считается такое соотношение размеров топлива и известняка, когда применяются фракции известняка 50–100 мм и антрацита АО фракции 25–50 мм. При таких условиях обжига известняка достигается минимальное содержание СО, выбрасываемого в атмосферу.

Содержание СО в отходящих gases увеличивается при послойной загрузке известняка и топлива. Следовательно, оксид углерода является одним из первичных продуктов горения твердого топлива (независимо от количества подводимого воздуха) и даже при хорошей организации процесса обжига известняка (смешения твердого топлива и сырья) СО содержится в отходящих gases в количестве 1–2 % ($12500\text{--}25000$ мг/м³).

Допустимые концентрации в отходящих дымовых gases (в соответствии с приказом от 27.06.2006 г. № 309 Министерства охраны окружающей природной среды Украины) должны составлять не более: СО – 250 мг/м³, оксидов азота (NO_x) и диоксида серы (SO_2) – 500 мг/м³, ТВЧ – 50 мг/м³ (при массовом расходе – более 0,5 кг/час) или 150 мг/м³ (при массовом расходе – менее 0,5 кг/час).

Цель настоящей работы – определение концентраций СО, NO_x (NO , NO_2), SO_2 и твердых взвешенных частиц (ТВЧ) в отходящих дымовых gases при различных режимах и производительности известково-обжигательной печи и разработка рекомендаций по их снижению в выбросах, поступающих в атмосферу.

На ОАО «Бром» проведены исследования по определению выбросов оксидов углерода, азота, серы и ТВЧ в атмосферный воздух при разных режимах (с воздухоподачей и без нее) и производительности печи (количества загружаемых скипов).

Отбор проб отходящих gases на содержание СО, NO_x , SO_2 , и ТВЧ проводился с помощью газоанализатора «ТЕСТО-350». Определение концентраций ТВЧ в gases осуществлялось методом внешней фильтрации [2]. Результаты инструментальных замеров приведены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, содержание NO_x и SO_2 в отходящих gases находилось в пределах: NO_x – 8,2–41,0 мг/м³; SO_2 – 12,6–37,8 мг/м³, что значительно ниже нормативных показателей. Концентрация твердых взвешенных частиц в дымовых gases $C_{\text{ТВЧ}}$ – 102,1–257,8 мг/м³, что превышает нормативы по выбросам ТВЧ в атмосферу. При проведении инструментальных замеров объем

Таблица 1 – Результаты измерений концентраций загрязняющих веществ и параметров отходящих дымовых газов при обжиге известняка в шахтной печи

№ п/п	Дата и время замера	Температура отходящих газов, °С	O ₂ , %	α коэффициент избытка воздуха	CO	NOx	SO ₂	ТВЧ	Примечание
					мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³	
1	1-ый режим 10 ³⁵	95	18,7	5,9	26775,0	8,2	25,5	152,1	Всего 18 скипов в сутки. Выгрузка
2	10 ⁴⁵	84	17,9	5,3	20000,0	8,2	21,4	183,1	Выгрузка
3	10 ⁵⁵	140	12,7	2,52	19062,5	41,0	33,4	228,5	Включена воздухоподача
4	11 ⁰⁵	166	12,3	4,85	20000,0	41,0	34,6	205,3	Включена воздухоподача
5	11 ¹⁵	221	11,6	4,97	27500,0	36,9	36,9	252,1	Включена воздухоподача
6	11 ²⁵	225	11,4	-	26250,0	41,0	37,8	257,2	Включена воздухоподача
7	11 ³⁰	63	16	4,47	28750,0	14,4	14,1	227,8	Загрузка – 4 скипа
8	12 ⁵⁵	129	17,4	-	17125,0	12,3	27,0	168,2	После загрузки – набор температуры в печи
9	13 ⁰⁵	192	11,8	2,29	23750,0	36,9	34,9	234,3	Включена воздухоподача
10	13 ¹⁵	228	12,1	2,7	28750,0	34,9	36,6	257,8	Включена воздухоподача
11	2-ой режим 10 ²⁰	95	11,2	4,9	17097,5	24,6	18,5	138,2	Всего 12 скипов в сутки. Выгрузка
12	10 ⁵⁰	141	17,7	6,3	13571,3	20,5	25,5	105,3	После выгрузки
13	11 ⁰⁰	158	18,1	5,64	15000,0	22,6	26,1	102,1	Без воздухоподачи
14	11 ¹⁵	140	17,4	5,2	17500,0	20,5	25,2	145,8	Загрузка с воздухоподачей
15	11 ³⁰	71	17,2	4,72	20000,0	18,6	12,6	126,4	После загрузки
16	11 ⁵⁵	229	16,5	4,53	10941,3	30,8	29,9	162,7	С воздухоподачей

дымовых газов, отходящих от шахтной печи, составлял до 12625 м³/час.

При загрузке в шахтную печь 12 скиповых подъемников шихты минимальная концентрация оксидов углерода в отходящих дымовых газах C_{CO} – 10941,3 мг/м³; при загрузке 18 скиповых подъемников – 17125,0 мг/м³ (табл. 1). Максимальные концентрации оксида углерода, поступающего в атмосферу, достигали более 20000,0 мг/м³. Указанные концентрации CO значительно превышают нормативные показатели (250 мг/м³), установленные Министерством охраны окружающей природной среды Украины.

Таким образом, для достижения нормативов по выбросам в атмосферу оксида углерода и твердых взвешенных частиц при обжиге известняка в шахтной печи на ОАО «Бром» с использованием в качестве топлива угля необходимо разработать природоохранные мероприятия.

Система дожигания обеспечивает снижение содержания CO до концентрации ниже нормативов (250 мг/м³) в зависимости от его концентрации на входе в дожигающее устройство. При сжигании газов с содержанием CO менее 3 % в дожигательных аппаратах возникают значительные трудности, поэтому необходимо создать определенные условия для протекания процесса [3].

Для очистки отходящих газов с содержанием 1–2 % CO наиболее рациональным и высокоэффективным яв-

ляется термokatалитический способ беспламенного сжигания газов в реакторе со степенью очистки – до 99,5 %. Укрупненная схема очистки дымовых газов, отходящих от шахтной печи, приведена на рис. 2

Очистка отходящих газов производится по следующей схеме: отходящие газы с температурой $t_{газов}$ до 230 °С очищаются от твердых взвешенных частиц (концентрации – с 250 мг/м³ до 20 мг/м³) в рукавном фильтре с импульсной регенерацией (ФРИП) с рукавами из термостойкой ткани (волокна полиимида, фирма-поставщик WWF, Германия), выдерживающей температуру до 240 °С. Обеспыленные газы поступают в каталитический реактор с нестационарным режимом работы, где на катализаторе платиновой группы при содержании кислорода в газах не менее 10 % проходит окисление (CO) с эффективностью до 99,5 % [4]. В зависимости от типа катализатора, температура в слое – от 200 до 300 °С, объемная скорость – до 50 тыс. час⁻¹.

Каталитический реактор (рис. 2) представляет собой аппарат, заполненный катализатором и инертным материалом, снабженный входными и выходными патрубками, на которых установлены клапаны, позволяющие менять направление движения газов в аппарате в зависимости от движения температурного фронта в слое катализатора.

Перед подачей на каталитическую очистку отходящих от печи газов катализатор необходимо нагреть до

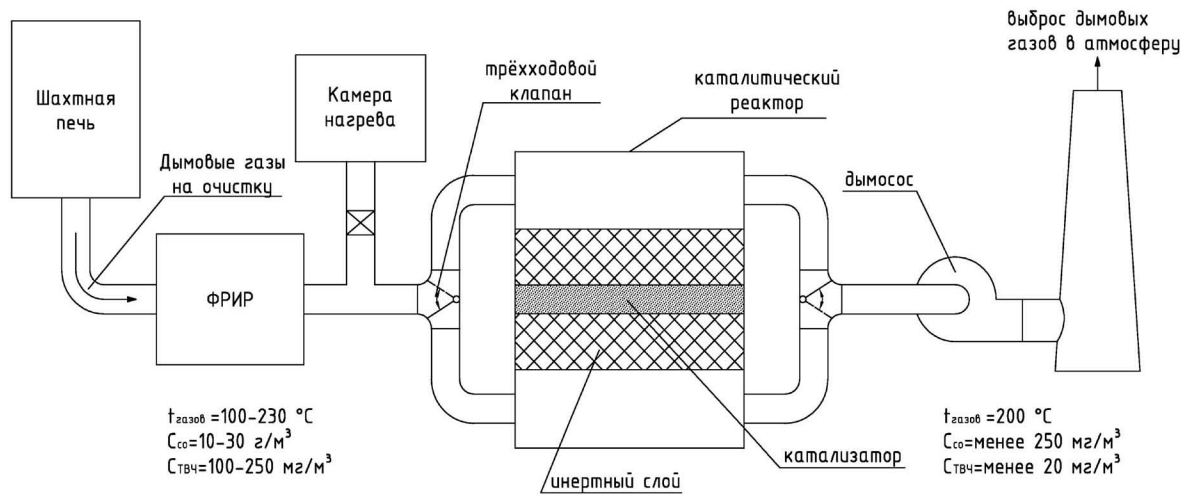


Рисунок 2 – Схема очистки отходящих газов при обжиге известняка в шахтной печи

температуры 200–250 °С горячим воздухом от камеры нагрева (рис. 2), в дальнейшем температура поддерживается за счет окисления (СО).

После очистки в каталитическом реакторе газы с температурой до 200 °С и C_{CO} до 250 мг/м³ дымососом выбрасываются в атмосферу.

ВЫВОДЫ

На Красноперекопском ОАО «Бром» проведены инструментальные измерения выбросов загрязняющих веществ при обжиге известняка в шахтной печи с использованием в шихте твердого топлива – антрацита марки АО. Экологическая оценка данных экспериментальных исследований показала, что содержание NO_x и SO_2 в отходящих дымовых газах не превышает нормативные показатели, а концентрация оксида углерода (10941,3–28750,0 мг/м³) значительно превышает утвержденные Министерством охраны окружающей природной среды Украины нормативы предельно допустимых выбросов (250 мг/м³) загрязняющих веществ от стационарных источников.

На основании результатов исследований предложено наиболее эффективное техническое решение по снижению содержания СО в отходящих дымовых газах с помощью очистки газов в каталитическом реакторе.

У статті наведено результати інструментальних вимірів викидів забруднюючих речовин в атмосферу при випалюванні вапняку у шахтній печі. Надано оцінку рівня забруднення атмосфери. Для зниження викидів оксиду вуглецю та твердих завислих часток (ТЗЧ) в атмосферу запропоновано термокаталітичний спосіб спалювання СО у реакторі з попередньою очисткою від ТЗЧ у рукавному фільтрі з імпульсною регенерацією.

Предложенное техническое решение обеспечивает снижение выбросов в атмосферу от шахтной известково-обжигательной печи оксида углерода и твердых взвешенных частиц в пределах допустимых норм (CO – менее 250 мг/м³, твердых взвешенных частиц – до 20 мг/м³).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монастырев А.В. Производство извести / А.В. Монастырев. – М. : Высшая школа, 1975. – 223 с.
2. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 270 с.
3. Экология литейного производства : учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Н. Болдина, С.С. Жуковского, А.Н. Поддубного, А.И. Яковлева, В.Л. Крохотина. – Брянск : БГТУ, 2001. – 315 с.
4. Сорокин С.С. Активность платинового, палладиевого и меднохромовоокисного катализаторов при обезвреживании выбросных газов производства формалина / С.С. Сорокин, М.О. Османов // Промышленная и санитарная очистка газов. – 1975. – № 2. – С. 15–17.

Поступила в редакцию 28.10.2009

The paper presents instrumental measurement results of emissions released into atmospheric air at limestone roasting in a shaft furnace. Assessment of atmosphere air pollution level is given. To decrease emissions of carbon oxide and suspended solids into atmospheric air we propose thermocatalytic method of gas burning in a reactor with preliminary cleaning against suspended solids in a bag filter with impulse regeneration.