Белый В.А., Волков С.Ю., Мисочка А.В.

РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Сообщение 1. Сталеплавильное производство

«AGBOR ENGINEERING LTD» (УКРАИНА)

Современные технологии металлургического передела характеризуются высоким потреблением энергоносителей. Общие (сквозные) удельные затраты интегрированного предприятия на производство металлургического продукта составляют около 24-32 ГДж/т [1]. Нижняя и верхняя границы этого диапазона близки к показателям развитых и развивающихся стран, соответственно. В какой степени оправдана столь высокая энергоемкость и как минимизировать затраты энергии, обеспечивая при этом заданный уровень качества технологического продукта? Решение этой проблемы является весьма актуальным при реализации инжиниринговых задач по техническому перевооружению технологий металлургических переделов и выбору устанавливаемого оборудования. Цель предлагаемого доклада – освещение затронутой проблемы в рамках сталеплавильного производства. Следует отметить, что цифры удельных энергозатрат, приведенные в известных источниках информации, имеют значительный разброс, а иногда и противоречивы. Это обусловлено не только отличием видов и структуры потребляемых ресурсов, особенностей эксплуатации технологических агрегатов и степени использования вторичных энергоресурсов, существенно влияющих на энергетический баланс конкретного предприятия, но и отсутствием единой методики определения энергоемкости производимого технологического продукта. Приведенные в этом докладе цифры привязаны к следующей методике. Удельные энергозатраты, отражающие величину изменения внутреннего теплосодержания 1 т технологического продукта, приведены в МДж/т (10^6 Дж/т) или ГДж/т (10^9 Дж/т). Значения удельной теплоемкости использовались в пределах 0,48-0,70 МДж/т·град (с учетом ее зависимости от температуры). Удельные затраты топлива приведены в тоннах условного топлива на 1 т производимого технологического продукта – т у.т./т (10^3 кг у.т./т). Для перевода единиц измерения различных видов энергии использовались следующие соотношения: 1 т у.т. = 29,3 ГДж = 7 Гкал = 8139 КВт×ч. Удельная теплота плавления (кристаллизации) стали принята равной 268 МДж/т. При переходе от полученной технологическим продуктом дозы внутренней энергии $E_{вн}$ к затраченному на это условному топливу $M_т$ альтернативным источником тепла с известным к.п.д. = $к_т$ использовали соотношение $M_т = E_{вн} / к_т$.

Удельное энергопотребление в процессе реализации технологий сталеплавильного передела, в зависимости от способов и структуры производства, находится в пределах 1,48 – 2,52 ГДж/т [2]. Достигнутый лучший мировой показатель 1,48 ГДж/т весьма близок к максимальному значению расчетной величины остаточного теплосодержания стали 1,46 ГДж/т и может служить точкой отсчета для оценки резервов снижение энергопотребления и поэтапного улучшения теплового баланса предприятия. Под расчетной величиной теплосодержания подразумевается остаточное (аккумулированное на момент выпуска из сталеплавильного агрегата) значение тепла передела 1 т выплавленной стали с учетом поглощенной теплоты фазового перехода и технологически необходимой теплоты перегрева расплава. Зафиксированные в рамках

отмеченного выше диапазона реальные значение энергоемкости жидкой стали фактически представляет собой интегральный результат сложения энергии потребляемых первичных и вторичных энергоресурсов с учетом тепла эндотермических и экзотермических реакций, а также неизбежных потерь. Теоретически же минимальное количество энергии, требующееся на производство стали оценивается в 2 Гкал/т (не более 8,4 ГДж/т) [3]. Очевидно, что поиски резервов снижения энергоемкости получаемой стали должны быть направлены на сокращение потребления первичных и на максимальное использование вторичных энергоресурсов. Первый вариант реализуется путем усовершенствование структуры производства с увеличением доли использования менее энергоемких способов получения стали, модернизации технологий выплавки, внепечной обработки, разливки и повсеместного внедрения систем автоматического контроля и учета потребляемых энергоресурсов. Второй вариант реализуется путем использования в качестве топлива попутно получаемых технологических газов, рекуперации и утилизации расходуемого тепла передела и прямого использования тепла продукта предыдущего передела (жидкого чугуна). Отметим, что и в одном и другом варианте главным условием успешного решения проблемы энергосбережения является обеспечение стабильно высокого качества конечного технологического продукта.

В изменение структуры сталеплавильного производства просматривается устойчивая мировая тенденция увеличения доли стали, выплавляемой в электропечах. Это обусловлено, в первую очередь, высокой технологичностью в комплексе с низкой энергоемкостью, выплавляемой в электропечах стали и высоким уровнем решения экологических проблем. И, хотя расход и стоимость электроэнергии при этом существенно выше, чем при использовании других энергоносителей (по некоторым сопоставимым оценкам стоимость электроэнергии больше стоимости энергии, получаемой при сжигании газа более чем в 2-4 раза), итоговый результат по удельным энергозатратам на 1 т стали оказывается заметно лучше. Так, использование в структуре альтернативного интегрированного предприятия электростале-плавильного производства приводит к их снижению в 1,5-2 раза (до 16 ГДж/т) [2] .

Вторая устойчивая мировая тенденция – увеличение доли стали, разливаемой на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). И, опять же, несмотря на увеличение расхода электроэнергии, капитальных и эксплуатационных затрат предпочтение отдается способу непрерывной разливки, обеспечивающему сокращение энергозатрат и высокий выход годного технологического продукта. Здесь, как и в первом случае, имеем выигрыш в энергозатразатах, с экономией около 70 кг условного топлива на 1 т заготовки (кг у.т./т) и увеличение выхода жидкой стали на 15-19 % [4]. Углубление процесса интеграции (с использованием принципа непрерывного объединения процессов плавки, непрерывной разливки и прокатки в единый технологический поток) позволяет уже сэкономить до 100 кг у.т./т. [3]. При этом также существенно улучшается экологическая ситуация за счет сокращения выбросов от нагревательных устройств подлежащего ликвидации заготовочного производства. По оценкам специалистов [5] переход на непрерывную разливку стали с учетом увеличения выхода годного и сокращения металлургического цикла позволяет сократить удельные энергозатраты на 1,59 ГДж/т.

Третья мировая тенденция снижения энергоемкости технологического продукта состоит в рациональном использовании вторичных энергоресурсов. Достаточно высокий энергетический потенциал попутно получаемых технологических и отходящих газов, а также бросовое тепло передела технологического продукта являются огромным резервом улучшения энергетического баланса и экологической ситуации на металлургических предприятиях. Использование технологических газов в качестве топлива, тепла отходящих газов для предварительного подогрева подаваемых в агрегат исходных продуктов, утилизация бросового тепла передела с последующим его использованием для технологических и бытовых нужд – вот далеко не полный перечень мероприятий, позволяющих вернуть энергозатраты, внесенные на стадии реализации технологий и, тем самым, снизить энергоемкость выпускаемого технологического продукта.

Значительный эффект снижения энергоемкости стали достигается при прямом использовании попутно получаемых технологических газов в качестве топлива. Проблемы очистки и утилизации химического тепла конвертерных газов, состоящих в основном из CO, вполне решаемы. Мировая практика сбора газа и его накопления в газгольдерах, распространенная в Японии и Западной Европе [6] – подтверждение актуальности и реальности использования этого ценного ресурса. Учитывая нестабильность концентрации CO (его максимальное содержание 90 % достигается в средний период продувки, продолжительностью около 10 минут) и его практическое отсутствие в межпродувочных паузах, нам представляется весьма перспективной разработка автономного энерготехнологического модуля когенерационного типа для выработки электроэнергии и пара с рациональными схемами аккумуляции и стабилизации параметров состояния конвертерного газа. Энергетический потенциал конвертерного газа, при использовании комбинированной схемы предусматривающей дожигание CO с концентрацией ниже 30 %, составляет около 30 кг у.т./т. При использовании когерационной установки с общим к.п.д. 87 % можно произвести около 98 кВт×ч/т электрической и 413 МДж/т тепловой энергии.

Прямое использование тепла высокотемпературных отводимых газов для подогрева металлошихты непосредственно в газоходе сталеплавильного агрегата позволяет существенно снизить потребление энергоресурсов, ускорить процесс выплавки и снизить количество неорганизованных выбросов. Оценка сокращения энергозатрат за счет предварительного нагрева металлолома до 1000 ^{0}C дает внушительный результат – около 0,6 ГДж/т сэкономленной энергии. При использовании горелочных устройств, обладающих к.п.д. = 50 %, для передачи такого количества тепла потребуется дополнительно затратить внутри сталеплавильного агрегата более 20 кг у.т./т.

Установка в газоотводящих трактах котлов-утилизаторов дает возможность существенно пополнить энергетический баланс предприятия и, тем самым, снизить энергоемкость получаемой стали за счет использования утилизируемого тепла для технологических и бытовых нужд. Ориентировочная оценка реального восполнения энергозатрат – около 0,08 ГДж/т, что, при использовании альтернативного источника тепла для нагрева теплоносителя с к.п.д. 40 %, соответствует экономии 6,8 кг у.т./т.

Следует отметить, что в последние годы появилось много новых видов и способов получения стали, многие из которых имеют улучшенные показатели по удельным энергозатратам. При выборе способа предпочтение практически всегда отдают тому, который при приемлемой энергоемкости получаемой стали, обладает высокой технологичностью, гарантирующей более высокий уровень выхода годного продукта.

Не стандартный подход к решению проблемы энергосбережения путем сокращения тепловых потерь реализован на ОАО «Мечел», где строительство МНЛЗ осуществлено за пределами сталеплавильного производства [7]. При этом технологическая схема грузопотоков предусматривает транспортировку жидкой стали в ковше на расстояние до 2 км в отделение непрерывной разливки стали, расположенное перед нагревательными печами прокатного производства. Учитывая то, что тепловые потери при транспортировке расплава в ковше почти на порядок меньше чем при транспортировке сортовых заготовок и то, что существующее расположение сталеплавильного и прокатного производств практически не позволяет реализовать процесс прямой прокатки, такое решение позволяет максимально использовать тепло сталеплавильного передела.

Определенный резерв снижения энергоемкости стали также представляет утилизация отходов с переработкой жидких сталеплавильных шлаков и использованием их тепла.

© Белый В.А., Волков С.Ю.,
Мисочка А.В., 2010

Повідомлення надійшло до редколегії 02.04.2010 р.