

ченням міцності характеризується виріб з максимальним змістом вуглецю й мінімальним кремнію. У структурі таких виробів спостерігається найбільше серед досліджуваної групи кількість перліту в металевій матриці. Зміна ж їхнього рівня більш відчутно до коливань у змісті кремнію, що регулює кількість вільного графіту.

Разом з тим, на ефективність процесу модифікування чавунних виробів значний вплив робить ступінь чистоти розплаву від неметалічних включень, що вимагає додаткових досліджень. Тому робота в цьому напрямку триває.

#### Література

Виробництво та експлуатація листопрокатних валків / [Електронний ресурс] / Н. О. Жижкіна // Наукові вісті Дніпровського університету. – 2010. - № 1. – Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvdu/2010\\_1/10zhnoelv.htm](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvdu/2010_1/10zhnoelv.htm)  
Модифицирование литейных чугунов. Технология контроля над формой включений графита // Материалы фирмы Elkem ASA. - Осло: Elkem ASA, 2000. – 11 с.

УДК 621.745.5.06/.07:536.5

*Л. Ф. Жуков, А. В. Богдан*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев*

### **ОДНОТЕМПЕРАТУРНЫЙ МЕТОД БЕСКОНТАКТНОЙ СПЕКТРАЛЬНО-КОМПЕНСАЦИОННОЙ МНОГОЦВЕТОВОЙ ПИРОМЕТРИИ ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ**

Известной проблемой современной во многих случаях безальтернативной для металлургии оптической пирометрии, является изменение в процессе измерений излучательной способности объекта ( $\epsilon$ ) и коэффициента пропускания промежуточной среды, приводящие к значительным методическим погрешностям пирометрических методов измерения температуры. При оптическом термодатировании большинства металлических сплавов спектральное распределение  $\epsilon$  изменяется в процессе окисления металла, сохраняя при этом линейный или близкий к линейному характер.

Авторами разработан метод спектрально-компенсационной многоцветовой пирометрии излучения с усредненной оптимальной настройкой спектральных характеристик пирометрической системы. Метод обеспечивает снижение методических погрешностей оптического термодатирования за счет получения минимально возможного отклонения эквивалентной излучатель-

ной способности от единицы во всем диапазоне фактических изменений спектрального распределения  $\epsilon$ . В том числе это достигается за счет минимизации эквивалентной длины волны при определении спектральных настроек многоцветовой пирометрической системы.

Например, при испытаниях метода в условиях термодатирования поверхности стальной заготовки под кристаллизатором ( $T=1100-1350$  °С,  $\epsilon=0,2-0,9$ ) погрешности метода находились в пределах от 2 до 7 °С. При этом погрешности классической одно- и двухцветовой пирометрии излучения превышали указанное максимальное значение в 13 и в 9 раз, соответственно.

УДК 621.745.5.06/.07:536.5

*Л. Ф. Жуков, А. В. Богдан*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев*

### **СПЕКТРАЛЬНО-КОМПЕНСАЦИОННАЯ МНОГОЦВЕТОВАЯ ПИРОМЕТРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ДИНАМИЧЕСКИМ ВВЕДЕНИЕМ ПОПРАВКИ**

В результате проведенных ФТИМС НАНУ исследований авторами разработан метод бесконтактной спектрально-компенсационной многоцветовой оптической термометрии с динамическим введением поправки в результате измерений. Известно, что изменения излучательной способности термометрируемого объекта вносят значительную погрешность в результаты пирометрических измерений. Ее значения в температурном диапазоне 1300..1900 К при характерных для металлических сплавов изменениях спектрального распределения излучательной способности могут достигать 96 и 65 К для классических одно- и двухцветовых методов пирометрии.

Метод разработан на основе трехцветовой пирометрии – пирометрии двойного спектрального отношения. Доказано, что по относительным параметрам (ОП) получаемым по характеристической температуре, можно определить состояние излучающей поверхности объекта, а точнее изменения ее излучательных свойств. Величина (ОП) имеет однозначную связь с методической погрешностью температуры излучения, вызванной отклонением эквивалентной излучательной способности от 1. Эта информация дает возможность определять значение температурной поправки по априори рассчитанной градуировочной характеристике, и динамически корректировать результаты в процессе измерений, исключая тем самым влияние излучательных свойств объекта.

Например, при характерных для металлических сплавов изменениях излу-

чательной способности от 0,2 до 0,9 в спектральном диапазоне 0,5...1,1 мкм для температур 1300..1900 К погрешность метода с динамическим введением поправки не превышает 1%.

УДК 621.745.5.06/.07:536.5

*Л. Ф. Жуков, А. В. Богдан, Н. Ф. Зубенина*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев*

### **НОВЫЙ МЕТОД МНОГОЦВЕТОВОЙ ПИРОМЕТРИИ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЗАИМНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ТЕРМОКОНТРОЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ**

В результате исследований доказано, что определенные ранее критические настроечные параметры многоцветовой пирометрии обуславливают гиперболический характер зависимостей многоцветовых температур излучения металлических сплавов от настроечной длины волны. Установлено, что для чистых и окисляющихся металлических поверхностей гиперболическая зависимость многоцветовых температур излучения изменяет свой вид и положение относительно характеристической температуры излучения и температуры металла. Доказано существование и разработан алгоритм определения сопряженных настроечных длин волн, при которых отклонения многоцветовых температур излучения от температуры металла противоположны по знаку и равны по абсолютному значению. В этом случае температура металлических сплавов определяется средним арифметическим многоцветовых температур их излучения, измеренных на сопряженных длинах волн.

Основное отличие разработанного метода от известных заключается в самокомпенсации методических погрешностей, возникающих при качественных и количественных изменениях спектральных распределений излучательной способности металлических сплавов. Погрешности нового метода, в случае характерных изменений излучательной способности окисляющихся металлических сплавов от 0,2 до 0,9 в спектральном диапазоне 0,4-1,1 мкм, не превышают 1,0% при температурах 1300-1900 К. Высокие метрологические характеристики и априорная настройка обеспечивают использование метода для термоконтроля металлических сплавов в сложных термометрических условиях металлургических производств, в том числе бесконтактного контроля температуры заготовки под кристаллизатором.

УДК 621.745.5.06/.07:536.5

*Л. Ф. Жуков, А. Л. Гончаров*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев*

### **ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА**

Термометр переносной контактный ТПК-05 предназначен для периодических измерений температуры металлических расплавов методом погружения.

Термометр состоит из переносного микропроцессорного вторичного измерительного преобразователя (ВИП-П) и штанги с терморазъёмом и сменными термоэлектрическими пакетами типа ТСП.

Технические характеристики ВИП-П.

1. Диапазон измерений, °С 0 – 1800.
  2. ВИП-П обеспечивает работу в комплекте с термоэлектрическими преобразователями типов ТВР, ТПР, ТПП, ТХА и ТХК.
  3. Разрешающая способность ВИП-П, °С 1,0
  4. Объём памяти ВИП-П (значений измеренных температур) 110.
  5. Погрешность ТПК-05 практически определяется погрешностью первичного термоэлектрического преобразователя.
  6. Систематическая составляющая абсолютной основной погрешности ВИП-П, вызванная нелинейностью номинальной статической характеристики первичного термоэлектрического преобразователя, °С  $\leq 0,2$
  7. Погрешность измерений температуры холодных концов, °С 1,0.
  8. Питание ВИП-П осуществляется от 3-х элементов напряжением 1,5 В.
  9. Масса ВИП-П, кг  $\leq 1,0$ .
  10. Функции ВИП-П:
    - автоматическая компенсация температуры холодных концов;
    - диагностика обрыва в измерительной цепи, состояния источника питания и работоспособности электронной части;
    - световая и звуковая сигнализация окончания измерения;
    - напоминание и протоколирование результатов измерений с возможностью последующего считывания по интерфейсу;
    - сокращение времени измерений за счет прогнозирования  $T_{max}$ .
- ТПК-05 комплектуется термоэлектрическими сменными пакетами.
- Отличительной чертой пакета ТСП является снижающая стоимость измерений повышенная стойкость к воздействию металлических расплавов и глина погружения до 80мм.