

45 °С и 25 °С занимает около 30 % от общего объема аглослоя. Но при  $t_{ш} = 25$  °С газодинамическое сопротивление слоя будет значительно больше за счет большего переувлажнения шихты в зоне конденсации.

Из приведенных данных следует, что протекание начального периода процесса сушки имеет сложный характер и зависит главным образом от начальной температуры шихты. Этот период сушки может влиять и на формирование зоны горения топлива, а, следовательно, в некоторой степени на развитие теплообмена по всей высоте слоя и на скорость спекания, т.е. производительность агломашины.

#### **Список использованных источников**

1. *Фролов Ю.А., Конопляник В.В., Исаенко Г.Е.* Анализ процессов сушки, конденсации и газодинамики слоя в начальном периоде агломерации // *Сталь*. 2008. № 6. С. 5–13.
2. *Коротич В.В.* Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. М.: Металлургия, 1978. 205 с.
3. *Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездержский Г.Н.* Агломерация рудных материалов. Екатеринбург, 2003. 400 с.
4. *Базилевич С.В., Вегман Е.Ф.* Агломерация. М.: Металлургия, 1967. 368 с.
5. *Раева М.В., Шкляр Ф.Р., Фролов Ю.А.* Модель тепло- и массообмена при сушке пористого слоя // *Металлургическая теплотехника : темат. отр. сб.* 1974. № 2. С. 154–162.
6. *Сполдинг Д.Б.* Конвективный массоперенос. М.: Энергия, 1965. 384 с.
7. *Фролов Ю.А.* Теплотехническое исследование процесса агломерации и совершенствование технологии и техники для производства агломерата : дис. ... докт. техн. наук. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 53 с.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТАХ**

© **И.С. Бугрин, М.А. Денисов, 2012**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Способ контактного измерения температуры поверхностей (способ мягкого теплового контакта) предложен в для ведения исследовательских работ по экономии ресурсов в металлургии [1]. Способ использует свойство волокнистых материалов обеспечивать идеальный (без воздушного зазора) тепловой контакт их поверхности с поверхностью, температура которой измеряется. Способ измерения реализуется термопарой, рабочий спай и прилегающие к спаю электроды которой прижимаются к измеряемой поверхности узкой полоской волокнистого огнеупора.

В работе испытана конструкция контактной термопары, корпус которой состоит из огнеупорных обкладок между которыми размещена согнутая полоска из уплотненной каолиновой ваты и термопара ТХА [2]. Определены недостатки прибора, связанные с нестабильным состоянием контактной поверхности и отсутствием необходимых исследований погрешностей измерения. Недостатки конструкции усложнили использование прибора, сделав необходимым последовательное выполнение градуировки и измерений прибором на одном агрегате.

В данной работе выполнены сравнительные исследования конструкций контактных измерителей, предназначенных для исследования процессов в высокотемпературных агрегатах металлургии. Предложен ряд вариантов конструкции прибора: Пироконт-К

(содержит датчик в виде термопары со спаем круглых электродов на подложке из огнеупорной ткани, рис. 1а), Пироконт-КВ (то же с подложкой из уплотненной каолиновой ваты, рис. 1а) и Пироконт-Л (датчик в виде термопары со спаем, образованным лентой из жаростойкой стали, на подложке из огнеупорной ткани, рис. 1б).

В ходе экспериментов отрабатывались следующие варианты конструкций контактных измерителей: Пироконт-К при  $b = 4$  мм,  $\varnothing d = 0,2$  мм; Пироконт-КВ при  $b = 6$  мм,  $\varnothing d = 0,2$  мм;  $b = 14$  мм,  $\varnothing d = 0,5$  мм и при  $b = 20$  мм,  $\varnothing d = 0,7$  мм; Пироконт-Л при  $b = 6$  мм,  $bl = 2,2$  мм;  $b = 8$  мм,  $bl = 3,5$  мм.

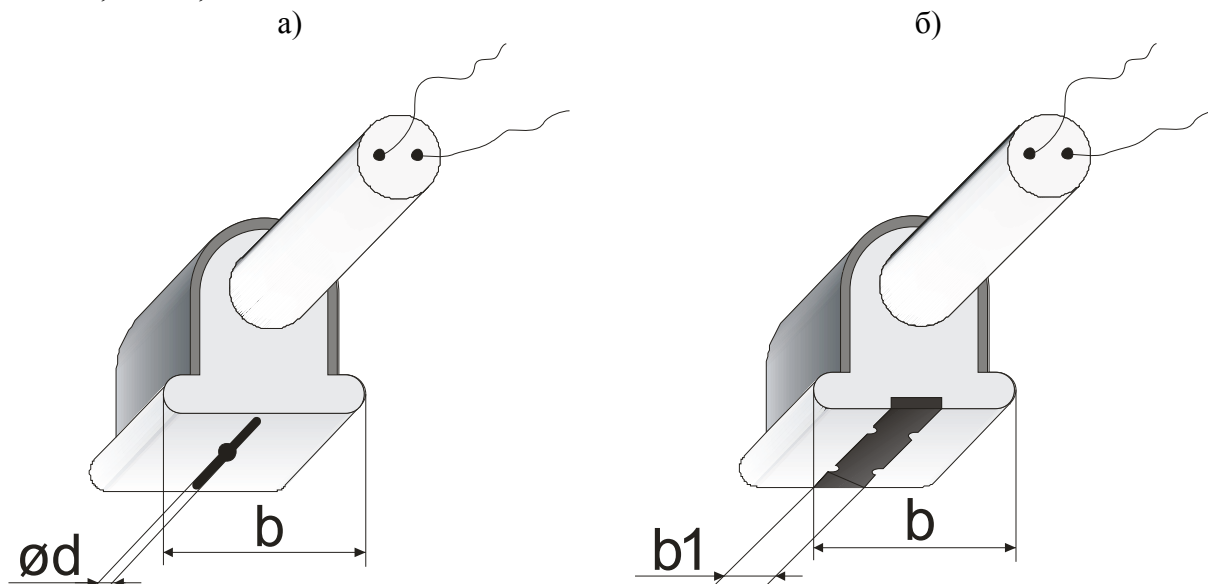


Рис. 1. Устройство измерительной части прибора: а) – чувствительный элемент прибора образован спаем и электродами термопары ТХА; б) – чувствительный элемент выполнен из ленты жаростойкой стали

Схема экспериментов представлена на рис. 2. В камере печи 5 расположена нагреваемая заготовка 1 с установленными в ней контрольными термопарами 2 и 3. Сигналы от термопар и прибора контактного измерения температуры 4 поступают на измерительный прибор 6, передающий полученные данные в SCADA-систему 7.

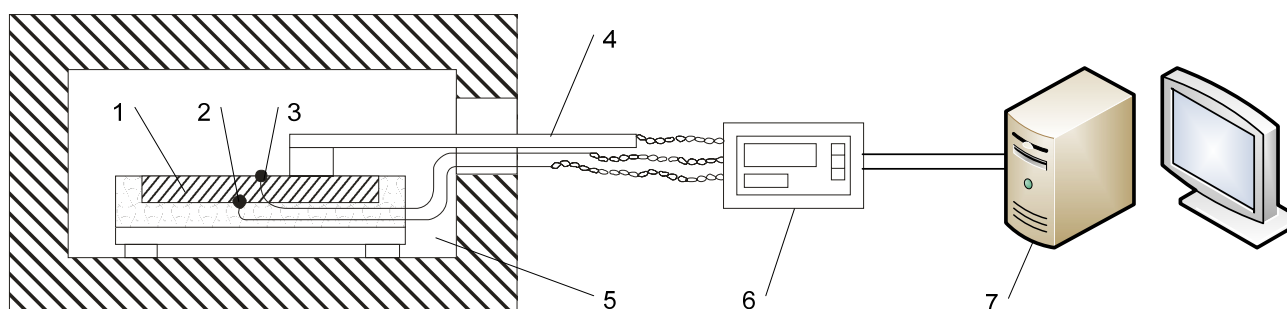


Рис. 2. Схема опыта:  
1 – нагреваемый металл; 2 – контрольная термопара ТХА; 3 – термопара ТХА;  
4 – контактная термопара; 5 – камера печи; 6 – измерительный прибор;  
7 – компьютер со SCADA-системой

В ходе нагрева заготовки измеряется температура ее поверхности контактной термопарой. Каждое измерение длится 1,5 мин, при этом через каждые 0,5 мин контактная

площадка прибора перекладывается на соседние участки поверхности заготовки, температура которых не искажена вследствие контакта с прибором.

Примеры результатов, полученных в экспериментах, представлены графиками на рис. 3.

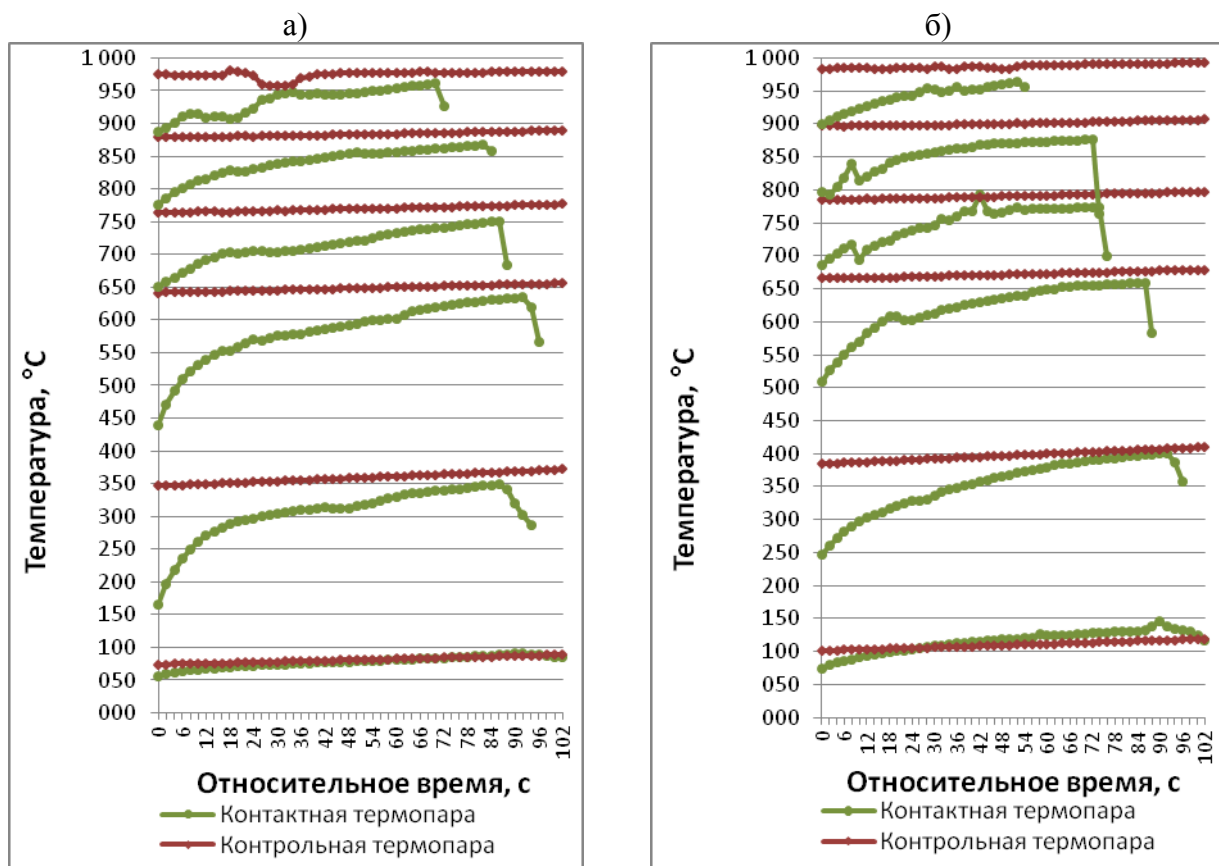


Рис. 3. Изменение во времени температуры поверхности металла, измеренной контактной и контрольной термопарами: а) – контактная термопара ТХА с диаметром круглых электродов  $\varnothing 0,5$  мм на ватной подложке;  
б) – контактная термопара ТХА со спаем, образованным лентой из жаростойкой стали, на подложке из огнеупорной ткани

На рисунке видна динамика изменения показаний контактной и контрольной термопар. За время измерения от начала контакта прибора с поверхностью температура его контактной площадки с термопарой приближается к показаниям контрольной термопары, в конце измерения разница между обоими показаниями фиксируется. Процедура измерения рассматривается как градуировка данной конструкции термопары, которая в дальнейшем должна использоваться в условиях, совпадающих с условиями градуировки. В данном случае термопара должна выводиться из печи после каждого измерения и должны сохраняться последовательность перекладываний и общая продолжительность измерения. Зафиксированная разность показаний прибора и контрольной термопары в дальнейшем может использоваться как поправка к показаниям прибора.

Определены погрешности измерений прибором при разном конструктивном исполнении и меняющихся: ширине контактной площадки  $b$ , размеров электродов  $\varnothing d$  или ширины ленты  $bl$ .

## Список использованных источников

1. Денисов М.А. Способ мягкого контакта и приборы для измерения температуры поверхностей твердых // Измерительная техника. 2003. № 1. С. 40–43.
2. Денисов М.А. Отработка способов контактного и бесконтактного измерения температуры поверхностей для контроля нагрева металла / М.А. Денисов, И.С. Бугрин // Температура-2011 : сб. тезисов 4-й Всероссийской конф. по проблемам термометрии. СПб. : ВНИИМ, 2011. С. 81–82.

## СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ВАГРАНОЧНЫХ ГАЗОВ

© Е.О. Васькова, В.И. Матюхин, 2012

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

Чугун является одним из наиболее распространенных конструкционных материалов для получения литых металлических изделий, входящих в состав различных машин и агрегатов. Чугунные изделия в зависимости от особенностей их микроструктуры (формы и распределения графитовых включений, структуры металлической основы и др.) обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства, такие как: прочность, износостойкость, герметичность, жаростойкость, коррозионная стойкость и др.

В настоящее время более 80 % чугуна в литейных цехах для производства литых изделий выплавляют в коксовой вагранке. Их отличает простота конструкции, сравнительно низкие энергетические затраты, удобство, простота управления и обслуживания, обеспечение необходимой часовой производительностью по расплаву, особенно для цехов серийного и крупносерийного производства с минимальными потребностями в производственных площадях.

Чугунолитейная вагранка – это металлургический агрегат шахтного типа непрерывного действия, в котором процесс нагрева и плавления осуществляют в условиях противотока, когда кусковая шихта, состоящая из металлической части, кокса и флюсов, медленно опускаясь, омывается восходящими потоками раскаленных газов. Нагрев, плавление и частичный перегрев металлической части шихтовых материалов, а также термическое разложение флюсов (как правило, известняка) происходят за счет тепла, передающегося от образовавшихся в процессе горения углерода и серы кокса ваграночных газов, которые дополнительно нагреваются за счет теплоты окисления основных элементов, входящих в состав металлической шихты (Si, Mg, Fe и др.).

В чугунолитейной вагранке благодаря высокому коэффициенту использования теплоты от сжигаемого топлива, отходящие газы имеют невысокую температуру в районе 120 °С. Они содержат до 150 г/м<sup>3</sup> пыли, состоящей главным образом из мелких кусочков кокса, золы кокса, окислы и известняка. Наиболее часто для пылеулавливания используют многоступенчатую систему газоочистки. Предварительно очистку газов осуществляют сухим или мокрым способом в инерционных пылеулавливателях, циклонах и скрубберах различной конструкции. Стадию тонкой газоочистки можно производить на тканевых фильтрах, электростатических пылеулавливателях, эжекторных скрубберах и скоростных пылеуловителях с трубами Вентури.

Вследствие особенностей работы коксовой вагранки, отходящие газы могут содержать от 4,5 до 25 % монооксида углерода. Это сильно токсичный газ без цвета и запаха. В соответствии с санитарными нормами максимальная разовая концентрация в отходящих газах не должна превышать 6 %, а среднесуточная 1 %. Кроме того, этот газ является горючим, и удалять его в окружающую среду экономически нецелесообразно. Единственным