

Ерёмин А.О. – канд. техн. наук, доц., НМетАУ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛОДЦА КОМБИНАТА «КРИВОРОЖСТАЛЬ»

В работе рассмотрены вопросы эксплуатационной стойкости оборудования регенеративного нагревательного колодца 11-1 комбината «Криворожсталь» за первую кампанию эксплуатации. Проанализировано состояние огнеупоров кладки и горловины колодца, футеровки крышки колодца, материала насадки шариковых регенераторов. Исследовано состояние дымового и воздушного трактов, перекидного клапана. Проверена надёжность системы автоматики.

Введение

В 2003 – 2004 гг. на комбинате «Криворожсталь» была произведена реконструкция системы отопления типового рекуперативного нагревательного колодца (РКНК) цеха Блюминг-1. Реконструкция предусматривала замену устаревших и неэффективно работающих трубчатых керамических рекуператоров на современные малогабаритные шариковые регенераторы с насадкой, состоящей из корундовых окатышей [1]. В процессе эксплуатации керамических рекуператоров их газоплотность постоянно снижается и, к завершению кампании, утечки воздуха в них могут достигать 50 %. Дорогостоящие керамические рекуператоры необходимо полностью менять во время капитальных ремонтов колодцев.

Пуск регенеративного нагревательного колодца 11-1 (РГНК) комбината «Криворожсталь» в промышленную эксплуатацию был осуществлён в мае 2004 года. Отличие конструкции этого нагревательного колодца от всех существующих в настоящее время нагревательных устройств такого типа состоит в том, что утилизация теплоты уходящих дымовых газов осуществляется в двух компактных регенераторах с шаровой насадкой из корундовых окатышей. Подобная система отопления применяется в регенеративных горелках. Отличие системы отопления нагревательного колодца 11-1 заключается в оригинальной идее, защищённой патентами Украины № 42445А и № 61495А [2, 3] суть которой заключается в следующем. Вместо традиционных для регенеративной системы отопления двух горелочных

устройств, соединённых с соответствующими регенераторами, используется одна горелка, расположенная в центре колодца. Это горелочное устройство рассчитано таким образом, что реверсивная схема сжигания топлива и движения газов обеспечивает рециркуляцию печных газов, за счет чего повышается равномерность нагрева слитков и снижается угар металла [1]. Предложенная схема обладает теми же преимуществами, которые присущи регенеративным горелкам и позволяет глубоко утилизировать теплоту уходящих дымовых газов. В то же время новая система отопления позволяет отказаться от:

- запальных устройств (пилотных горелок), необходимых для розжига основного факела традиционных регенеративных горелок;
- газовых отсечных клапанов основных горелочных устройств регенеративных горелок;
- системы контроля пламени.

Благодаря достаточно частому изменению направления движения газовых потоков (через каждые 2 – 3 минуты) в реконструированном колодце достигается высокая равномерность температурного поля по профилю рабочего пространства. Результаты замеров токовых нагрузок при прокатке, измерения температуры головной и донной части слитков при выдаче их из колодца показали высокое качество нагрева слитков. За время эксплуатации возврата слитков для догрева не было.

По результатам балансовых испытаний нагревательного колодца 11-1, удельный расход условного топлива при нагреве слитков составил 12 кг у.т. на тонну. В то же время этот же показатель для регенеративных нагревательных колодцев в среднем составляет 18 кг у.т. на тонну.

Таким образом, применённые в регенеративном нагревательном колодце технические решения позволяют существенно упростить систему отопления, повысить надёжность эксплуатации колодца и ощутимо улучшить технико-экономические показатели работы агрегата в целом.

В настоящей работе произведён анализ эксплуатации основного оборудования регенеративного нагревательного колодца 11-1 комбината «Криворожсталь» в процессе первой кампании 2004 года.

Состояние огнеупоров и горловины колодца

Первые 8 месяцев эксплуатации нагревательного колодца показали, что состояние огнеупоров рабочей камеры (блоки из жаропрочного бетона, опорный пояс и шлаковый пояс) находятся в удовлетвори-

тельном состоянии. Их выработка не превышает средние показатели по рекуперативным нагревательным колодцам Блюминга – 1. Спуск шлака происходит своевременно при более низких, по сравнению с рекуперативными нагревательными колодцами, температурах в ячейке (1340-1350 °С), что благоприятно сказывается на состоянии огнеупоров. Заправка подины производится в соответствии с инструкцией. Прорыв шлака через кладку ячейки и горловину не наблюдался.

В процессе эксплуатации были опробованы 2 конструкции горловины: с защитой газовой трубы футеровкой и без такой защиты. Нет видимого оплавления, деформации и выгорания материала газоподающей трубы и сопла. При заправке подины и выдаче слитков происходит занос верхних рядов горловины и перегородки расплавом шлака и коксиком. Для устранения этого явления рекомендовано выполнить верхние ряды горловины и перегородки (6 – 7 рядов) из мулитокорундового кирпича. Эксплуатация такого типа комбинированной футеровки горловины показала, что налипание отсутствует (рисунок 1).



Рис. 1. Горловина колодца

Состояние крышки – удовлетворительное. Имеются случаи скола нижней части кирпича (3 – 4 см) над горловиной в центре крышки. Причиной скола может быть как качество материала, (аналогичная картина наблюдается и на крышках остальных нагревательных колодцев), так и прямое воздействие высокотемпературного факела РГНК. Предлагается выполнить 7 – 8 центральных рядов крышки из каолинового кирпича. Опыт применения этого кирпича показал [4], что он обладает более высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с шамотным кирпичом. Это же мероприятие можно рекомендовать и для всех остальных крышек нагревательных колодцев.

Исследование состояния и аэродинамических характеристик воздушного и дымового трактов

Исследования аэродинамического сопротивления воздухопроводов и дымового тракта производились при различных расходах вентиляторного воздуха (рисунок 2). Результаты измерений приведены в таблице 1. Как показывает анализ результатов исследований, сопротивление насадки за время эксплуатации не изменилось, т.е. насадка не заносится пылью. Наибольшее сопротивление в воздухопроводе наблюдалось на участке между точками 3 и 4, в месте поворота трубопровода от вентилятора к перекидному клапану. По чертежам НМетАУ комбинат произвел переделку этого узла, в результате чего расход воздуха повысился с 5000 м³/час до 6000 м³/час.

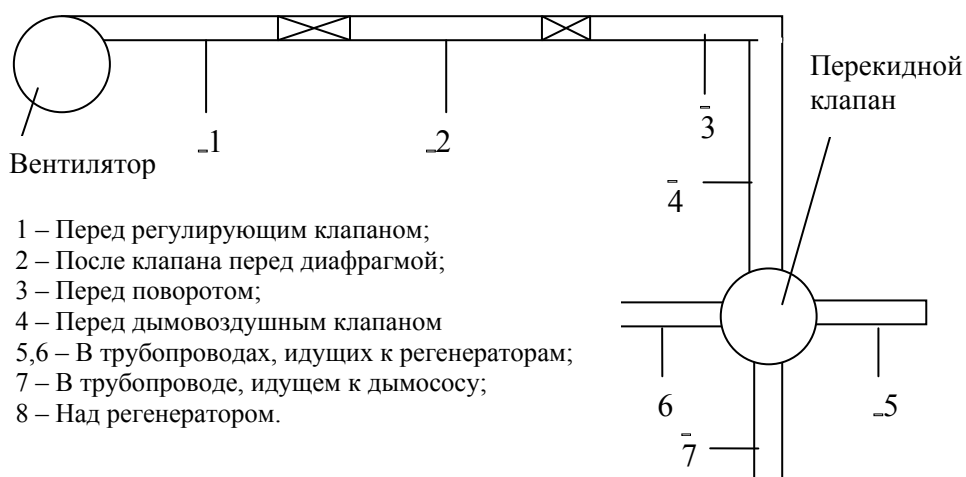


Рис. 2. Схема точек измерения аэродинамического сопротивления дымовоздушного тракта

Таблица 1

Результаты измерений

Дата исследования	Расход воздуха	Точки замера давления (разрежения), мм.вод.ст.								Примечания
		1	2	3	4	5	6	7	8	
27.12.03	2000	350	340	305		20			9	Воздух вправо
19.03.04	5000					-90			5	Воздух влево
19.03.04	5000					120			8	Воздух вправо

Продолжение табл. 1

Дата исследования	Расход воздуха	Точки замера давления (разрежения), мм.вод.ст.								Примечания
		1	2	3	4	5	6	7	8	
19.03.04	5000			300	150	-100				Воздух влево
19.03.04	5000			300	150	90				Воздух вправо
19.03.04	3500				60	-47			2	Воздух влево
19.03.04	3000				43	-23				Воздух влево
15.09.04	4500	310	293	275	170	135	-130		5	Воздух вправо
15.09.04	4500	310	293	275	170	-105-175	110		5	Воздух влево
20.10.04	6000	340-345		320	230	-30	90	-60		Воздух влево
20.10.04	6000			305	180-185	115	-125	-180		Воздух вправо

Сделанный вывод подтверждается и визуальным состоянием шариковой насадки, извлечённой из камер регенераторов после окончания первой кампании эксплуатации колодца 11-1.

Работа перекидного клапана

Дымовой перекидной клапан (ДВК) конструкции НМетАУ с приводом МЭО показан на рисунке 3. В ходе эксплуатации за 8 месяцев 2004 года произошли две остановки колодца по причине заклинивания лепестка клапана. При вскрытии ДВК была обнаружена причина аварии – налипание пыли на лепестке клапана и внутренней поверхности корпуса. Лабораторный анализ пыли показал, что она состоит из серы и железа. Отобранному составу пыли по результатам анализа соответствует железный купорос – $FeSO_4$. Образование этого соединения происходит в газо- и воздухопроводах при неудовлетворительной очистке коксового газа от серы. Оксидов алюминия, кремния, кальция в пыли не обнаружено.



Рис. 3. Перекидной дымовоздушный клапан ДВК

Таким образом, сделан вывод о том, что насадка регенераторов, состоящая на 98 % из Al_2O_3 , и кладка камер регенераторов не разрушаются. Для предотвращения заклинивания клапана при работе на неочищенном (или неудовлетворительно очищенном) от серы газе, необходима периодическая очистка внутренней поверхности клапана от пыли (1 раз в 1,5 – 2 месяца), которую можно производить во время планово-предупредительного ремонта блюминга. Как альтернатива, разработана усовершенствованная конструкция клапана с режущей кромкой лепестка. Лепесток в этом случае непрерывно производит очистку поверхности трения от пыли.

Работа шариковых регенераторов

Состояние насадки регенераторов после первой кампании эксплуатации колодца хорошее. При вскрытии камер регенераторов занося насадки пылью не обнаружено, нет растрескивания элементов насадки. Корундовые шарики покрыты коричневым налётом соединений железа, который, однако, не ухудшает аэродинамические характеристики насадки и интенсивность теплообмена в регенераторе. В процессе эксплуатации проведен ряд наблюдений за влиянием режимов нагрева слитков на температуру подогрева воздуха. Выявлено, что в периоды посадки, выдачи и при выдержке слитков без подачи топлива в начале нагрева температура подогрева воздуха падает на 100 – 150 °С. При нагреве с максимальной тепловой мощностью этот показатель не меняется, а при томлении слитков температура подогрева воздуха увеличивается. По результатам измерений средняя за кампанию печи температура над насадкой шариковых регенераторов на колодце 11-1 составила 1020 – 1050 °С. Средняя по цеху температура подогрева воздуха в керамических рекуператорах – 600 – 650 °С.

Особенностью регенеративной системы отопления является то, что при наличии неполного сжигания газа в рабочем пространстве печи дожигание топлива происходит над насадкой и в её верхних слоях. Эта теплота возвращается в печь с подогретым воздухом во время следующего цикла. Явление недожога создаёт малоокислительную атмосферу в колодце, что положительно сказывается на снижении угара металла.

Работа автоматики и блока управления БАУ-ТП-1 «Альфа-М»

Управление распределением потоков газа и воздуха по регенераторам РГНК и осуществление отсечки газа в случае возникновения аварийной ситуации осуществляется с помощью блока автоматического управления БАУ-ТП-1 «Альфа-М».

Блок управления БАУ установлен на дополнительном щите КИП БАУ (рисунок 4).

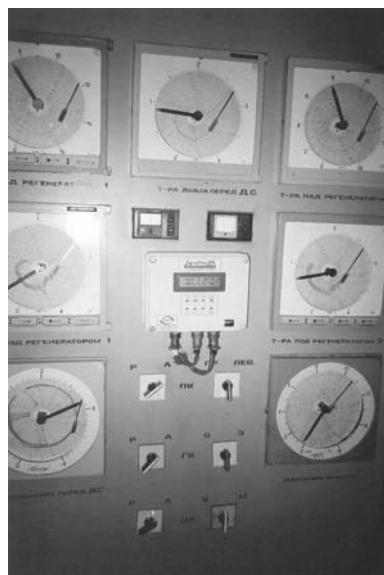


Рис. 4. Щит КИП БАУ

За весь период эксплуатации блок управления БАУ не давал сбоев в работе. При проверке производилась аварийная остановка во всех случаях, предусмотренных программой с одновременной отработкой функций систем безопасности. В процессе эксплуатации ухудшилась газоплотность камер регенераторов и дымовоздушных каналов, что привело к разной подаче воздуха на горение из левого и правого регенератора и создало предпосылки для возникновения неполного сжигания топлива при подаче воздуха из правого регенератора. На основании проведенных исследований в алгоритм программы БАУ были внесены соответствующие изменения и корректировки.

Выводы

Реконструкция системы отопления рекуперативного нагревательного колодца 11-1 комбината «Криворожсталь» позволила отказаться от неэффективно работающих и дорогих в ремонте керамических трубчатых рекуператоров. За первые 8 месяцев эксплуатации удельный расход условного топлива на регенеративном нагревательном колодце снизился с 18 до 12 кг у.т. на тонну (без учёта простоев). Существенно улучшилась равномерность нагрева слитков по высоте. Срок окупаемости затрат на реконструкцию нагревательного колодца составил 1 год. Эксплуатация первого в СНГ регенеративного нагревательного колодца показала работоспособность систем автоматического управления технологическим процессом, надёжную работу клапана и системы автоматики перекидки дыма и воздуха по регенераторам. Состояние огнеупоров колодца, шариковой насадки и регенераторов хорошее. Насадка не заносится пылью и не повышается аэродинамическое сопротивление дымовоздушного тракта. В процессе эксплуатации предложены и внедрены мероприятия, направленные на повышение эксплуатационной стойкости и надёжности работы оборудования и систем колодца.

Эксплуатация РГНК во время первой кампании показала перспективность развития печестроения в данном направлении, надёжность и работоспособность регенеративной системы отопления с применением шариковой насадки из корундовых окатышей.

Список литературы

1. Губинский В. И., Ерёмин А.О., Сибирь А.В., Шерemet В.А., Бабенко М.А., Коротченков В.М., Тряпичкин М.Г. Работа нагревательного колодца с шариковыми регенераторами/ *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2005. – № 1. – С. 103 – 105.

2. Деклараційний патент № 42445 А. Регенеративний нагрівальний колодязь. Губинський В.Й., Сокурєнко А.В., Омєсь М.М. та інш. Бюл. № 9, 2001.

3. Деклараційний патент № 61495 А. Нагрівальний колодязь з кульковими регенераторами. Сокурєнко А.В., Шерemet В.О., Кекух А.В., Бабенко М.А., Коротченков В.М., Волков В.П., Воробйов В.О., Тряпичкин М.Г., Губинський В.Й., Єрьомін О.О., Губинський М.В., Губинська С.Л. Бюл. № 11, 2003.

4. Аксельруд Л.Г., Сухов И.И., Тымчак В.М. Нагревательные колодцы. – М.-Л.: *Металлургиздат*, 1962. – 235 с.

Рукопись поступила 28.03.05.