

## ТЕРМОСТАТ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК НА ДИАПАЗОН 600-1100°C.

К.В. Куриленок, А.В. Крюков.  
НПП «Элемер».

Как известно, эталонные термометры и термопары согласно МТШ-90 градуируются в реперных точках шкалы. В диапазоне 0-1100°C таковыми являются точка плавления галлия, точки затвердевания индия, олова, цинка, алюминия и меди. Международный опыт по созданию таких устройств нашел свое отражение в документах Консультативного комитета по термометрии [1]. В этих документах, в частности, приведены требования к габаритам ампул реперных точек. Важной составной частью реперной точки является термостат, в который помещается ампула. Его метрологические характеристики, наряду со степенью чистоты металла, определяют наклон плато затвердевания (плавления) металлов и, таким образом, погрешность воспроизведения температуры.

В 2003 году в НПП «Элемер» были разработаны и изготовлены термостаты ТРТ-500 для реперных точек галлия, индия, олова и цинка, которые в настоящее время входят в состав рабочего эталона температуры, принадлежащего предприятию. Данные точки были изготовлены в НПП «Элемер» и аттестованы во ВНИИМ. Приписанная им погрешность составляет менее 0,001°C для точек галлия, индия и олова и 0,002°C для точки цинка. Такие значения погрешности свидетельствуют, в частности, и о высоком качестве этих термостатов.

Несмотря на то, что диапазон температур, охватываемый упомянутыми точками, является наиболее востребованным в термометрической практике, нельзя забывать о метрологическом обеспечении измерений и более высоких температур. В первую очередь это касается диапазона до 1100°C и соответствующих реперных точек алюминия и меди. По свидетельству ведущих метрологических центров одной из главных проблем при реализации этих точек является отсутствие качественных термостатов.

Метрологические характеристики термостатов для температур 600-1100°C априори не могут быть лучше характеристик термостатов для диапазона 0-420°C. В последних материалом тепловыравнивающего блока является алюминий с его высокой теплопроводностью. Для более высоких температур требуется принципиально другая конструкция термостата. Это связано с тем, что здесь резко возрастает электропроводимость изоляционных материалов и, соответственно, вероятность электрического пробоя между нагревателем и тепловыравнивающим блоком. Однако эта проблема не является трудноразрешимой в силу того, что НПП «Элемер» на протяжении 5 лет выпускает калибратор температуры КТ-1100 с верхним пределом воспроизводимой температуры 1100°C [2]. В этом случае требовалось лишь переделать калибратор под габариты стандартных ампул, что и было успешно осуществлено.

Термостатирующая часть разработанного термостата ТРТ-1100 имеет три цилиндрических блока из никеля, снабженных датчиками системы регулирования температуры. Верхний и нижний блоки являются охранными и предназначены для выравнивания градиента температуры по высоте основного термостатирующего блока. Все три блока располагаются в цилиндрической кварцевой трубе с внутренним диаметром 65 мм. На трубе намотаны три нагревателя - для каждого из термостатирующих блоков. Диаметр колодца 52 мм, а глубина 410 мм.

Система регулирования в виде 8-канального измерителя-регулятора находится в одном корпусе с термостатирующей частью печи. Измеритель-регулятор реализует ПИД-закон регулирования температуры трех блоков. Температура основного блока измеряется термопарой НН(N), включенной в систему регулирования температуры. Датчиками температуры охранных блоков служат термопары ХА(K). Измерение градиента температуры в основном блоке осуществляется с помощью двух дифференциальных

термопар ХА(К) («низ»-«середи́на» и «низ»-«верх»). Измеритель-регулятор посредством интерфейса RS 232 может подключаться к компьютеру. Задание уставок на плавление и затвердевание возможно как с передней панели термостата, так и по интерфейсу с клавиатуры компьютера. При градуировке термостата значения температур охранных блоков подбираются так, чтобы минимизировать градиенты по высоте основного блока во всем диапазоне температур 600-1100°C. Температуры охранных блоков зависят от воспроизводимой температуры, а сама зависимость представляется в виде полинома, коэффициенты которого хранятся в ППЗУ регулятора. Таким образом, при установке любой температуры данного диапазона автоматически устанавливаются температуры охранных блоков и, тем самым, минимальные градиенты по высоте. При необходимости с помощью специальной программы можно осуществить коррекцию температур основного и охранных блоков.

Основные метрологические характеристики ТРТ-1100 - погрешность поддержания температуры  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  и  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  за 1 час при температурах 1100°C и 660°C соответственно, градиент по высоте в блоке на длине ампулы (24 см) – менее  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Скорость нагрева термостата –  $13^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

С помощью ТРТ-1100 можно проводить градуировку эталонных термометров и термопар 2-го и 3-го разрядов методом сравнения с эталонным прибором более высокого разряда. Для этого в колодец помещается никелевая вставка с отверстиями для эталонного и поверяемых термопреобразователей.

Таким образом, разработанный термостат ТРТ-1100, как и ТРТ-500, в силу своих высоких метрологических характеристик может найти применение в составе рабочих эталонов температуры, вплоть до государственного.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Supplementary information for the International Temperature Scale of 1990, December 1990.
2. Паспорт КТ-1100.