

Внедрение энергосберегающих технологий в литейном производстве Беларуси

Задача снижения энергоемкости продукции при постоянно растущих ценах на энергоносители с каждым годом становится все более актуальной.

Литейное производство является наиболее энергоемким технологическим процессом в машиностроении. В структуре стоимости отливки до 25% составляют затраты на энергоносители. Снижение этой доли существенным образом сказывается на себестоимости конечного изделия.

Среди основных путей энергосбережения и сокращения затрат на энергоносители наиболее эффективными являются:

- использование вторичных энергоресурсов (ВЭР);
- применение альтернативных, более дешевых источников энергии.

Основной потребитель энергии и в то же время главный источник ВЭР в литейном производстве — плавильные и нагревательные печи. Большинство топливных плавильных агрегатов, используемых в республике, имеют тепловой КПД на уровне 35–45%, у термических печей этот показатель находится в пределах 25–30%, а нагревательные печи, работающие на жидком или газообразном топливе, имеют тепловой КПД всего 7–12%. При этом энергия, не используемая в технологическом процессе, не просто теряется, но выбрасывается вместе с отходящими газами в атмосферу, загрязняя окружающую среду.

Таким образом, утилизация ВЭР важна как с точки зрения энергосбережения, так и с позиций охраны природы.

Существует несколько способов утилизации ВЭР, содержащихся в отходящих газах: подогрев воздуха для технологических целей или отопления цеха, нагрев воды для технологических или бытовых нужд. Каждый из них имеет свои особенности и технические средства, выбор определяется экономическими показателями и конкретными заводскими условиями. В первом приближении можно считать, что с помощью рекуператоров и воздухоподогревателей можно использовать 60–70% тепла отходящих газов, имеющих температуру 700–1100 °С, охладив их, таким образом,

до 120–180 °С. Водоподогреватели (экономайзеры) позволяют получать даже несколько большую эффективность утилизации тепла — до 70–75% и использовать низкотемпературные отходящие газы (со средней температурой 150–200 °С). Вместе с тем использование воздухоподогревателей носит сезонный характер, а установки подогрева воды требуют ресиверов, компенсирующих несинхронность подачи и потребления воды.

Использование горячего воздуха для других технологических агрегатов, например для сушки песка, предварительного нагрева заготовок, сушки стержней после покраски и т.п., предполагает параллельный режим работы и уменьшает маневренность оборудования. Как правило, в подобных случаях необходимо сохранять альтернативные источники тепла — газовые горелки, электронагреватели и т.п.

Рекуперация (возврат) части тепловой энергии в печь — один из наиболее рациональных способов использования высокотемпературных (≥ 700 °С) ВЭР, и хотя термический КПД большинства рекуператоров не превышает 30–40%, их использование сохраняет автономность печной установки, обеспечивает сокращение удельного расхода топлива и позволяет существенно улучшить технологические и экологические характеристики печи.

Наиболее эффективным является объединение систем, реализующих в себе все перечисленные способы утилизации ВЭР, что позволяет довести тепло-

вой КПД плавильной или нагревательной установки до 75–80%.

Примером реализации такого комплексного подхода может служить проект, разработанный научно-производственным предприятием «Технолит» в сотрудничестве с кафедрой «МитЛП» ГГТУ им. П.О.Сухого для цеха по переработке аккумуляторного лома и выплавке свинцовых сплавов ООО «Эрни» в г. Волковыске (рис. 1). Высокотемпературные ($t_{ср} \sim 700\text{--}800$ °С) газы, отходящие от жидкотопливной барабанной печи для выплавки чернового свинца, используются для подогрева дутьевого воздуха в рекуператоре конвективного типа, затем поступают в водоподогреватель и после — в ротационное сушило (при $t = 250\text{--}300$ °С), где обеспечивают удаление избыточной влаги и нагрев шихты — шлама, содержащего свинец.

В результате суммарный коэффициент полезного использования жидкого топлива, сжигаемого в барабанной плавильной печи, составил около 75%. Рекуперация тепла отходящих газов при нагреве дутья до 350–400 °С позволяет сократить расход печного топлива примерно на 20% при сохранении номинальной производительности плавильной печи, использование отходящих газов для сушки шихты исключило необходимость установки автономной горелки мощностью 0,15–0,2 МВт (с соответствующим расходом 15–20 л/час печного топлива) в ротационном сушиле, а водоподогреватель, включенный в систему, позволяет полу-

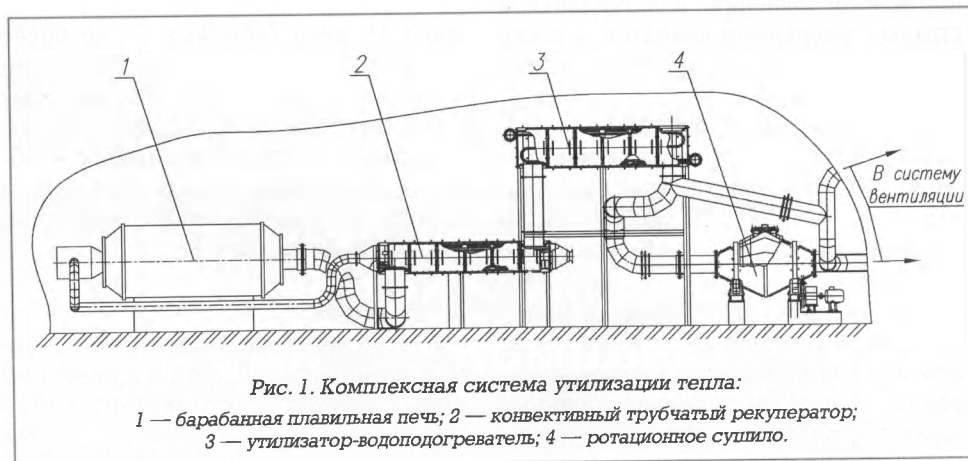


Рис. 1. Комплексная система утилизации тепла:

1 — барабанная плавильная печь; 2 — конвективный трубчатый рекуператор;
3 — утилизатор-водоподогреватель; 4 — ротационное сушило.

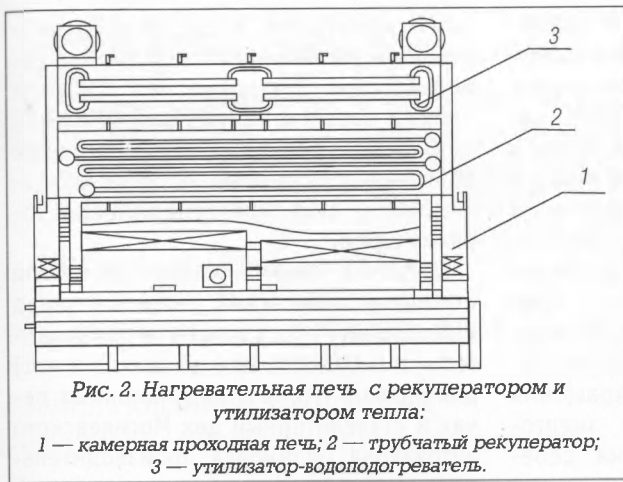


Рис. 2. Нагревательная печь с рекуператором и утилизатором тепла:

1 — камерная проходная печь; 2 — трубчатый рекуператор; 3 — утилизатор-водоподогреватель.

чить около 1 м³ горячей (80-85 °С) воды в час и обеспечивает потребности всего цеха без использования автономных нагревателей или внешнего источника горячей воды. Ожидаемый экономический эффект от внедрения такого комплексного решения проблемы снижения энергозатрат за счет использования ВЭР по предварительным расчетам составляет около 50 тыс. долларов США в год. Первая очередь плавильного участка по переработке аккумуляторного лома введена в эксплуатацию в сентябре 2004 г.

Аналогичные комплексные решения были разработаны УП «Технолит» и кафедрой «МиТЛП» ГТУ для нагревательных газовых печей (рис. 2) и для ваграночных установок (рис. 3). Однако внедрение таких комплексов — достаточно дорогостоящая задача, стоимость их превышает стоимость самой печи в 10-15 раз. Несмотря на высокий экономический эффект и относительно небольшой срок окупаемости (9-12 мес.), в нынешней сложной экономической ситуации немногие предприятия республики могут

позволить себе строительство таких систем.

Учитывая это обстоятельство, авторами были разработаны относительно простые, существенно более дешевые и достаточно эффективные схемы модернизации существующих плавильных и нагревательных печей. Их внедрение позволяет за счет сокращения затрат на энергоносители накопить средства на последующее развитие систем комплексного использования ВЭР. При этом все

агрегаты первого этапа модернизации используются и в комплексных системах.

Предлагаемая модернизация действующих вагранок предполагает:

— оснащение печи двухходовым радиационным встроенным рекуператором (рис. 4), который обеспечивает подогрев дутьевого воздуха до 300-350 °С;

— установку или модернизацию существующего узла дожигания, оборудование его автоматикой безопасности и системой рационального расходования газа, что обеспечивает стабильное горение отходящих ваграночных газов при минимальном расходе природного газа на их поджигание;

— реконструкцию завалочного окна с целью снижения избыточных подсосов воздуха и повышения температуры в зоне горения отходящих газов;

— автоматизацию контроля и управления работой вагранки, в том числе уровнем завалки шихты, что обеспечивает стабилизацию режимов плавки и улучшение управляемости агрегата;

— в случае необходимости реконст-

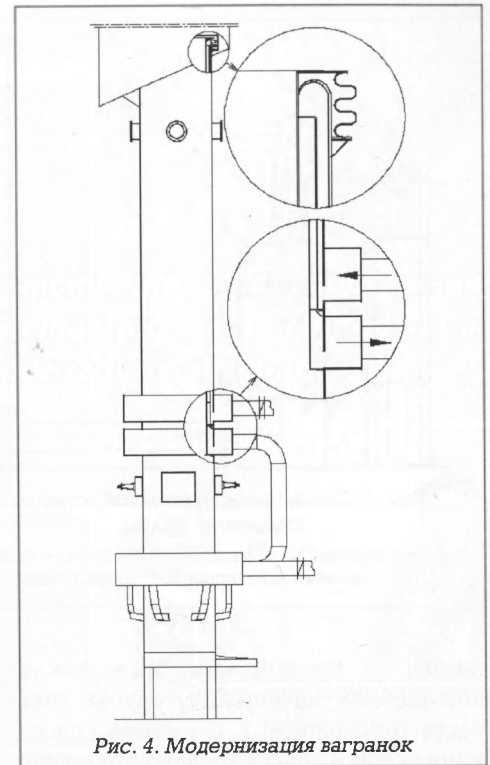


Рис. 4. Модернизация вагранок

рукцию или переоборудование системы завалки шихты.

Такая модернизация обеспечивает существенное повышение технико-экономических показателей ваграночной установки:

— тепловой КПД возрастает с 40-45 до 55-60%;

— средний расход кокса снижается на 20-25% — со 180-200 кг на 1 т металлозавалки до 140-150 кг;

— средний расход природного газа на узле дожигания стабилизируется на уровне 2-3 м³ на 1 т жидкого металла;

— температура дутьевого воздуха 300-350 °С;

— температура чугуна на желобе 1380-1400 °С;

— время выхода на рабочую температуру дутья 25-35 мин.;

— уровень СО на выходе из печи не более 0,015%, уровень пыли и других вредных веществ в пределах норм ПДВ;

— ликвидация выбросов в колошниковой зоне вагранки.

Затраты на осуществление описанной схемы модернизации составляют примерно 20-30 тыс. долларов США в зависимости от размеров и производительности вагранки. Экономический эффект только от снижения удельного расхода кокса составляет около 12-13 долларов на тонну выплавляемого чугуна. При годовой программе выплавки на уровне 10000 т жидкого чугуна экономический эффект составляет около 120-130 тыс. долларов, причем это без учета допол-

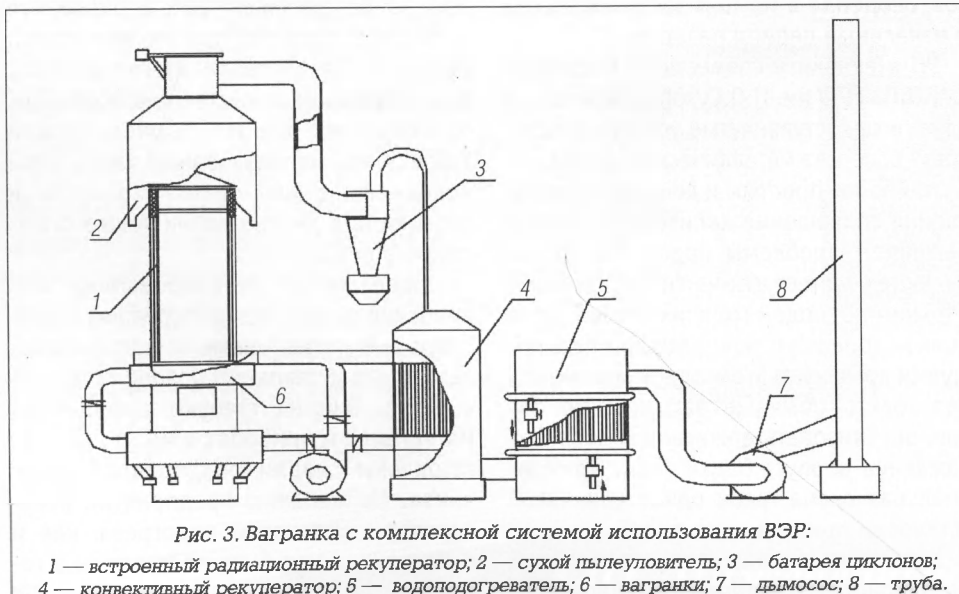


Рис. 3. Вагранка с комплексной системой использования ВЭР:

1 — встроенный радиационный рекуператор; 2 — сухой пылеуловитель; 3 — батарея циклонов; 4 — конвективный рекуператор; 5 — водоподогреватель; 6 — вагранки; 7 — дымосос; 8 — труба.

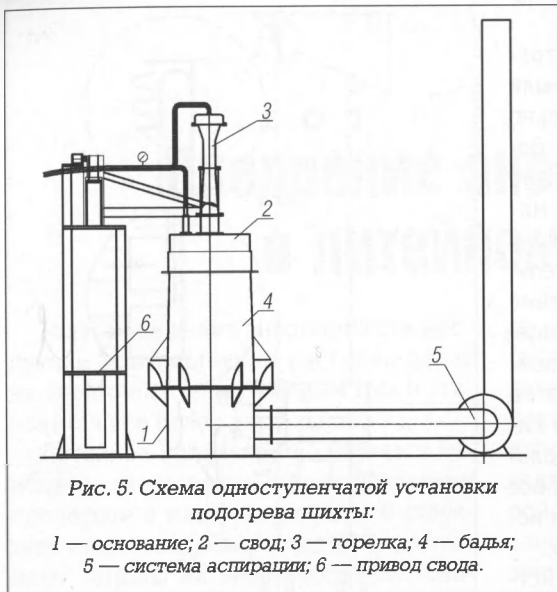


Рис. 5. Схема одноступенчатой установки подогрева шихты:

1 — основание; 2 — свод; 3 — горелка; 4 — бадья;
5 — система аспирации; 6 — привод свода.

нительных преимуществ, связанных с повышением качества чугуна за счет роста температуры и снижения содержания серы и других вредных примесей, переходящих в металл из кокса, снижением выбросов CO и других вредных веществ в атмосферу.

В соответствии с представленной схемой в 2003 г. была модернизирована 12-тонная вагранка на Минском автомобильном заводе, в 2004 г. — 8-тонная вагранка на Могилевском металлургическом заводе.

На обеих вагранках получили подтверждение высокие проектные показатели роста энергетической эффективности агрегатов. Положительным опытом белорусских литейщиков уже заинтересовались многие российские и украинские предприятия.

Второй путь сокращения удельных затрат на энергоносители при производстве продукции — применение альтернативных, более дешевых источников энергии — связан в первую очередь с существенной разницей в стоимости энергоносителей. В Беларуси, России и других странах СНГ стоимость 1 кДж тепла, полученного при преобразовании электроэнергии, в 8-10 раз выше стоимости 1 кДж, полученного при сжигании газа, и в 2-4 раза выше, чем при сжигании жидкого топлива и кокса.

Особенностью работы электропечей является высокий термический КПД (до 80%), когда емкость тигля ванны заполнена жидким расплавом. Однако при нагреве и расплавлении твердой металлозавалки КПД электропечей существенно снижается и не превышает 25-30%.

В то же время нагрев слоя металлошихты в потоке горячих газов при раци-

ональной организации движения газов является весьма эффективным: КПД такого нагрева до температур 500-600 °C достигает 60%. С учетом этого, а также существенной разницы в стоимости электроэнергии и природного газа предварительный газовый нагрев металлошихты при электроплавке чугуна и стали можно считать простым, надежным и эффективным способом сокращения удельных затрат на энергоносители и снижения себестоимости отливок.

При расходе 13-16 м³ газа на нагрев 1 т шихты до температур 500-600 °C затраты электроэнергии на расплавление 1 т стали или чугуна сокращаются на 120-160 кВт·ч. Помимо сокращения расхода электроэнергии снижается время плавки и, как следствие, на 20-25% увеличивается производительность печей, повышается безопасность ведения плавки (исключается попадание влажной и загрязненной маслами шихты в печь), сокращается угар металла, расход электродов, снижается количество вредных выбросов пыли и газов. Улучшение экологической ситуации при внедрении систем подогрева шихты обусловлено также лучшими условиями очистки газов: в установках подогрева шихты реализуется точечный отсос газов, образующихся при сгорании масел, пыли, неметаллических веществ, загрязняющих поверхность шихты, в то время как при отсутствии установок подогрева очистку приходится осуществлять от нескольких источников (плавильных печей) с неорганизованным отбором газов, особенно в момент загрузки шихты и начальный период разогрева.

УП «Технолит» совместно с кафедрой «МитЛП» ГГТУ им. П.О.Сухого разработали двух- и одноступенчатые установки газового подогрева металлической шихты.

Наиболее простым и дешевым с точки зрения сокращения капитальных затрат решением проблемы подогрева шихты являются одноступенчатые установки с верхним подводом горячих газов и установкой горелок в поворотную опускающую крышку. В этом случае можно использовать обычные загрузочные бадьи, организовать дожигание газов, охлаждение корпуса бадьи и т.п. Принципиальная схема такой одноступенчатой установки приведена на рис. 5.

Установка оснащается автоматикой безопасности, контрольно-измеритель-

ными приборами и системой рационального расходования газа за счет использования методического режима работы горелок (снижения тепловой мощности, расхода газа по мере прогрева слоя шихты), по желанию заказчика — системой рециркуляции горячих газов.

В 2004 г. такими установками были оснащены гомельский литейный завод «Центролит» (установка производительностью 6-8 т горячей шихты в час) для плавки чугуна в индукционных печах и сталелитейный цех Могилевского автозавода (установка производительностью 15-18 т горячей шихты в час для плавки стали в электродуговых печах).

По данным заводских служб «МоАЗ», установка обеспечивает снижение энергозатрат на плавку 1 т стали на 150-160 кВт·ч электроэнергии при среднем расходе природного газа 13-14 м³ на 1 т шихты. Темп работы установки — 15-20 мин. на нагрев 5-6 т шихты в зависимости от состава. Использование установки позволяет снизить себестоимость 1 т стальных отливок только за счет сокращения затрат на энергоносители почти на 40 тыс. рублей, а ожидаемый годовой экономический эффект от использования этой установки, по произведенным заводскими службами предварительным расчетам, составляет около 200 тыс. долларов США при программе выпуска отливок 12000 т в год. Подобные установки могут работать и за счет тепла газов, отбираемых из рабочего пространства электродуговых печей, т.е. без затрат природного газа. Расход отходящих электропечных газов, отбираемых через четвертое отверстие в своде, составляет 150-250 м³/т. Содержание в них CO, т.е. скрытого химического тепла, достигает 20% и более, что позволяет получить при их дожигании (6-8)·10³ кДж/м³ тепла. Этого количества достаточно для высокотемпературного подогрева шихты. Экономический эффект при использовании таких установок еще выше, но их стоимость и сложность в эксплуатации также существенно повышаются.

Предлагаемые апробированные технические решения адаптированы к действующим плавильным и нагревательным печам и реальным условиям производства. Они не требуют дефицитных материалов и приборов и могут быть изготовлены силами предприятий-заказчиков. По желанию предприятий рекуператоры, установки подогрева, как и сами печи, могут быть поставлены в готовом виде.