

УДК 669.162.215.4

Д.В. СТАЛИНСКИЙ, д.т.н., профессор, генеральный директор, **А.З. РЫЖАВСКИЙ**, к.т.н., главный конструктор, **Т.П. БРАТОВА**, начальник отдела, **Д.В. СЕМЕНОВ**, руководитель группы, **Д.В. РОМАНОВ**, руководитель группы Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРАКТОВ 160-ТОННЫХ КОНВЕРТЕРОВ НА РАБОТУ БЕЗ ДОЖИГАНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

В статье рассмотрены варианты реконструкции газоотводящих трактов конвертеров емкостью 160 т с полным дожиганием и без дожигания монооксида углерода. Приведены сравнительные характеристики реконструкции по обоим вариантам. Показаны преимущества реконструкции по схеме без дожигания, которая рекомендована для отвода конвертерного газа с его последующим использованием.

конвертеры 160 т, конвертерный газ, охладитель конвертерных газов, газоотводящий тракт, отвод газа с полным дожиганием монооксида углерода, отвод газа без дожигания монооксида углерода

Конвертерные цехи с конвертерами средней емкости были построены в СССР в 60-х годах прошлого века. Газоотводящие тракты установленных конвертеров работают по системе с полным дожиганием газа перед газоочисткой. В 70–80 годах прошлого века конвертеры емкостью 110–130 т были заменены 160-тонными конвертерами. При реконструкции была увеличена интенсивность продувки кислородом, соответственно увеличена пропускная способность газоотводящих трактов конвертеров с заменой охладителей конвертерных газов и газоочисток, но только конвертерный цех № 1 ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (ОАО «НЛМК») в 1972 г. был переведен по проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» на работу с частичным дожиганием, что позволило без замены газоотводящего тракта увеличить интенсивность продувки кислородом с 300 до 500 $\text{нм}^3/\text{мин}$.

В настоящее время все конвертерные цехи с конвертерами емкостью 160 т, в т.ч. и газоотводящие тракты конвертеров, нуждаются в существенной модернизации.

По поручению компании Siemens-VAI (Австрия), выполняющей реконструкцию конвертерного цеха ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ОАО «НТМК»), УкрГНТЦ «Энергосталь» разработал и осуществил в 2006–2008 гг. реконструкцию газоотводящих трактов трех конвертеров емкостью 160 т. Целью реконструкции было увеличение пропускной способности трактов с существенным улучшением качества очистки газа, модернизация котлов-охладителей и аппаратов газоочистки (система работы тракта с полным дожиганием сохранена по настоянию генерального заказчика).

Аналогичная реконструкция газоотводящих трактов конвертеров поручена УкрГНТЦ «Энергосталь» и выпол-

няется в настоящее время на ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК»).

Фирма Siemens-VAI проводит реконструкцию газоотводящих трактов со 160-тонными конвертерами ККЦ № 1 ОАО «НЛМК» по системе без дожигания, при этом предусмотрена возможность использования конвертерного газа в перспективе.

На очереди реконструкция конвертерных цехов с конвертерами емкостью 160 т ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (ОАО «АМКР») и ОАО «Енакиевский металлургический завод» (ОАО «ЕМЗ»).

Реконструкция предусматривает решение следующих задач:

- замена износившегося оборудования, коммуникаций и металлоконструкций новыми;
- создание условий для увеличения производительности цеха за счет сокращения цикла плавки, в т.ч. за счет увеличения интенсивности кислородной продувки до 500 $\text{нм}^3/\text{мин}$ и выше;
- улучшение качества очистки отходящих конвертерных газов с достижением остаточной запыленности до 50 $\text{мг}/\text{нм}^3$ посредством установки качественно новых систем газоочистки;
- обеспечение комфортного и качественного управления технологическими процессами путем оборудования конвертеров и газоотводящих трактов современными системами АСУ ТП;
- проведение реконструкции в кратчайшие сроки и с наименьшими капиталовложениями.

При реконструкции газоотводящих трактов возможны два основных варианта увеличения интенсивности кислородной продувки и улучшения качества очистки газа (рис. 1):

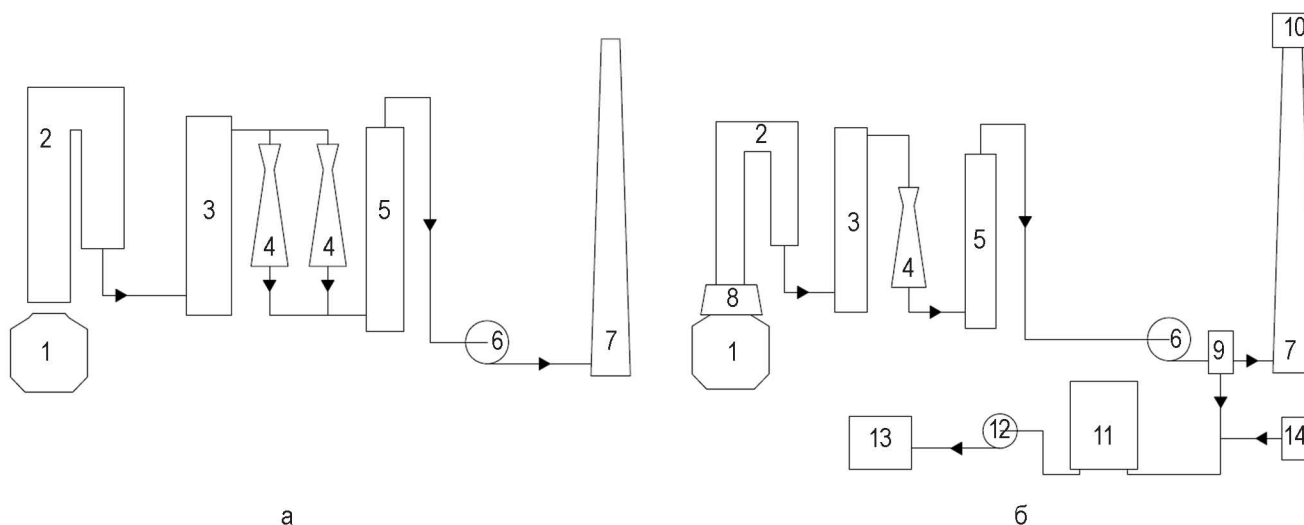


Рисунок 1 – Схемы газоотводящих трактов конвертеров при работе с полным дожиганием монооксида углерода (а) и без дожигания монооксида углерода (б):

1 – конвертер; 2 – котел-охладитель (ОКГ); 3, 4, 5 – аппараты газоочистки (скруббер, трубы Вентури, каплеуловитель); 6 – нагнетатель; 7 – дымовая труба; 8 – устройство уплотнения (юбка); 9 – клапанная группа; 10 – устройство дожигания (свеча); 11 – газгольдер; 12 – газодувка; 13 – потребители конвертерного газа; 14 – конвертерный газ от других конвертеров

- с отводом конвертерных газов с полным дожиганием монооксида углерода в охладителях конвертерных газов;
- с отводом газов в режиме без дожигания монооксида углерода (при этом в охладителях конвертерных газов в период интенсивного газовойделения сжигается до 20 % монооксида углерода).

Первый вариант влечет за собой увеличение поверхностей нагрева охладителя конвертерных газов ОКГ (если нет возможности увеличить поверхности нагрева – необходимо увеличить количество осветленной воды, подаваемой на газоочистку, т.е. модернизировать оборотный цикл), а также мощности нагнетателя.

Современная газоочистка с регулируемыми трубами Вентури, каплеуловители с регулируемыми завихрителями в сочетании с установкой в нагнетателях модернизированных роторов, позволяющих существенно увеличить перепад давления на трубах Вентури, обеспечивают возможность увеличения интенсивности продувки кислородом до 500 нм³/мин с одновременным снижением запыленности газов, выбрасываемых в атмосферу, с 150–200 мг/нм³ до 80–100 мг/нм³. Этот вариант более привычен для эксплуатационного персонала – многие цехи не рискуют менять его на что-либо кардинально новое.

Второй вариант более сложен в исполнении, однако при его применении уменьшаются размеры и масса ОКГ и газоходов; количество требуемой обратной воды; потребляемая мощность нагнетателя и циркуляционных насосов ОКГ. Кроме того, данный вариант позволяет

в перспективе утилизировать такой ценный вторичный энергоресурс, как конвертерный газ, теплота сгорания которого превосходит теплоту сгорания доменного газа более чем в 2 раза. Перевод газоотводящих трактов конвертеров емкостью 160 т на работу без дожигания позволяет увеличить интенсивность продувки кислородом до 650 нм³/мин и обеспечить очистку газа до конечного содержания пыли 50 мг/нм³. Дополнительным осложнением данного варианта являются повышенные требования к безопасности и герметичности системы, КИП и автоматике управления.

Основным недостатком систем с дожиганием является неизбежность отвода большого объема очищаемых газов. Для обеспечения надежного сжигания газа воздух подсасывается в газоотводящий тракт с избытком не менее 20 %. Значительное содержание в воздухе азота повышает объем дымовых газов, проходящих через газоотводящий тракт. За счет сжигания СО их теплосодержание возрастает более чем в три раза по сравнению с теплосодержанием газов, выделяющихся из конвертера, обуславливая соответствующее увеличение размеров оборудования газоотводящего тракта, его стоимости, расхода электроэнергии. Поэтому, начиная с середины 70-х годов прошлого века все новые цехи с конвертерами емкостью 250–400 т построены для работы по системе с частичным дожиганием, разработанной УкрГНТЦ «Энергосталь» совместно с ОАО «НЛМК». Основной особенностью этой системы является отсутствие регулирования производительности нагнетателя конвертерных газов в процессе продувки, что делает ее

более простой и безопасной, чем распространенные в Европе, Японии и других странах системы отвода газа без дожигания, требующие регулирования расхода газа по ходу продувки. Система частичного дожигания исключает возможность использования конвертерного газа, при этом тепловая мощность ОКГ должна быть увеличена примерно на 25 %. Но при низкой стоимости природного газа в 70–80-е годы использование конвертерного газа было неэкономичным, поэтому в СССР были построены конвертерные цехи с большегрузными конвертерами емкостью 300–400 т.

В Японии, Индии, странах Европы системы без дожигания эксплуатируются уже многие годы, что дает возможность на большинстве установок собирать и использовать конвертерный газ в качестве топлива. В условиях значительного удорожания энергоносителей во всем мире утилизация конвертерного газа становится одной из важнейших задач, что должно найти отражение в решениях по реконструкции газоотводящих трактов действующих конвертерных цехов с конвертерами емкостью 160 т.

Сравнительные технико-экономические показатели газоотводящих трактов конвертеров емкостью 160 т при работе с полным дожиганием и без дожигания представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительные технико-экономические показатели газоотводящих трактов конвертеров емкостью 160 т (для одного конвертера)

| Показатели | С полным дожиганием | Без дожигания |
|---|---------------------|---------------|
| Металлоемкость тракта, т | 920 | 600 |
| в т.ч.: ОКГ | 420 | 230 |
| • газоочистка | 170 | 140 |
| • газоходы | 180 | 120 |
| • дымовая труба (свеча) | 150 | 110 |
| •жигающее устройство | – | 5 |
| Расход воды и энергоносителей (среднечасовые) | | |
| Вода техническая, м ³ | 72 | 400 |
| Оборотная вода мокрой газоочистки, м ³ | 650 | 300 |
| Компрессорный воздух, нм ³ | 2 000 | – |
| Азот, нм ³ | – | 2 500 |
| Природный газ, нм ³ | – | 60 |
| Электроэнергия, кВт | 3 200 | 1 800 |
| Стоимость оборудования и конструкций, тыс. грн | 75 000 | 42 000 |

При отводе конвертерного газа без дожигания возможно его использование в качестве вторичного энергоресурса. Для этого необходимо между дымососом и свечой смонтировать станцию переключения, направляющую конвертерный газ с содержанием СО ниже 30 % в газгольдер. Для передачи конвертерного газа из газгольдера на использование устанавливаются газодувки, повышающие его давление с 2 кПа до 12–15 кПа. Переключающие станции, газгольдеры и газодувки необходимых параметров в Украине не производятся и поставляются из Западной Европы.

Показатели системы использования конвертерного газа для цеха с тремя конвертерами емкостью по 160 т производительностью 3,6 млн т жидкой стали в год представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели системы использования конвертерного газа (для цеха, состоящего из трех конвертеров)

| Показатель | Величина |
|---|----------|
| Количество переключающих станций, шт. | 3 |
| Количество газгольдеров, шт. | 1 |
| Рабочий объем газгольдера, м ³ | 60 000 |
| Количество газодувок, шт. | 2 |
| в т.ч. резервных, шт. | 1 |
| Количество используемого конвертерного газа, нм ³ /час | 37 000 |
| млн нм ³ /год | 320 |
| т у.т./год | 80 000 |
| Теплотворная способность конвертерного газа, МДж/нм ³ | 7,0 |
| Снижение выброса СО ₂ (парникового газа), млн нм ³ /год | 180 |
| Капитальные затраты, млн грн | 190 |

ВЫВОДЫ

При реконструкции газоотводящих трактов в конвертерном цехе с конвертерами емкостью по 160 т рекомендуется перевод на работу без дожигания, что позволяет при капремонте каждого тракта снизить его металлоемкость на 320 т, сэкономить электроэнергию – 12,2 млн кВт·час/год, снизить капитальные затраты на 33,0 млн грн.

Отвод конвертерного газа без дожигания при дополнительных затратах (190,0 млн грн) позволит сэкономить 80 000 т у.т./год, сократить выброс СО₂ в атмосферу на 355 тыс. т/год.

Поступила в редакцию 15.04.2010



У статті розглянуто варіанти реконструкції газовідвідних трактів конвертерів ємністю 160 т з повним допалюванням і без допалювання монооксиду вуглецю. Приведено порівняльні характеристики реконструкції за двома варіантами. Показано переваги реконструкції за схемою без допалювання, яку рекомендовано для відводу конвертерного газу з його подальшим використанням.

The article considers the options of reconstructing gas-outlet ducts of 160t converter with full afterburning and without afterburning of converter gas according to the scheme of carbon monoxide burning. The comparative characteristics of the reconstruction for both options are given. The advantages of the reconstruction according to the scheme without gas afterburning are shown and it is recommended to use for converter gas removal.