

## Оперативное измерение температуры расплава металлов

Авторами рассмотрены различные варианты измерений температуры расплавов черных и цветных металлов, проводящихся в процессе работы машиностроительных предприятий. Приведены преимущества и недостатки данных методов

# Р

**Д.Ю. Кропачев**  
ведущий инженер  
ОАО НПП «Эталон»,  
г. Омск, marketing@omsketalon.ru

**А.А. Гришин**  
заместитель генерального  
директора ОАО НПП «Эталон»,  
г. Омск

**А.Д. Масло**  
инженер ОАО НПП «Эталон»,  
г. Омск

Развитие литейного производства машиностроительных предприятий неотъемлемо связано с их оснащением как технологическим оборудованием для производства плавки и литья различных марок металлов, так и с оснащением современными приборами контроля качества выполнения технологических процессов плавки с целью улучшения свойств выпускаемого металла.

Большая часть измерений приходится на долю контроля и регулирования температуры как при плавке, так и при розливе металла. В настоящее время в этом секторе металлургии широко используются переносные штанги со сменными одноразовыми пакетами платиновой группы различных конструкций, предназначенные для оперативных замеров температуры. Одним из основных недостатков данных устройств является очень короткий промежуток времени замера: при благоприятных условиях порядка 3...7 с. Точность измерений температуры расплавленных металлов, в которых первичным звеном являются одноразовые термопреобразователи, определяется сходимостью показаний термопреобразователя, погрешностью измерения и регистрации выходного сигнала датчика, методической погрешностью и, наконец, погрешностью градуировки.

Температура плавления большинства черных металлов лежит в диапазоне 1400...1700 °С. Для измерений температуры в данном диапазоне, как правило, используются термодары платиновой группы ТПР (тип В) с диапазоном измеряемых температур 600...1800 °С и вольфрам-рениевые ТВР (тип А) 1000...2500 °С. Следует отметить, что пределы допускаемых отклонений термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) от номинальной статиче-

ской характеристики (НСХ) 2-го класса допуска для данных термопреобразователей согласно ГОСТ Р 8.585–2001 выше 800 до 1800 °С рассчитываются:

► для ТПР по формуле  $\pm \Delta t = 0,0025t$ ;

► для ТВР по формуле  $\pm \Delta t = 0,005t$ ,

где  $\pm \Delta t$  — предел допускаемых отклонений термопреобразователя, °С;

$t$  — измеряемая температура, °С.

Таким образом, погрешность самого термопреобразователя при измерении температуры расплава черных металлов при 1600 °С составит  $\pm 4$  °С для ТПР и  $\pm 8$  °С для ТВР. Однако стоит отметить, что это при идеальных условиях измерения. Сюда не входит погрешность вторичного прибора, снимающего и преобразующего в температуру показания с термопреобразователя, а также методическая погрешность самого процесса измерения.

Суммарная погрешность измерений расплава стали описанным методом в лучшем случае составляет  $\pm(6...20)$  °С для ТПР и  $\pm(10...30)$  °С для ТВР.

Авторами предлагается опробованный способ оперативного измерения температуры различных марок сталей, чугунов, а также цветных металлов, в основе которого лежит пирометрический метод измерений.

Вопросы достоверности результатов измерений температуры жидких металлов пирометрическим способом, связанные с задымленностью, наличием шлака на поверхности, изменяющимся коэффициентом излучательной способности зеркала расплавленного металла, важны. На предприятия были найдены и опробованы на реальных промышленных объектах решения, позволяющие устранить перечисленные недостатки.

Разработанный для измерения температуры расплавов оптоволоконный пирометр ПД-6 отличается от класси-

### ключевые слова

литейное производство, измерение, точность измерений, расплав, температура плавления, металл, термопреобразователь, пирометр, датчик



ческих пирометров тем, что приемник ИК-излучения и блок обработки сигнала разнесены с помощью высокотемпературного оптоволоконного кабеля, выдерживающего температуру до 200 °С. Таким образом, приемник ИК-излучения с оптоволоконным кабелем может находиться в зоне измерений с повышенной температурой и электромагнитными помехами — там, где другие электронные приборы выходят из строя.

Для устранения влияния коэффициента излучательной способности на показания пирометра ПД-6 в расплаве металла с помощью специального чехла формируется полость с коэффициентом излучательной способности, близкой к модели абсолютно черного тела (АЧТ), что повышает точность измерений пирометрическим способом. Учитывая, что применяемый чехол, предназначенный для измерения температуры стали, оптически прозрачен в диапазоне от 300 до 2500 нм, пирометр фактически «смотрит» непосредственно сквозь прозрачный чехол на полость, образованную в расплаве металла. Благодаря такому решению существенно снижается время термической реакции измерений до 4...7 сек с момента погружения в расплав чехла. Процесс измерения температуры расплава стали в индукционной печи с помощью одного из вариантов конструкции чехла показан на фото. Дли-



тельность процесса измерений составляет около 30 с, хотя показания установились спустя 4...7 с после ввода чехла в расплав. Скорость ввода чехла в расплав не нормировалась.

В качестве контрольного датчика для замера использовался термоэлектрический преобразователь ТПР 5.182.004, помещенный в кварцевую пробирку. Разность показаний между ними не превысила 4 °С при измеряемой температуре 1586 °С. Разрушения чехла в расплаве не произошло, оно происходит после замера, в момент остывания металла. При его наличии на поверхности чехла образовывается металлическая корка, которая и приводит к его разрушению.

Для удобства измерений расплава металла в индукционных печах конструкция была переработана и видоизменена инженерами предприятия. Отметим, что данная конструкция позволяет легко менять различные типы чехлов и использовать ее как для измерения черных, так и цветных металлов в диапазоне температур 400...1800 °С.

Данная конструкция также позволяет уменьшить финансовые затраты, связанные с износом классических датчиков температуры, так как при выходе из строя замене подлежит лишь съемный чехол, стоимость которого существенно ниже стоимости термоэлектрических преобразователей платиновой группы. ■

Измерение температуры расплава стали в индукционной печи. Справа показано, что разрушения чехла в расплаве не произошло