

наиболее характерных спадающих выпуклых распределений излучательной способности металлов и их сплавов в видимой и ближней инфракрасной областях спектра инструментальные погрешности симметрично-волновой термометрии в реальных условиях не превышают погрешности исходных измерений температур излучения. С увеличением погрешностей измерений исходных одноцветовых температур излучения инструментальные погрешности симметрично-волновой термометрии повышаются. Причем, минимальные инструментальные погрешности имеют место в случае наиболее характерных для условий металлургии, равных погрешностях измерений исходных одноцветовых температур излучения металлических сплавов. Кроме того, за счет компенсации методическими составляющими инструментальных погрешностей симметрично-волновой термометрии ее погрешности измерений существенно снижаются. Это определяет явные преимущества симметрично-волновой пирометрии излучения перед остальными известными методами многоцветовой термометрии. При использовании симметрично-волновой термометрии для бесконтактного и световодного термоконтроля металлов и их сплавов необходимо исключать селективное поглощение регистрируемого на рабочих длинах волн теплового электромагнитного излучения соответственно сопутствующими и специальными промежуточными средами.

УДК 536.521.3

Л. Ф. Жуков, А. Л. Корниенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

МНОГОЦВЕТОВАЯ СИММЕТРИЧНО-ВОЛНОВАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Термоконтроль доминирует и составляет около 30% в метрологическом обеспечении металлургии. При этом использование оптической термометрии во многих случаях является безальтернативным, в том числе для измерений температуры движущегося металла, малогабаритных объектов и непрерывного контроля высокотемпературных процессов. Тем не менее, широкое распространение оптических измерений ограничивается известными проблемами из-

лучательной способности (ε) и пропускания промежуточной среды (τ), особенно при их случайных изменениях.

В результате выполняемых ФТИМС НАНУ исследований установлено, что увеличивая количество длин волн, т.е. переходя от классической к многоцветовой пирометрии излучения можно значительно расширить возможности оптической термометрии и прежде всего для наиболее распространенных окрашенных тел. Эти возможности следуют из пирометрического уравнения многоцветовой оптической термометрии

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{S_{\text{м}}} = \frac{\lambda_{\text{э}}}{c_2} \ln \varepsilon_{\text{э}}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ – эквивалентная длина волны, м;

$\varepsilon_{\text{э}}$ - эквивалентная излучательная способность термометрируемой поверхности;

$S_{\text{пц}}$ - многоцветовая температура излучения термометрируемой поверхности n -го порядка, К.

Например, при $n=3$ $\varepsilon_{\text{э}} = \varepsilon_1 \varepsilon_3 / \varepsilon_2^2$ и $\lambda_{\text{э}} = 1 / (\lambda_1^{-1} - 2\lambda_2^{-1} + \lambda_3^{-1})$,

$n=4$ $\varepsilon_{\text{э}} = \varepsilon_1 \varepsilon_4 / \varepsilon_2 \varepsilon_3$ и $\lambda_{\text{э}} = 1 / (\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1} - \lambda_3^{-1} + \lambda_4^{-1})$ и т.д.

Анализ этого уравнения, и прежде всего его эквивалентных параметров $\varepsilon_{\text{э}}$ и $\lambda_{\text{э}}$, определяет основополагающие направления развития многоцветовой оптической термометрии. Выполненные ранее для исключения методических погрешностей разработки и сложные математические преобразования в итоге сводятся к решению несформулированных прежде задач – определению таких значений длин волн для реальных яркостей или корректировок на фиксированных волнах спектральных яркостей термометрируемого объекта, при которых его эквивалентная излучательная способность равна единице.

Бурное развитие и современное состояние оптических и электронных технологий, в том числе оптоэлектронных, волоконно-оптических, микропроцессорных и компьютерных способствуют значительному снижению инструментальных погрешностей пирометрических систем и стимулируют разработку новых направлений многоцветовой пирометрии излучения. В настоящее время оптическая термометрия по инструментальной точности не уступает термоэлектрической. Поэтому погрешности безальтернативных во многих случаях оптических, в том числе многоцветовых измерений температуры определяются исключительно методическими составляющими, которые в свою очередь в основном предопределяются неизвестными и случайно изменяющимися значе-

ниями излучательной способности термометрируемых объектов и пропусканием промежуточных сред.

В результате исследований влияния оптических спектральных характеристик термометрируемых объектов и пирометрических систем на эквиваленты определяющих параметров и многоцветовые температуры излучения установлено, что измеренные на симметрично распределенных рабочих длинах волн одноцветовые температуры излучения обеспечивает априорную информацию об излучательной способности на средних длинах волн для термометрируемых объектов с различными монотонными спектральными распределениями.

На базе установленных физических закономерностей разработаны симметрично-волновые методы оптической термометрии. Методы используют переносимую излучением информацию о спектральном распределении излучательной способности металлических сплавов при симметричном расположении по спектру длин рабочих волн многоцветовой пирометрической системы.

Метрологические характеристики многоцветовых симметрично-волновых методов исследованы на линейных и нелинейных выпуклых и вогнутых, с различными, перекрывающимися коэффициенты нелинейности и крутизны реальных объектов, распределениями излучательной способности в спектральном диапазоне от 0,5 до 1,1 мкм, при температурах 1400 – 1900 К. Погрешности симметрично-волновых методов не превышают 0,3 %.

УДК 621.745.5.06./07:536.5

Л. Ф. Жуков, А. Л. Корниенко, В.В. Дроздовский

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВОВ НА ВЫПУСКЕ ИЛИ СЛИВЕ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ И АГРЕГАТОВ

Для контроля и управления температурным режимом ваграночной плавки достаточно непрерывно измерять температуру чугуна на выпуске. Значительная инерционность вагранок позволяет измерять температуру расплава в сифоне пирометром излучения с погружаемой в расплав цилиндрической моделью АЧТ. Такое решение целесообразно использовать для непрерывной термометрии чугуна с температурами выпуска близкими к температурам термоди-