

Разработки ООО «ОТК»

для высокотемпературной контактной термометрии



В статье представлены решения российской компании для высокотемпературной термометрии: термозонды с вольфрам-рениевыми термопреобразователями для металлургии и литейного производства, уникальная установка для метрологической калибровки вольфрам-рениевых термопар, системы мониторинга поля температур печи термообработки.

ООО «Обнинская термоэлектрическая компания», г. Обнинск

Обнинская термоэлектрическая компания, или ООО «ОТК», — это малое предприятие, которое специализируется на высокотемпературной контактной термометрии и реализует в промышленном производстве собственные научно-технические разработки. Продукция компании — термопреобразователи температуры на основе термопар по ГОСТ 6616-94, в том числе термопар из драгоценных и тугоплавких металлов, а также многоканальные системы для мониторинга температурного поля в промышленных печах. Изделия ООО «ОТК» и его технические решения необходимы всем предприятиям, на которых технологические процессы ведутся при высоких температурах, требующих строгого контроля.

Компания была создана в 2003 году, когда началась работа по восстановлению промышленности с использованием российских научно-технических разработок. Ее основателем и руководителем стал Анатолий Александрович Улановский, предприниматель, кандидат технических наук, окончивший Московский инженерно-физический институт (МИФИ) и защитивший диссертацию по теме «Методика и средства мониторинга высокотемпературных полей печного оборудования атомной промышленности и металлургии».

ООО «ОТК» начало свою деятельность с производства датчиков, имеющих диапазон измерений от -40 до 1700 °C, а сегодня готово предложить датчики для измерения температуры от -196 до 2500 °C. Среди заказчиков компании многие предприятия авиа-

космического комплекса, металлургии, машиностроения, химического производства и атомной энергетики: почти все крупные предприятия «Объединенной двигателестроительной корпорации», «Роскосмоса», ведущие НИИ и машиностроительные предприятия «Росатома», металлургические комбинаты, заводы по производству новых композитных и керамических материалов — всего более 700 организаций.

В планах предприятия — создать центр высокотемпературной контактной термометрии, который объединит самые передовые разработки и технологии в области высокотемпературной термометрии.

Далее приведены несколько технических решений специалистов ООО «ОТК», защищенных патентами РФ на изобретения или на полезную модель.

Термозонды для измерения температуры в металлургии и литейном производстве

Методы бесконтактной термометрии, например, с помощью пирометров излучения, которые часто используются в литейном и металлургическом производствах, имеют ряд ограничений и требуют высокой квалификации обслуживающего персонала, а также учета возможных методических погрешностей. Поэтому по-прежнему востребовано измерение температуры жидкого металла погружным методом — с помощью термозондов на основе термопар.

Обычно это платинородиевые термопары, к достоинствам которых можно отнести высокую метрологическую

точность. Термозонд типа ТПР-91 имеет одноразовый погружной пакет ПТПР, чувствительным элементом которого является платинородиевая термопара в защитной трубке из кварцевого стекла. Назначение защитной арматуры пакета — максимально увеличить время замера температуры, однако уже через 5–7 секунд арматура разрушается и термопара из драгоценного металла безвозвратно теряется. Это означает, что у термозонда должно быть очень высокое быстродействие, ведь ему необходимо за 5–7 секунд достичь теплового равновесия, которое является показателем достоверности замера.

Известны также термозонды на основе одноразовых пакетов ПТВР с вольфрам-рениевой термопарой ВР 5/20. Они менее распространены, во-первых, из-за более низкой, чем у платинородиевых термопар, воспроизводимости термоЭДС, во-вторых, из-за того, что метрологическая аттестация катушек с термоэлектродной проволокой требует больших трудозатрат и калибровки термоэлектродов в вакуумной печи. При этом вольфрам-рениевые термопары имеют несомненные преимущества: у них самая высокая температура применения, на 50% выше дифференциальная чувствительность, а величина термоЭДС при 1500 °C вдвое больше, чем у платинородиевой термопары. Механическая прочность проволоки выше в 10–15 раз.

Обладая собственной относительно недорогой методикой аттестации вольфрам-рениевых термопар в атмосферной печи в диапазоне 600 –



Рис. 1. Термозонд разработки и производства ООО «ОТК»

1700 °С, специалисты ООО «ОТК» разработали свой термозонд поплавкового типа с вольфрам-рениевым чувствительным элементом в комплекте с автономным показывающим прибором для измерения температуры в диапазоне 600...1800 °С.

Термозонд (рис. 1) обладает удобной конструкцией и не требует высокой квалификации эксплуатирующего персонала. Он состоит из штанги с показывающим прибором и поплавка с защитной керамической пробиркой, внутри которых находится термопара. Конструкция с поплавком позволяет оператору визуально контролировать глубину погружения в высокотемпературный расплав, а повышенная плавучесть поплавка не дает случайно погрузить штангу зонда на чрезмерную глубину («клонуть»).

Поплавок из термостойкой керамики или графита и защитная пробирка допускают многократные погружения в расплав. Пробирка изготовлена из модифицированной кварцевой керамики по специальной запатентованной технологии АО ОНПП «Технология» (г. Обнинск). Испытания показали, что она выдерживает до 10–12 погружений в расплав стали на время до 40–60 секунд при температуре 1500 °С и до 2–3 погружений при температуре 1700 °С. Тепловое равновесие с температурой расплава достигается примерно через 30–40 с при 1500 °С, что оператор может заметить по показаниям прибора.

Замена рабочего спая и близлежащего участка термоэлектродов (100–150 мм) требовалась через 5–10 измерений, при этом дрейф термоЭДС не превышал 4–8 °С. Термозонд полностью автономен (прибор получает питание от источника постоянного тока напряжением 4,5 В) и имеет цифровой индикатор температуры класса точности 0,25. Прибор фиксирует максимальное значение температуры, достигнутое в процессе замера, а также регистрирует кривую замера темпе-

ратуры в своей памяти, которая затем через флеш-накопитель может быть скопирована на компьютер.

Для измерения температуры расплава цветных металлов, с которыми материалы термоэлектродов не взаимодействуют, возможно применение термозонда с открытым рабочим спаем. В этом случае время измерения температуры сокращается до 5–8 секунд.

Данное конструктивное решение получило патент РФ на изобретение,



Рис. 2. Установка для калибровки высокотемпературных термопреобразователей

вольфрам-рениевые термопреобразователи ТП-А и ТП-С внесены в Государственный реестр средств измерений.

Метрологическая калибровка вольфрам-рениевых термопар

Ограничением для широкого применения вольфрам-рениевых термопар является проблема воспроизводимости метрологических характеристик. Для каждой пары катушек термоэлектродных проволок ВР5 и ВР20 необходима метрологическая калибровка. Специалисты ООО «ОТК» разработали специальную методику, по которой укомплектованные пары термоэлектродной вольфрам-рениевой проволоки должны проходить метрологическую аттестацию. В диапазоне 600–1750 °С калибровка выполняется на воздухе методом сличения показаний с эталонной термопарой ПРО в высокотемпературной печи с использованием герметичных лейкосапфировых чехлов, заполненных инертным газом.

Для метрологической калибровки вольфрам-рениевых термопар при температурах от 1200 до 2500 °С ООО «ОТК», при софинансировании Фонда содействия инновациям, разработало и изготовило специальную установку (рис. 2). Аналогов такой установки нет ни в РФ, ни в ведущих лабораториях мира. Одновременная калибровка нескольких термопар ведется по показаниям эталонного пирометра излучения. Конструкция устройства для калибровки защищена патентом РФ на изобретение, патент зарегистрирован также в бюллетене Китайского бюро по интеллектуальной собственности. Наличие такого оборудования позволяет решать задачи измерения температуры в самых экстремальных условиях эксплуатации.

Система мониторинга температурного профиля печи

ООО «ОТК» поставляет передовые системы мониторинга поля температур печи термообработки, а также температурного профиля нагрева заготовки в печи, которые применяются в технологических процессах нагрева и термообработки металла, керамики и других материалов, в процессах окраски и нанесения покрытий (рис. 3).

Данное решение защищено патентом на полезную модель и включает в себя как собственные разработки



Рис. 3. Система мониторинга температуры заготовок с функцией телеметрии

компании (теплозащитный контейнер и термопары), так и комплектующие импортного производства. Программно-аппаратный комплекс включает в свой состав следующие элементы:

- ▶ автономный регистратор температуры (с питанием от аккумулятора или литиевых батарей), рассчитанный на долговременную работу при температуре 75 или 110 °С. Входные сигналы от термопар различных типов укзываются при заказе;

- ▶ теплозащитный контейнер с полостью для размещения регистратора, который обеспечивает работоспособность системы в течение всего времени нахождения в печи;

- ▶ от 6 до 20 термопар в металлической оболочке с минеральной изоляцией (кабельные), свободные концы которых подключены к регистратору внутри контейнера, а рабочая часть выведена из теплоизоляции; термопары фиксируют температуру в контрольных точках рабочего пространства печи или нагреваемой заготовки;

- ▶ комплект телеметрии (опционально): встроенный в регистратор радиомодуль и приемное устройство, позволяющие передавать данные измерений на компьютер оператора в реальном времени.

Точность измерения сигналов термопар от $\pm 0,3$ до $\pm 1,0$ °С позволяет аттестовать печь по ГОСТ Р 8.568-2017, а также стандарту AMS 2750 E.

Время опроса каналов измерений регулируется от 0,1 секунды до 1 часа, что позволяет получить детальный график изменения температуры. Можно определить момент перехода

заданных порогов температуры, скорость роста или падения температуры по зонам печи, неоднородность поля температур рабочего пространства или нагреваемой заготовки в каждой зоне печи. Данные измерений сохраняются в памяти регистратора и выгружаются на компьютер оператора после проведения измерений. Данные телеметрии регистрируются дополнительно. Генерируется полный отчет о процессе с комментариями оператора. При подготовке к эксперименту в программе можно создать подробное описание печи и изделия, а в дальнейшем сравнивать новые данные с исходными. Таким образом, формируется банк данных предприятия по всем технологическим процессам термообработки.

ООО «ОТК», как предприятие с высоким научно-техническим потенциалом, готово удовлетворить самые сложные и нестандартные запросы потребителей, при этом поставить продукцию или оказать услуги по разумным ценам. Активно ведется импортозамещение датчиков температуры различной номенклатуры. На предприятии действует система менеджмента качества, сертифицированная в системе «Русский регистр» и международной сети IQNet по стандарту ISO 9001:2015.

И.Л. Шкарупа, к. т. н., заместитель директора, ООО «Обнинская термоэлектрическая компания», г. Обнинск, тел.: +7 (484) 397-9915, e-mail: otc@otc-obninsk.ru, сайт: www.otc-obninsk.ru