

# Автоматизированная система управления стандом вертикальной сушки ковшей

*Виктор Переходченко, Александр Ребедак, Сергей Гаркавенко, Ольга Шевченко, Лариса Левина, Александр Борисов, Наталья Хмольянинова, Дмитрий Колесниченко*

Важной составляющей подготовки ковшей для разливки стали является сушка футеровки, которая должна производиться строго по заданному температурному графику с минимизацией затрат энергоносителей. В данной статье представлен станд вертикальной сушки ковшей, описаны режимы его работы и особенности. Основное внимание уделено системе управления станда. Показаны возможности, предоставляемые системой пользователю, приведены показатели её эффективности, полученные по результатам внедрений.

## ВВЕДЕНИЕ

Для стабильной работы металлургического производства большое значение имеет подготовка ковшей для разливки стали. Поэтому одной из важных задач реконструкции мартеновского цеха Выксунского металлургического завода (ОАО «ВМЗ») была задача увеличения времени работы ковшей для разливки стали до очередного ремонта футеровки при одновременном сокращении расхода газа при её сушке. Для решения этой задачи завод закупил и использует современные материалы для футеровки ковшей производства фирмы Mayerton и ОАО «Динур». Кроме того, по заказу ОАО «ВМЗ» коллектив Ново-Краматорского машиностроительного завода

(ЗАО «НКМЗ») в кратчайшие сроки спроектировал, изготовил и сдал в эксплуатацию станд вертикальной сушки ковшей, предназначенный для сушки футеровки ковша по строго определённому температурному графику.

## НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СТАНДА

Проект рабочей документации станда вертикальной сушки ковшей разработан на основании ТЗ и технических условий на газоснабжение № 47-85ТУ от 24.03.2004, выданных Региональной инспекцией государственного газового надзора по Нижегородской области.

Станд предназначен для сушки футеровки сталеразливочных ковшей ёмкостью 130 тонн по заданному температурному графику, который выбирается, исходя из применяемой футеровки. Топливо – природный газ с теплотворной способностью 7800...8200 ккал/м<sup>3</sup>. Газоснабжение станда осуществляется из цехового газопровода. Общий вид станда с установленным на опоры сталеразливочным ковшом представлен на рис. 1.

Станд устанавливается стационарно. Он состоит из рамы, на которой закреплён механизм подъёма и опускания крышки. На крышке станда

(рис. 2) установлены контрольно-измерительная аппаратура, поворотные заслонки газа и воздуха, трубчатый рекуператор, часть системы удаления дыма и горелка ДСГМ 150-II. Горелка спроектирована и изготовлена фирмой «Кортес» при Институте газа НАН Украины, мощность горелки – 1400 кВт. Футеровка крышки выполнена огнеупорными волокнистыми материалами.

Продукты сгорания через отверстие в огнеупорной футеровке отводятся к рекуператору для подогрева подаваемого в горелку воздуха. После рекуператора дым поступает в камеру смешивания, где температура дыма снижается путём подсоса воздуха из цеха через воздушную щель. Продукты сгорания дымососом отводятся через дымовую трубу выше кровли цеха. Установка оборудована



Рис. 1. Общий вид станда сушки ковшей



Рис. 2. Крышка станда сушки ковшей



Рис. 3. Структурная схема системы управления стандом сушки сталеразливочных ковшей

продувочными газопроводами и свечой безопасности. На подводящем газопроводе перед стандом находятся фильтр, вихревой расходомер, регулятор давления и отсечная аппаратура.

На стенде установлены показывающие приборы для измерения температуры воздуха до и после рекуператора, температуры дымовых газов до и после рекуператора, температуры дымовых газов перед дымососом, давления воздуха до и после рекуператора, давления перед горелкой, разрежения в дымоходе. Здесь также находятся регистрирующие приборы для измерения температуры в ковше, расхода природного газа, температуры природного газа. Качество сжигания природного газа контролируется с помощью переносного газоанализатора.

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

К системам управления оборудованием мартеновского цеха предъявляются повышенные требования по надёжности и долговечности при эксплуатации их в условиях, характеризующихся высокой температурой, повышенной запылённостью, наличием вибрации. Исходя из этого, для размещения аппаратуры были выбраны шкафы и пульты управления фирмы Rittal со степенью защиты IP54. В качестве аппаратной основы системы управления применены контроллеры компании Siemens, которые отличаются высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам, имеют стандартный диапазон рабочих температур от 0 до +60°C и степень защиты IP20. В шкафах и пультах управления используются переключатели, лампы, ав-

томаты, пускатели, источники питания производства компании Siemens, зарекомендовавшие себя как надёжные и долговечные устройства, а также клеммы фирмы WAGO, которые не только обеспечивают высокую надёжность, экономичность и быстроту электро монтажа, но и не требуют последующего технического обслуживания.

В состав системы управления входят шкаф управления стандом сушки, пульт управления стандом сушки, шкаф управления приводом крышки, пульт управления крышкой. Выполнение и распределение функций управления реализовано следующим образом (рис. 3): управление сушкой выполняется оператором с пульта управления стандом сушки, подъём/опускание крышки выполняется оператором с пульта управления крышкой; весь технологический процесс управляется контроллером, который находится в шкафу управления стандом; шкаф управления приводом крышки служит для изменения скорости перемещения крышки. Оба пульта управления располагаются непосредственно возле станда (рис. 4). Шкафы управления находятся внутри специально оборудованного поста управления.

На двери пульта управления стандом сушки расположены текстовый дисплей TD 17 и кнопочная панель PP 17-II (Siemens). Эти приборы имеют прочный металлопластиковый корпус с мембранным покрытием фронтальной панели, стойким к воздействию масел, смазок, моющих средств. Степень защиты фронтальной панели – IP65. На экране текстового дисплея динамически отображаются основные парамет-



Рис. 4. Пульт управления стандом сушки и пульт управления крышкой



Рис. 5. Общий вид шкафа управления приводом крышки

ры, необходимые оператору для управления стандом: температура в ковше, расход газа, расход воздуха, положение газовых и воздушных заслонок. При работе станда на текстовый дисплей выводятся также все аварийные и технологические сообщения. С кнопочной панели PP 17-II оператор непосред-



**Рис. 6. Панель оператора OP 270, расположенная на двери шкафа управления стендом сушки**

венно управляет работой стенда сушки в ручном режиме, переключает стенд на работу в автоматическом режиме.

На двери пульта управления крышкой расположены переключатель для подъёма/опускания крышки и сигнальные лампы, указывающие на то, что крышка поднята или опущена. Для контроля крайних положений крышки на стенде установлены конечные выключатели. Скорость перемещения крышки задаётся с помощью преобразователя частоты SIMOVERT (Siemens), расположенного в шкафу управления приводом крышки (рис. 5). Преобразователь частоты управляет работой электродвигателя подъёма/опускания крышки.

На двери шкафа управления стендом сушки смонтирована панель оператора OP 270 (Siemens), она имеет прочный корпус, компактную форму, защиту по фронту IP65, высокую степень защиты от электромагнитных помех и внешних вибраций (рис. 6). Панель служит для управления сушкой и визуализации технологического процесса. Внутри шкафа размещён контроллер SIMATIC S7-300 (Siemens) с центральным процессором CPU315-2DP и модулями ввода-вывода (рис. 7). На модули дискретного ввода контроллера поступают сигналы от переключателей, кнопок, конечных выключателей, блок-контактов автоматов и пускателей, датчиков давления. На модули аналогового ввода контроллера приходят сигналы от термопар, расходомеров, а также сигналы обратной связи о положении заслонок газа и воздуха. Из модуля дискретного вывода контроллера управляющие сигналы передаются на лампы сигнализации, клапаны подачи газа и воздуха, пускатели. Мо-



**Рис. 7. Общий вид шкафа управления стендом сушки**

дуль аналогового вывода контроллера формирует сигнал, определяющий степень открытия заслонок подачи газа и воздуха, а также передаваемый на самописец сигнал, который пропорционален значению фактической температуры в ковше. По сети PROFIBUS-DP контроллер связан с панелью оператора OP 270, текстовым дисплеем TD 17, кнопочной панелью PP 17-II и преобразователем частоты SIMOVERT.

Управляющая программа для контроллера написана с использованием пакета STEP 7, который содержит набор стандартных инструментальных средств для обслуживания систем, построенных на базе изделий семейства SIMATIC S7, и набор удобных функций для реализации всех фаз проекта системы автоматизации: конфигурирование и настройка параметров аппаратуры, конфигурирование коммуникационных соединений, программирование, тестирование, наладка и обслуживание, документирование и архивирование данных, оперативное управление и диагностика.

### **СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Проект системы визуализации выполнен на базе панели оператора OP 270 и программного пакета ProTool. Панель оператора OP 270 предназначена для построения профессиональных систем человеко-машинного интерфейса в системах управления на основе программируемых контроллеров семейства SIMATIC S7. Такие панели способны поддерживать функции мониторинга и оперативного управления, позволяют решать задачи визуализации, обеспечивают поддержку динами-

ческих полей ввода-вывода, использования встроенной клавиатуры, масштабируемых шрифтов и других сервисных возможностей, предоставляемых операционной системой Windows CE. Пакет ProTool является универсальным для всех операторских панелей фирмы Siemens и имеет мощный интерфейс управления процессом. Система визуализации отображает графическую, текстовую и цифровую информацию о технологическом процессе сушки, позволяет оператору управлять технологическим процессом путём ввода цифровой информации, отображает на экране панели оператора и текстового дисплея сообщения обо всех возникающих аварийных ситуациях. При возникновении аварийной ситуации в процессе сушки ковша прекращается подача газа к горелке, включается звуковая и световая сигнализация.

### **НАЛАДКА РАБОТЫ СТЕНДА**

Наладка работы стенда во всех режимах производилась специалистами ЗАО «НКМЗ» совместно со специалистами фирмы «Кортес» и специалистами ОАО «ВМЗ» (служба КИП и А, лаборатория наладки топливоиспользующего оборудования).

Для регулирования температуры сушки в автоматическом режиме был выбран программный ПИД-регулятор SFB41 "CONT\_C", который поставляется совместно с пакетом STEP 7 и служит для регулирования на основе контроллеров SIMATIC S7 технологических процессов с непрерывными входными и выходными величинами. При параметризации можно легко подключать или отключать отдельные функции ПИД-регулятора, тем самым оптимизируя его настройки для управления объектом.

Путём подачи ступенчатого воздействия на объект регулирования были определены его динамические характеристики, после чего для управления был выбран ПИ-регулятор. Были рассчитаны значения коэффициента усиления пропорционального звена, время интегрирования, длительность цикла опроса, ширина мёртвой зоны регулятора, верхняя и нижняя границы регулирующего значения и т.д. На опытном ковше была проведена проверка работы стенда сушки в автоматическом режиме с оптимизацией параметров регулятора, что позволило уменьшить до минимума износ механизмов газовых и воздушных заслонок и минимизировать расход газа.

Одной из задач наладки стенда было определение фактического графика сушки ковшей. Проблема состояла в том, что фирмы-поставщики огнеупорных материалов для футеровки ковшей предоставляют температурный график сушки футеровки, однако при проведении сушки ковша на стенде измеряется температура газовой смеси внутри ковша, а не футеровки. Для получения фактической температуры футеровки были проведены три экспериментальные сушки на специально подготовленных ковшах. На разных уровнях по высоте ковша были заложены в футеровку термопары, сигналы от которых выводились на самописцы. После анализа полученных результатов было определено соответствие температур футеровки и газовой смеси в ковше, на основании чего скорректировали график сушки сталеразливочного ковша (рис. 8).

Система управления позволяет использовать ручной и автоматический режимы. Переход из одного режима в другой выполняется оператором по своему усмотрению в любой момент проведения сушки. Ручной режим рекомендовано использовать для проведения наладочных или профилактических работ. При переходе в автоматический режим выполнение графика начинается с точки текущей температуры.

На рис. 9 представлены графики заданной и фактической температуры сушки сталеразливочного ковша № 7, проведённой в автоматическом режиме. Как видно из графиков, во всём диапазоне сушки ковша отклонение фактического значения температуры от заданного не превышает 20°C. Примечательно, что при этом показатели CO, CO<sub>2</sub> и других контролируемых газоанализатором параметров ниже допустимых значений.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

На существующем в мартеновском цехе ОАО «ВМЗ» стенде сушки ковшей № 1 средний часовой расход природного газа при стандартных условиях равен 192,5 м<sup>3</sup>/ч. На поставленном ЗАО «НКМЗ» стенде сушки ковшей № 2 средний часовой расход природного газа при стандартных условиях равен 84,125 м<sup>3</sup>/ч. С учётом того, что стенд № 2 работает 60% рабочего времени, годовая экономия газа составляет 561816 м<sup>3</sup>.

Однако основная составляющая эффективности работы стенда сушки



Рис. 8. Скорректированный на основе экспериментальных данных график сушки сталеразливочного ковша, футерованного огнеупорами производства фирмы Mayerton



Рис. 9. График сушки сталеразливочного ковша в автоматическом режиме

ковшей № 2 получена за счёт увеличения срока службы футеровки ковшей, высушенных по новой технологии, так как спроектированная установка позволила обеспечить режим, требуемый для создания максимально стойкой и долговечной футеровки из современных материалов.

Необходимо также отметить простоту обслуживания установки: работа оператора на ней сводится к включению стенда и его отключению после того, как контроллер выдаст сообщение на текстовый дисплей о том, что график сушки выполнен.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В сентябре 2004 года стенд вертикальной сушки ковшей передан в промышленную эксплуатацию. По результатам 15 месяцев работы стенда не было зарегистрировано ни одного отказа системы управления стендом, как и поставленного оборудования в целом.

Руководство мартеновского цеха Выксунского металлургического завода рассматривает вопрос о приобретении у ЗАО «НКМЗ» второй установки вертикальной сушки ковшей.

В 2002-2004 годах ЗАО «НКМЗ» были поставлены и сданы в эксплуатацию три стенда сушки промковшей с аналогичной системой управления на Енакиевском металлургическом заводе (Украина).

В 2005 году ЗАО «НКМЗ» были поставлены два стенда сушки промковшей на Литейно-прокатный завод в городе Ярцево (Россия). ●

**Авторы — сотрудники  
ЗАО «Ново-Краматорский  
машиностроительный завод»,  
телефон: (+380 6264) 78-854,  
78-400,  
ОАО «Выксунский  
металлургический завод»,  
телефон: (831-77) 97-198**