

Б. П. Крикунов, А. В. Дорофеев, Ю. А. Богославский, А. В. Алексеев, Ю. В. Петров, В. Е. Попов, Е. В. Дмитриев, А. Т. Яковенко

Филиал «Металлургический комплекс» ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод», Донецк

Энергосберегающие технологии

Предложен способ теплоизоляции компенсационного слоя доменных воздухонагревателей огнеупорным фетром. Для сталеплавильного цеха разработана автоматическая система управления режимом разогрева сталеразливочных ковшей (АСУ ТП). Описаны вычислительная техника и программируемые логические контроллеры АСУ ТП мартеновских прокатных печей.

Ключевые слова: воздухонагреватель, огнеупорный фетр, люк купола, обдув купола, горячее дутье, агрегат «ковш-печь», машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), сталеразливочный ковш, промежуточный ковш, коэффициент расхода воздуха, программный логический контроллер, методическая печь, АСУ ТП, горелочные устройства, визуализация параметров работы

Доменный цех

Способ восстановления теплоизоляции куполов доменных воздухонагревателей. Доменный цех, имеющий две печи объемом 1033 м³, использует семь воздухонагревателей, габариты которых довольно внушительные: высота 40 м и диаметр – 9, площадь нагрева насадки 28 тыс. м² (каждого воздухонагревателя); они расходуют до 30000 м³/ч доменного газа и нагревают дутье до 1100 °С.

Длительная работа (10-15 лет) воздухонагревателей под давлением дутья до 2,5 атм приводит к уменьшению срока их службы. При переводе с дутьевого периода на газовый и обратно горячее дутье способствует постоянному износу кладки, ухудшению ее газоплотности, из-за чего образуется перегрев, в первую очередь кожухов куполов, до 250-300 °С. А капитальный ремонт требует больших производственных затрат.

Первоначально места перегрева кожухов куполов охлаждали компрессорным воздухом. Этот способ охлаждения, хотя и действенный, является дорогостоящим, так как на один воздухонагреватель подается до 900 м³/ч воздуха.

Для исключения затрат, связанных с расходом компрессорного воздуха, в компенсационном слое купола решили установить теплоизоляцию – огнеупорный фетр марки МКРФ-100, состоящий из Al₂O₃ и SiO₂, выдерживающий температуру 1150 °С.

Укладку пакетов фетра массой 10-15 кг производили при сниженном расходе топлива через центральный люк сверху на футеровку купола, плотно уложив их друг на друга [1]. По этой технологии произвели ремонт всех воздухонагревателей цеха.

Преимущества данного способа – отсутствие сложных механизмов и специальной оснастки, быстрое восстановление изношенного компенсационного слоя купола, высокая эффективность из-за низкой стоимости фетра и ремонтных работ; способ позволяет снизить температуру купола с 200-300 °С до проектной – 100-150 °С и получить экономический эффект за счет неиспользования для обдува кожухов дорогостоящего компрессорного воздуха на обдув блока воздухонагревателей.

Сталеплавильный цех

Автоматическое управление режимом разогрева сталеразливочных ковшей. В мартеновском цехе построен и введен в эксплуатацию агрегат «ковш-печь», модернизировано ковшовое хозяйство с освоением новых технологий. На высвободившихся площадях разливочного пролета установили четыре стенда высокотемпературного разогрева сталеплавильных ковшей.

Стенд оснащен двумя горелками низкого давления типа ГНД-100 с двухстадийной подачей атмосферного воздуха, нагнетаемого вентилятором.

Замер температуры производят термпарой ТПП 401, установленной в крышке (своде) вертикального стенда. Установка работает до 15 ч в сутки, среднечасовой расход природного газа – 200 м³/ч.

Ранее разогрев проводился в ручном режиме, посредством зажигания горелок и установки номинального расхода газа, при этом соотношение газ-воздух устанавливали из расчета 1:10. Разогрев сталеразливочных ковшей при таком тепловом режиме производился со сравнительно высоким расходом природного газа.

С целью экономии природного газа специалистами нашего предприятия предложено проводить разогрев ковшей в автоматическом режиме, исключив при этом влияние человеческого фактора и обеспечив оптимальные условия для службы огнеупорной футеровки. Таким образом, при достижении заданной температуры футеровки автоматически осуществляется корректировка расхода газа и воздуха на горение с учетом тепла, аккумулированного огнеупорной футеровкой [3].

Непрерывное измерение технологических параметров в ковше, контроль, сравнение, формирование сигналов управления исполнительными механизмами осуществляли при помощи программного логического контроллера, который по заранее установленным оптимальным данным обеспечивает необходимый расход топлива в реальном режиме времени для сжигания воздуха с предельно допустимым коэффициентом его расхода (α) 1,05-1,10 и гарантирует допустимую температуру нагревания огнеупорной футеровки 900-1100 °С.

После ввода в эксплуатацию АСУ произведена

наладка теплового режима и определение оптимального соотношения расходов газа и воздуха.

Технологические параметры нагрева ковшей: температура внутренней поверхности футеровки ковша (t_c), температура футеровки после предыдущего нагрева ($t_{ак}$), коэффициент нагрева воздуха (α), фактическое время нагрева (τ), расход природного газа (V_r), экономия природного газа (ΔV_r), количество наливов металла (n) представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, реализация предложенного

после холодного ремонта и реконструкции была введена в эксплуатацию с установкой АСУ ТП [3]. Результаты работы печи приведены в табл. 2. Затем ввели в работу с АСУ ТП и остальные печи.

АСУ построена на базе современной вычислительной техники и программных логических контроллеров (ПЛК) фирмы Siemens, по иерархическому принципу и имеет три уровня.

Система выполняет следующие функции: автоматически управляет тепловым режимом мартеновской печи по периодам плавки; рассчитывает задания по расходу турбинного воздуха, природного, коксового газа в инжектор и вентиляторного воздуха в режиме автоматического управления тепловым режимом печи; вычисляет тепловой нагрузки по расходам энергоносителей;

Таблица 1

Технологические параметры нагрева ковша емкостью 115 т

Вариант	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_{ак}, ^\circ\text{C}$	α	$\tau, \text{ч}$	$V_r, \text{м}^3/\text{ч}$	$\Delta V_r, \text{м}^3/\text{ч}$	$n, \text{наливов}$
До внедрения	1000	500	1,30	5,3	173,6	–	76
После внедрения	1100	700	1,05	2,1	133,8	39,8	80

способа использования тепла, аккумулированной огнеупорной футеровкой в предыдущем нагреве и сжигания природного газа с предельно допустимым коэффициентом нагрева воздуха $\alpha = 1,05$, позволила сократить продолжительность разогрева ковшей, снизить расход топлива для обеспечения необходимой температуры их футеровки до 40 м³/ч на каждом нагреве и повысить стойкость сталеразливочных ковшей на 5 %.

Внедрение автоматической системы управления при выплавке стали. Мартеновские печи завода емкостью 150 т используют выносные горелочные устройства – реформаторы. В них частично производится разложение природного газа для получения ярко светящегося факела и минимально образование окислов азота. Расход природного газа в реформатор – 1100-1200 м³/ч, и турбинного воздуха – 4000-4300 м³/ч.

Остальная часть топлива, природный газ, подается через инжектор для достижения необходимой тепловой нагрузки до 26,0 Гкал/ч. Удельный расход условного топлива на печь составлял до 167 кг/т стали. Столь высокий удельный расход условного топлива связан со многими факторами, главные из которых – низкий КПД мартеновской печи (25-30 %) и отсутствие автоматической системы регулирования теплового режима печи.

В январе 2005 г. мартеновская печь № 5 (МП № 5)

уменьшает количество эксплуатируемого приборного оборудования; существенно сокращает площади, занимаемые оборудованием АСУ ТП, по сравнению с ранее существовавшими средствами контрольно-измерительной аппаратуры и автоматики; реализует алгоритмы контроля и управления тепловым режимом за счет использования ПЛК вместо релейных схем управления; обеспечивает персонал более полной, достоверной и своевременной информацией о ходе технологического и теплотехнических процессов.

Технико-экономические показатели работы и количество вредных выбросов в атмосферу МП № 5 до и после внедрения АСУ ТП представлены в табл. 2.

Прокатный цех

Автоматическая система управления режимом нагрева методических печей. В 2006-2009 гг. после капитальных ремонтов введены в эксплуатацию нагревательные методические печи № 1, 2 и 3 стана 2300 с применением комплексной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

В разработке АСУ ТП принимали участие специалисты завода из управления автоматизации и механизации, прокатного цеха, центральной исследовательской лаборатории и службы Энергонадзора [4].

Таблица 2

Технико-экономические показатели работы и количество вредных выбросов в атмосферу МП № 5 до и после внедрения АСУ ТП

Наименование	До внедрения АСУ ТП	После внедрения АСУ ТП
Суточное производство стали, т/сут.	539,6	630,2
Длительность плавки, ч	6,70	6,67
Тепловая нагрузка, Гкал/ч	26,1	22,6
Удельный расход:		
– условного топлива, кг/т	167,1	142,5
– кислорода в факел, м ³ /т	63,0	69,0
Средняя величина вредных выбросов, концентрация (мг/м ³):		
– окислы азота (NO _x)	1182	788
– окись углерода (CO)	50	0,0

Контроллер автоматически регулирует температуру по зонам в следующих режимах: «работа» – основной режим работы – ПЛК поддерживает заданную оператором с РС температуру; «простой» – используется для организации работы печи во время простоя – нагреватель задает температуру и время простоя, а система линейно изменяет температуру в течение времени простоя; «разогрев» – применяется для разогрева печи после ремонта – оператор задает с РС график разогрева, а контроллер обрабатывает его.

Для каждой печи регулирование соотношения газ-воздух осуществляется за счет управления расходом воздуха в ручном, локальном и автоматическом режимах индивидуально для томильной, верхней и нижней сварочных зон.

В ручном режиме нагреватель управляет расходом воздуха с панели КИПиА.

В автоматическом режиме контроллер регулирует соотношение газ-воздух по зонам печей согласно результатам, полученным в теплотехнической лаборатории.

Расход газа и воздуха рассчитывается по перепаду давления на диафрагме газа и воздуха с корректировкой по давлению и температуре. В случае выхода из строя датчика давления или температуры корректировка по соответствующему параметру автоматически отключается. При возобновлении нормальной работы датчика корректировка автоматически включается.

Результаты работы печи № 3, работающей на природном газе, приведены в табл. 3, из которой видно, что внедрение АСУ ТП позволяет снизить удельный расход условного топлива и, следовательно, расход тепла даже при некотором снижении производства проката. Выбросы вредных веществ NO_x и CO ниже допустимых нормативных величин.

Нагрев сортовых непрерывнолитых заготовок в методических печах. Нагрев перед прокаткой сортовой заготовки из углеродистой стали оказывает существенное влияние на качество металла. Перегрев, пережог, недогрев, трещины от температурных напряжений, повышенный угар приводят к ухудшению механических и эксплуатационных свойств металла, ухудшению качества поверхности и, как следствие, к снижению сортности и конкурентоспособности проката.

Выбор режимов нагрева заготовок в методической печи зависит от физических и физико-химических свойств стали: химического состава, коэффициента теплопроводности, плотности, температурных напряжений в начальном периоде нагрева, формы и размера заготовок, а также времени нагрева, распределения тепла по зонам печи и других технико-экономических показателей, которые определяются в основном расчетным путем.

По способу нагрева сортовой непрерывнолитой заготовки углеродистой стали температуру дополнительно определяют по диаграмме состояния сплавов железо-углерод ($Fe-Fe_2C$) в зависимости от содержания углерода (C , %) в стали находят температуру начала и конца нагрева в печи. Дозвтектоидную сталь нагревают выше точки AC_3 (линия $G-S$) на $50-70\text{ }^\circ C$, конечную температуру – ниже линии $NIES$ на $150-200\text{ }^\circ C$. Поэтому углеродистая сталь имеет температуру нагрева ($^\circ C$) в начале печи в пределах $840-950$, в конце – $1180-1260$ и по зонам не должна превышать 1260 (табл. 4) по причине свариваемости боковых граней заготовок [5].

Из расчетов нагрева металла и практических данных видно, что при работе с непрерывнолитой заготовкой в сравнении с горячекатаной в зависимости от производительности температура по зонам печи

Таблица 3

Режим работы печи № 3 стана 2300 с использованием АСУ ТП

Наименование	За год работы	
	до внедрения АСУ ТП	после внедрения АСУ ТП
Производство проката, тыс. т	162,6	161,0
Удельный расход условного топлива, кг/т	143,0	128,0
Расход тепла, т усл. т.	23238,1	20608,0
Средние выбросы, мг/м ³ :		
– окислы азота NO_x	110,0-130,0	110,0-120,0
– окислы углерода CO	15,0-16,0	13,0-15,0
Норма, мг/м ³	500,0	250,0

Таблица 4

Тепловой и температурный режимы нагрева сортовой заготовки коксо-природной смесью $Q_n^p = 22000\text{ кДж/м}^3$ печи стана 400

Производство стана, т/ч	Расход на печь, м ³ /ч		Температура по зонам печи, $^\circ C$			Время нагрева садки, ч
	газа	воздуха	томильная	сварочная	методическая	
30	3700	16500	1210-1250	1200-1250	880-920	2,19
	3800	19000	1210-1260	1210-1260	900-950	2,29
25	3400	17000	1200-1240	1200-1250	870-920	2,63
	3500	17700	1200-1250	1210-1260	880-930	2,75

снижается на 20-60 °С; масса одной заготовки из-за уменьшения плотности стали снижается на 11,82 кг (264,94 – 253,12 = 11,82); время выдачи садки металла из печи сокращается на 0,12 ч (2,65 – 2,53 = 0,12); угар металла в печи снижается на 0,37 % (2,26 – 1,89 = 0,37); экономический эффект за счет сокращения расхода топлива на 100 м³/ч (3550 – 3450 = 100) составляет 697,005 тыс. грн. в год.

Значительно улучшается равномерность нагрева заготовок, устраняются случаи образования в ходе прокатки рванин из-за перегрева, пережога граней заготовок.

Перспективные разработки и внедрение по энергосбережению

ПрАО «ДМЗ» участвует в конкурсах по энергосбережению. Так, в 2009 г. завод был признан лауреатом всеукраинского конкурса «Топ-энергоэффективность», который ежегодно проводится в Киеве под эгидой Национального агентства по экономии и расходу энергоресурсов.

Высокую оценку получили работы по внедрению пылеугольного топлива в доменном производстве, АСУ ТП в мартеновском производстве и на печах прокатных станов, дополнительная выработка электроэнергии турбогенератором, замена мартеновского производства на электросталеплавильное, замена устаревших печей прокатного производства на новые высококвалифицированные печи и другие работы.

Разработки, которые будут внедрены в конце 2011 г. и начале 2012 г., направлены на увеличение производительности, экономию топлива и снижение вредных выбросов в атмосферу.

Дуговая электропечь. Специалисты фирмы Siemens VAI (г. Линц, Австрия) и Донецкого металлургического завода начали строительство электродуговой печи массой плавки 150 т. Печь работает на жидкой и твердой шихте, имеет трансформатор мощностью 125 МВт, производительность по жидкой стали – 250 т/ч, удельный расход электродов – 1,1 кг, расход кислорода – 45 м³/ч и природного газа – 4,3. Печь оборудована газоочисткой, полностью автоматизирована, вредные выбросы в атмосферу соответствуют европейским нормам.

Печь толкательная многозонная двухрядная с установкой в своде излучательных горелок. В прокатном цехе на стане 2300 производится реконструкция нагревательных трехзонных печей по разработкам специалистов фирмы Forni e Combustione (Италия) и Донецкого металлургического завода. На своде печи установлено 36 излучательных и 8 боковых горелок типа «труба в трубе», рекуператор подогревает воздух до 500 °С. Печь имеет пять зон с установкой АСУ ТП. Предполагается, что выбросы вредных веществ будут соответствовать европейским нормам.

Пламенная двухкамерная печь для нагрева заготовок. Печь содержит две камеры (вместо одной) для нагрева заготовок перед ковкой металла. Камеры разделены перегородкой с установленными над металлом газовыми горелками. Дымовые каналы в нижней части снабжены вертикально установленными металлическими радиационными рекуператорами. Печь оснащена микропроцессором, взаимосвязанным с исполнительным механизмом, управляющим задвижками газовых горелок.



ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. Украина, № 46507. Способ восстановления теплоизоляции купола доменного воздухонагревателя / Б. П. Крикунов, В. М. Замуруев, Д. В. Колесников и др. – Оpubл. 25.12.2009. Бюл. № 24.
2. Пат. Украина, № 91416. Способ управления процессом нагрева монолитной огнеупорной футеровки сталеплавильного ковша / Б. П. Крикунов, Ю. А. Богославский, А. В. Дорофеев и др. – Оpubл. 26.07.2010. Бюл. № 14.
3. Пат. Украина, № 20930. Способ управления тепловым режимом сталеплавильной печи / А. Н. Рыженков, Б. П. Крикунов, Ю. В. Петров и др. – Оpubл. 15.02.2007. Бюл. № 2.
4. Патент на полезную модель, Украина, № 26512. Способ управления тепловым режимом нагревательной методической печи / Б. П. Крикунов, Ю. В. Петров, А. В. Алексеев и др. – Оpubл. 25.09.2007. Бюл. № 15.
5. Заявка на пат. №13819, Украина. Способ нагрева сортовых непрерывнолитых заготовок в методических печах / Б. П. Крикунов, В. В. Устинов, В. И. Цуканов и др. 22.11.2010.

Анотація

Крикунов Б. П., Дорофеев О. В., Богославський Ю. А., Алексеев О. В., Петров Ю. В., Попов В. Є., Дмитрієв Є. В., Яковенко А. Т.
Енергозберігаючі технології

Запропоновано спосіб теплоізоляції компенсаційного шару доменних повітрянагрівачів вогнетривким фетром. Для сталеплавильного цеха розроблено автоматичну систему управління режимом розігріву сталерозливних ковшів (АСУ ТП). Описано розрахункову техніку та програмовані логічні контролери АСУ ТП мартеновських прокатних печей.

Ключові слова

повітрянагрівач, вогнетривкий фетр, люк купола, обдування купола, гаряче дуття, агрегат «ківш-піч», машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), сталерозливний ківш, проміжний ківш, коефіцієнт витрати повітря, програмований логічний контролер, методична піч, АСУ ТП, пальникові пристрої, візуалізація параметрів роботи

Summary

Krikunov B., Dorofeev A., Bogoslavsky Yu., Alexeiev A., Petrov Yu., Popov V., Dmitriev Ye., Yakovenko A.
Energy-saving technologies

The way of thermal insulation of blast furnace stove compensation layer with fireproof felt was proposed. The industrial control system (ICS) for the steel teeming ladle initial heating was designed for the steelplant. The computer engineering and programmable logical controller of open-hearth rolling furnace ICS were described.

Keywords

stove, fireproof felt, dome shutter, dome blower, hot blast, ladle furnace, continuous casting machine, steel teeming ladle, air consumption coefficient, programmable logical controller, continuous furnace, industrial control system, burner devices, work parameters visualization

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 669.013.5:504

Г. Л. Дорошенко, В. И. Крисько, Л. В. Рубель

Фиалиал «Металлургический комплекс» ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод», Донецк

Основные направления природоохранной деятельности предприятия

Рассмотрены основные направления природоохранной работы предприятия, отражены вопросы модернизации доменных печей и замены мартеновского производства на современное электросталеплавильное. Уделено внимание обращению с отходами производства.

Ключевые слова: доменные печи, мартеновское производство, выбросы в атмосферу, промышленные отходы

Уже более десяти лет на предприятии реализуется комплекс мероприятий по техническому перевооружению и стратегическому развитию завода, направленных на внедрение ресурсосберегающих технологий, создание экологически чистого производства и выпуск качественной конкурентоспособной продукции.

В апреле 2002 г. после капитально-восстановительного ремонта первого разряда на предприятии пущена доменная печь № 2. На печи внедрены новейшие разработки, которые соответствуют мировым стандартам и позволяют увеличить производство чугуна, а также улучшить санитарно-гигиенические показатели на рабочих местах, значительно снизить количество выбросов доменного производства в атмосферу (на 110 т/год).

В 2007 г. выполнен аналогичный капремонт доменной печи № 1.

После КВР ДП № 2 и ДП № 1 уменьшились (по двум печам) выбросы: пыли – на 224,85 т. в год, оксида углерода (II) – на 60,8 т. в год, оксида серы (IV) – на 4,8 т в год. Анализ результатов рас-

ивания загрязняющих веществ от источников выбросов комплекса доменного производства после КВР показал, что максимальная приземная концентрация пыли аглодоменного производства на границе санитарно-защитной зоны меньше 0,3 доли ПДК, по остальным ингредиентам приземные концентрации очень незначительны и не превышают 0,1 ПДК.

Воздействие выбросов от комплекса доменного производства после КВР на атмосферный воздух следует рассматривать как слабое, не оказывающее значительное влияние.

С целью увеличения выработки собственной электроэнергии, более полного использования доменного газа и снижения выбросов в атмосферу модернизировано оборудование ТЭЦ-ПВС. Это позволило более рационально использовать доменный газ, ранее сжигаемый на свече.

В 2003 г. в мартеновском цехе внедрена установка внепечной обработки стали (ковш-печь), оборудованная современной газоочисткой с рукавными фильтрами. Остаточная запыленность отходящих