

**ПЕРВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ КОКСОВАЯ
БАТАРЕЯ С УСТАНОВКОЙ
ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ
В УКРАИНЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
РЕСУРСО- И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

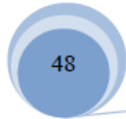
© 2010 Васильев Ю.С., д.т.н. (УХИН),
Гордиенко А.И., Долгарев Г.В.,
Лашенко И.Н. (ЗАО "Донецксталь-МЗ"),
Дарченко Е.В. (ОАО "Коксохимпроект"),
Чаленко В.И. (ОАО «ЯКХЗ»)

В статье раскрыты особенности технологии коксования термически подготовленной шихты. Изложен уникальный опыт эксплуатации термической подготовки в промышленных условиях. Показан ряд преимуществ этой технологии.

The features of technology of coking of the thermally prepared charge are exposed in the article. Unique experience of exploitation of thermal preparation in industrial terms is expounded. The advantages of this technology are shown.

Ключевые слова: шихта, влажность, термическая подготовка, кокс, качество, продукты горения, экономика, содержание NO_x, снижение.

Одним из уроков начавшегося в 2008 г. мирового кризиса стало наглядное проявление тесной взаимосвязи мировой экономики, транспортной и промышленной активности с потреблением энергии.



Прогнозируемый дальнейший рост спроса на энергоносители (к 2030 г. на 4 млрд. т нефтяного эквивалента) обострит ситуацию для стран-импортеров, в т.ч. для Украины. Не говоря о наших ограниченных возможностях по нефти и природному газу, даже коксующиеся угли мы вынуждены завозить по импорту ежегодно в объеме до 9,0 млн. т (до 35 % потребности). И это притом, что отечественные промышленные запасы коксующихся углей только в Донбассе оцениваются примерно в 12,6 млрд. т.

Альтернативой может послужить повышение общей энергоэффективности производства и освоение энергосберегающих технологий. Для черной металлургии одним из путей достижения этой цели является вдувание пылеугольного топлива (ПУТ) в доменные печи. Коэффициент замены кокса ПУТ составляет 0,8-1,0 в зависимости от свойств ПУТ и кокса.

В настоящее время в Украине с ПУТ работают только две доменные печи ЗАО «Донецксталь – металлургический завод»; осваивается такая технология на Алчевском МК. Завершается строительство подобных установок на ОАО «Запорожсталь» и на ОАО «ММК им. Ильича» (г. Мариуполь).

Всего в 2020 г. в Украине предполагается производство 24,7 млн. т чугуна с применением ПУТ, для чего потребуется 10,1 млн. т высококачественного кокса с показателями, %: $CRI \leq 30$; $CSR \geq 60$ [1]. При существующей технологии коксования такой кокс можно производить только из шихты, содержащей ≥ 60 % хорошококующихся углей с индексом основности золы $\leq 2,5$. В Украине такие угли добываются только на трех шахтах – «Красноармейская Западная № 1» (марка К), «им. Скопинского» (марка Ж) и «Южно-Донбасская № 3» (марка Г), – ресурсы которых позволяют производить 3,0-3,5 млн. т кокса требуемого качества.

Сохраняется также дефицит хорошоспекающихся углей, необходимых для производства качественного кокса ($M_{25} \geq 90$ %, $M_{10} \leq 6$ %) для доменных печей, работающих без ПУТ. Всего без ПУТ предполагается производить ~ 7,3 млн. т чугуна, для чего потребуется ~ 4,1 млн. т кокса.

Учитывая, что обеспечить импорт необходимого количества хорошоспекающихся углей из России и стран дальнего зарубежья (США, Австралия и др.) практически невозможно, единственным выходом является сочетание импорта с внедрением новых процессов производства кокса, обеспечивающих производство доменного кокса с высокой механической прочностью из шихт с участием повышенного количества слабоспекающихся газовых углей.

В настоящее время имеются две проверенные в промышленных условиях новые технологии для

производства упомянутого высококачественного кокса, но уже из угольных шихт с большой долей (до 40 %) отечественных высоколетучих слабоспекающихся углей (по традиционной технологии – с оговорками до 10 %). А их промышленные запасы только в Донбассе превышают 7,0 млрд. т (до 60 % общего объема всех видов углей для коксования). Освоение и добыча этих видов углей, как правило, осуществляется в менее сложных условиях и с меньшими издержками.

Из упомянутых двух новых технологий одна – это коксование предварительного трамбованных шихт, успешно внедренная на большемых коксовых батареях №9-бис и №10-бис ОАО «Алчевсккокс».

Другая технология – коксование термически подготовленных шихт (ТПШ) [1], успешно освоенная в 2006-2008 г.г. на ОАО «Ясиновский коксохимический завод» [2-4] (см. рис. 1 и 2).

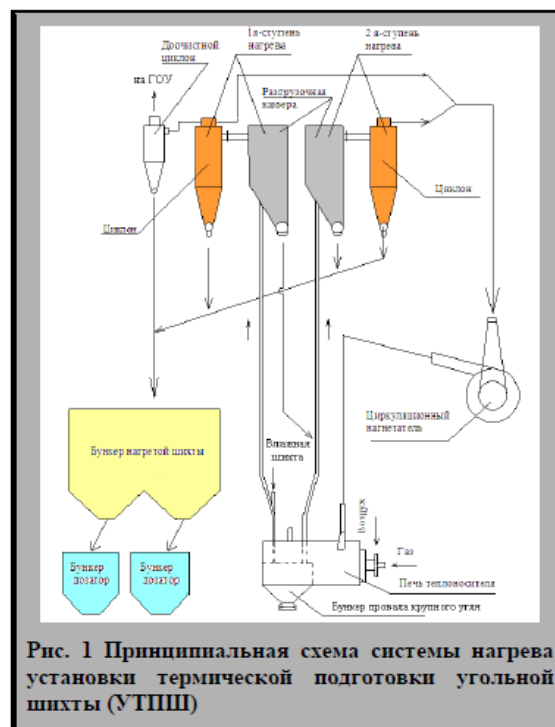


Рис. 1 Принципиальная схема системы нагрева установки термической подготовки угольной шихты (УТПШ)

По сравнению с процессами коксования трамбованных шихт коксование ТПШ имеет ряд преимуществ [2]:

– отсутствие специальных требований к конструкции типовых коксовых печей с высотой камер 4,3 м и к основным коксовым машинам (кроме углезагрузочного вагона);

- оборудование УТПШ хорошо вписывается в сложившуюся инфраструктуру углекоксового блока и может внедряться как на действующих батареях, так и на вновь строящихся;
- повышение производительности коксовых батарей на 20-40 %;
- возможность привлечения в шихты более широкого спектра слабоспекающихся высоколетучих углей – вплоть до 100 %;
- все оборудование может серийно изготавливаться отечественной промышленностью;
- более низкий уровень требований к помолу шихты;
- более низкий удельный расход тепла на коксование – на 10-20 %.



Рис. 2 Общий вид установки термической подготовки шихты

Механическая прочность кокса из термически подготовленных шихт существенно выше, чем из влажных, причем эта разница тем больше, чем больше в составе шихты слабоспекающихся углей. Вследствие этого коксование термически подготовленных шихт, существенно отличающихся по спекаемости, позволяет получать коксы, незначительно различающиеся по механической прочности. Т. е. термическая подготовка

позволяет получать более равномерный по качеству кокс при колебании качества шихты.

Проведенные опытные доменные плавки на коксе из термически подготовленной шихты показали его достаточно высокую эффективность даже при содержании в шихте 35-40 % газовых слабоспекающихся углей [5]. При вдувании 172 кг ПУТ расход доменного кокса составил 392 кг на 1 т чугуна. При этом механическая прочность кокса составляла, %: $M_{25} - 90,9$; $M_{10} - 4,8$; «горячая» прочность, %: $CSR - 44,9$; $CRI - 42,3$.

Следует отметить, что в последнее время в Японии проведены исследования, в которых приводятся данные о целесообразности повышения показателя CRI для доменного кокса до 40 % и более [6].

Термическая подготовка шихты перед коксованием дает возможность не только получать прочный доменный кокс из шихт пониженной спекаемости, но также позволяет значительно расширить ассортимент выпускаемой продукции за счет производства специальных видов кокса. Последнее особенно важно в периоды нестабильного сбыта доменного кокса [7-8].

Освоение процесса коксования термически подготовленной шихты проводили в печах коксовых батарей № 3 и № 1.

Батареи № 3 и № 1 имеют одинаковую конструкцию и одинаковые габариты: высота камер коксования – 4300 мм, полезный объем – 21,6 м³. Срок эксплуатации коксовой батареи № 3 превысил 50 лет, а батарея №1 была пущена в эксплуатацию в 2006 г. Ввиду изношенности коксовой батареи № 3 температуры в обогревательных простенках на ней составляли 1220-1260 °С, а период коксования для влажной шихты – 29 ч. При коксовании термически подготовленной шихты период коксования составлял 19 ч. На коксовой батарее № 1 при температурах в обогревательных простенках 1350-1370 °С период коксования составлял 15 ч при коксовании влажной шихты и 10,5-11,0 ч при коксовании нагретой шихты [4]. За период освоения загружено более 20 тыс. печей, проведено две серии опытных доменных плавков.

После отработки основных параметров процесса термической подготовки шихты, ее загрузки и коксования на коксовой батарее № 1 было принято решение и начато строительство комплекса коксовой батареи № 4 с УТПШ. Проектная документация комплекса выполнена ОАО «Косохимпроект» по технологическому заданию УХИНа.

Строительство комплекса коксовой батареи включает в себя два этапа:

- строительство собственно коксовой батареи № 4 с первоочередными объектами с пуском ее в январе 2011 г.;
- частичная модернизация существующей УТПШ с увеличением ее производительности на 30 % и

строительство второй установки термической подготовки шихты производительностью 90 т/час.

До ввода второй установки в эксплуатацию резервным вариантом будет загрузка батарей влажной шихтой.

Конструкция коксовой батареи учитывает особенности коксования ТПШ:

1. При высоте камеры 4,3 м средняя ширина камер увеличена до 480 мм, а печной шаг составляет 1300 мм. С учетом увеличенной толщины перекрытия (1316 мм) и конусности (60 мм) это позволит при более высоком давлении коксования обеспечить необходимую конструкционную прочность батарей.

2. Для снижения уноса угольной пыли с газами загрузки и в первые 30-40 мин после загрузки диаметр газоотводящих колодцев стоек увеличен с традиционного размера 380 мм до 450 мм, т.е. площадь сечения увеличена в 1,4 раза, что снижает скорость протекающих газов. Диаметр проходного сечения трубы стойка – 480 мм;

3. С коксовой стороны предусмотрен круглый газосборник диаметром 1420 мм со встроенными клапанными коробками. На период загрузки печей и в первые 30-40 мин коксования, а также за 1,0 ч до выдачи клапанные коробки соответствующих печей будут включены в газосборник с коксовой стороны, а остальные печи отключены. Соответственно, на период загрузки и в первые 30-40 мин коксования свежезагруженных печей клапанные коробки газосборника с машинной стороны будут отключены. Тогда запыленные газы, проходя через газосборник, а затем через подсводное пространство пяти-шести печей, близких к выдаче, за счет потери скорости газа будут очищаться от угольной пыли и поступать в газосборник с машинной стороны.

Надсмольная вода газосборника с коксовой стороны содержит преимущественно мелкие угольные частицы, поэтому ее освещение отличается от традиционного. Эвакуация надсмольной воды от газосборника будет производиться на закрепленный индивидуально механизированный осветлитель.

4. Бездымная загрузка коксовых печей обеспечивается системой гидроньжекции эвакуируемых газов в сочетании со специальным термостойким уплотнением примыкания телескопов загрузочного вагона к раме загрузочного люка печи.

5. Уклон газосборника с машинной стороны (6 мм на один погонный метр) выполняется к середине. В середину газосборника непосредственно врезается газопровод прямого коксового газа диаметром 1420 мм. Это решение позволяет обеспечить отвод конденсата из газосборника без отдельных трубопроводов обратной аммиачной воды со специальными гидрозатворами.

Проектом верха батарей предусматривается отвод коксового газа при работе КБ № 4 на влажной шихте по классической схеме – двумя газосборниками. Для этого

газосборник с коксовой стороны соединен отдельным перекидным газопроводом (ДУ 1400) с общим газопроводом прямого коксового газа (ДУ 1600). При переходе на работу с ТПШ перекидной газопровод отключается запорной газовой арматурой.

Новая углезагрузочная машина (УЗМ) функционально предназначена для загрузки в камеры коксования как термически подготовленной, так и влажной шихты. Для этого, помимо двух крайних бункеров под ТПШ, при работе с влажной шихтой предусмотрен и третий (средний) бункер.

Оборудование коксовой батареи позволяет оперативно в течение одного часа без задержек переводить коксовую батарею в режим коксования как термоподготовленной шихты, так и влажной (температурный и гидравлический режим батареи не меняются).

Габариты предыдущей коксовой батареи позволяют иметь в составе новой 53 печные камеры. При работе с влажной шихтой полезный объем камеры составит 25,2 м³, а с ТПШ – 24,3 м³ (вследствие увеличения высоты подсводного пространства с 300 до 500 мм).

Расчетная годовая мощность батареи на ТПШ при содержании в ней летучих веществ $V^{daf} = 29,5\%$ и при обороте печей, равном 14,2 ч, составит 500,0 тыс. т в год валового кокса с влажностью 6 %, а при работе с влажной шихтой – 377,0 тыс. т.

Будет выполнен ряд работ по частичной модернизации существующей УТПШ, связанных, в основном, с повышением ее производительности.

Так, с этой целью необходимо заменить двигатель на циркуляционном нагнетателе с установкой частотного регулятора оборотов. Установка регулятора позволит увеличить обороты рабочего колеса нагнетателя до 1800 об/мин, что позволит иметь запас как по производительности вентилятора, так и по его напору. Кроме того, плавное изменение числа оборотов двигателя позволит плавно регулировать производительность вентилятора, что энергетически более выгодно, чем регулировка при помощи дросселирующих устройств. Увеличение числа оборотов двигателя до 1800 об/мин потребует изготовления нового рабочего колеса вентилятора с улучшенными прочностными характеристиками.

Шлюзовые питатели под разгрузочными камерами первой и второй ступеней нагрева не рассчитаны на производительность 80 т/час, а отечественная промышленность не выпускает шлюзовые питатели производительностью более 50 т/час. Поэтому необходимо установить спаренные шлюзовые питатели под разгрузочными камерами. Опыт применения спаренных шлюзовых питателей под бункером-накопителем показал, что подобное техническое решение повышает надежность работы установки, улучшает ремонтоспособность и повышает безопас-

ность эксплуатации при аварийной остановке одного из питателей.

КБ № 4 характеризуется увеличенным объемом камер коксования. Поскольку бункера-дозаторы УТПШ рассчитаны на меньший объем (21,6 м³), то при работе УТПШ с КБ № 4 необходимо нарастить высоту бункеров-дозаторов на 450 мм.

Будет приобретен и установлен частотный регулятор оборотов двигателя шнека-забрасывателя.

Будет выполнена реконструкция газоочистной установки (ГОУ), с целью уменьшения габаритов аппаратов.

От момента остановки УТПШ до запуска КБ № 4 пройдет около 2^х лет. Поэтому будут проведены тщательная ревизия и ремонт (при необходимости) всех механизмов. Существенный ремонт должны пройти системы КИПиА. Частичную замену и ремонт должны пройти электрические цепи механизмов, датчиков и блокировок.

И два слова об экономике.

Как показывают расчеты, из двух главных факторов, улучшающих экономические показатели КБ № 4 при работе с термически подготовленной шихтой в сравнении с влажной, решающим является расширение и удешевление сырьевой базы коксования за счет роста долевого участия низкоспекающихся углей на 30-40 %. Себестоимость одной тонны кокса снижается на 15-17 долларов США. И это не считая дополнительной эффективности за счет более прочного кокса в доменном производстве. Проявление второго фактора (повышение производительности батареи на термодобавленной шихте на 25-30 %) не так велико – 2-3 доллара США на тонну кокса (за счет снижения условно-постоянных расходов).

Если же не гнаться за ростом производительности батареи, то, при прочих равных условиях, коксование ТПШ (в сравнении с коксованием влажной шихты) может производиться при гораздо более низких температурах в системе обогрева (на 100 °С и более). Это значительно снизит содержание NO_x в продуктах горения отопительного газа. Последний фактор когда-либо также может стать экономически важным.

Библиографический список

1. Старовойт А.Г. Перспективы внедрения технологии выплавки чугуна с применением пылеугольного топлива // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2010. – № 2. – С. 41-42.
2. Васильев Ю.С., Долгарев Г.В., Гордиенко А.И., Базов С.В. Расширение сырьевой базы и интенсификация процесса коксования благодаря термической подготовке шихты. // *Кокс и химия*. – 2003. – № 11. – С. 11-13.
3. Васильев Ю.С., Гордиенко А.И., Долгарев Г.В. Опыт промышленного использования термической подготовки угольной шихты перед коксованием. // *Кокс и химия*. – 2008. – № 7. – С. 22-25.
4. Гордиенко А.И., Редин В.А., Долгарев Г.В., Чаленко В.И., Вегеря И.Н. Опыт освоения и эксплуатации опытно-промышленной установки термической подготовки шихты на ОАО «Ясиновский коксохимический завод». // *Углехимический журнал*. – 2008. – № 5-6. – С. 22-25.
5. Васильев Ю.С., Гордиенко А.И., Долгарев Г.В., Юшков Е.А., Дудяк В.Н. О влиянии качества кокса, полученного из термодобавленных шихт, содержащих слабоспекающиеся угли, на эффективность доменного процесса, использующего ПУТ // *Углехимический журнал*. – 2008. – № 5-6. – С. 38-40.
6. *Новости черной металлургии за рубежом*. – 2007 – № 1. – С. 15-18.
7. Грищенко С.Г., Гордиенко А.И., Саранчук В.И., Збыковский Е.И., Дудяк В.Н., Шевченко А.А. Производство видов высокорреакционного недоменного кокса из термодобавленных шихт на типовых батареях с горизонтальными печами и их испытания // *Углехимический журнал*. – 2008. – № 5-6. – С. 41-45.
8. Ильяшов М.А., Гордиенко А.И., Збыковский Е.И., Старовойт А.Г., Ковалев Е.Т., Васильев Ю.С. Направления использования коксохимических мощностей переработки каменных углей. // *Кокс и химия*. – 2009. – № 6. – С. 28-32.

Рукопись поступила в редакцию 17.12.2009