

термографическим, точность и технологические возможности термоэлектрического экспресс-анализа химического состава сплавов.

Технические характеристики установки УТЭА-Ч:

- абсолютная погрешность измерения содержания элементов, %  $\leq 0,1$ ;
- время измерения, мин  $\leq 2$ ;
- потребляемая мощность, Вт  $\leq 20$ ;
- масса, кг  $\leq 7$ .

При промышленном использовании разработанные термоэлектрические методы и средства обеспечивают экспресс-анализ сплавов с требуемой для технологических процессов точностью, что позволяет стабильно получать металлопродукцию с заданными свойствами при минимально возможных затратах.

Технологии термоэлектрического экспресс-анализа защищены патентами Украины и России, внедрены на отечественных и зарубежных предприятиях.

УДК 621.745.5.06./07:536.5

**Л. Ф. Жуков, А. Л. Гончаров, А. Л. Корниенко, Д. А. Петренко,  
М. И. Смирнов, Г. О. Антонов, В. В. Дроздовский**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

## **ПЕРЕНОСНЫЕ КОНТАКТНЫЕ И БЕСКОНТАКТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ**

Непрерывный автоматический термоконтроль на металлургических и нагревательных печах и агрегатах малой емкости не всегда технически и экономически оправдан. Здесь наиболее экономически целесообразным является периодический контроль температуры переносными контактными и оптическими термометрами. С целью его реализации отделом термометрии и физико-химических исследований ФТИМС НАН Украины разработан комплекс переносных термоэлектрических (ТПЦ-К) и оптических (ТПЦ-Б) термометров. Комплекс предназначен для периодических измерений, индикации и регистрации температуры твердых, жидких и газообразных сред, в том числе металлических расплавов и сплавов, в металлургии и металлургии машиностроения.

Периодический термоконтроль основан на:

- погружении термоэлектрических преобразователей в термометрируемую жидкую или газообразную среду либо механическом их контакте с твердой термометрируемой поверхностью;

- бесконтактной пирометрии излучения термометрируемой поверхности в зонах и спектральных диапазонах с наиболее стабильными излучательными характеристиками и пропусканием промежуточной среды с последующей, повышающей точность измерений, обработкой пирометрической информации.

Термометры комплекса имеют унифицированную конструкцию и состоят из микропроцессорного вторичного измерительного преобразователя с автономным источником питания и встроенным цифровым индикатором температуры и специализированных контактных либо бесконтактных термопреобразователей. Во вторичном измерительном преобразователе предусмотрено запоминание 110 значений измеренных температур, которые можно просмотреть на встроенном цифровом индикаторе, либо передать на компьютер через интерфейс RS-232.

Для работы в комплекте с термометрами переносными цифровыми контактными ТПЦ-К (Рис.1) разработан термоэлектрический сменный преобразователь погружения ТСП-Ш (Рис.2).

В термометрах ТПЦ-К применен специальный алгоритм обработки первичной измерительной информации, который сокращает время измерения температуры, в комплекте с ТСП-Ш, в 3-4 раза (до 5-10 с). Также, благодаря материалам и конструкции разработанного термоэлектрического преобразователя дополнительно сокращено время измерения, а также повышена стойкость к агрессивному воздействию жидкого металла. По сравнению с аналогами, рассчитанными на 1-3 измерения, при соблюдении правил эксплуатации ТСП-Ш обеспечивает до 20 измерений температуры железоуглеродистых расплавов.



Рис.1. Термометр переносной цифровой контактный ТПЦ-К.



Рис.2. Термоэлектрический сменный преобразователь погружения ТСП-Ш.

В термометрах переносных цифровых бесконтактных ТПЦ-Б (Рис.3) применен двухцветовой метод измерений, благодаря чему они имеют повышенные метрологические характеристики и, соответственно, расширенную область применения, а также более удобны в практическом использовании.



Рис.3. Термометр переносной цифровой бесконтактный типа ТПЦ-Б.

Таблица 1. Технические характеристики переносных термоэлектрических и оптических термометров.

Наименование	ТПЦ-К	ТСП-Ш	ТПЦ-Б
Характеристика			
Диапазон измеряемых температур, °С	300...2500	600...1700	200...2500
Основная погрешность измерения, %, (°С)	≤1,0	≤(10)	≤1,0
Типы НСХ термоэлектрических преобразователей	ВР (А)-1, ВР (А)-2, ВР (А)-3, ХК (L), ХА (К), ПП (S), ПР (В)	ВР (А)-1, ВР (А)-2, ВР (А)-3, ХА (К), ХК (Е)	–
Масса, кг	≤ 2	≤ 0,1	≤ 2

При промышленном использовании термометры комплекса обеспечивают оптимальное управление технологическими процессами, а также снижение энергозатрат и угара шихтовых материалов, исключение брака и аварий, обусловленных нарушением температурных режимов, повышение срока службы футеровки и производительности теплотехнического технологического оборудования.

Методы и средства комплекса защищены патентами Украины и России, внедрены на отечественных и зарубежных металлургических предприятиях.

УДК 536.521.3

**Л. Ф. Жуков, А. Л. Корниенко, Д. А. Петренко, А. В. Богдан**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

### **ТЕХНОЛОГИИ МНОГОЦВЕТОВОЙ ТЕРМОМЕТРИИ**

Оптическая термометрия основана на термодинамических законах теплового излучения Кирхгофа, Планка, Вина, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана и Ламберта. В настоящее время насчитывается более 60 их формулировок, описывающих различные параметры взаимодействия теплового электромагнитного излучения с веществом в условиях термодинамического равновесия. Оптическая термометрия безальтернативна во многих случаях промышленного наиболее эффективного непрерывного термоконтроля, в том числе при измерениях температуры малых, движущихся, удаленных и высокотемпературных объектов. Поэтому первые оптические термометры создавались практически одновременно с разработкой теории теплового излучения.

До начала 80-х годов прошлого века интенсивно исследовалась «классическая» энергетическая и спектрального отношения пирометрия излучения. В результате этих исследований значительно улучшены метрологические характеристики и расширена область применения оптической термометрии. Сейчас по инструментальным погрешностям и другим характеристикам оптическая термометрия не уступает, и даже превосходит, термоэлектрическую и поэтому широко используется для эталонных измерений температуры и построения МТШ-90.