

оперативной памяти и доступны для просмотра на встроенном индикаторе, а 100 предыдущих сформированы в памяти термометра в виде протокола. Содержание протокола может быть выведено на компьютер через последовательный COM-порт.

При промышленном использовании термометры обеспечивают контроль температуры в диапазоне от  $-50$  до  $+2500^{\circ}\text{C}$  с погрешностями, в большинстве случаев, не превышающими 0,5% и управление тепловыми технологическими процессами, что позволяет снизить энергозатраты и угар шихтовых материалов, исключить брак и аварии, обусловленные нарушением температурных режимов, повысить срок службы футеровки и производительность теплотехнического технологического оборудования.

УДК 621.745.5.06/.07:536.5

**Л. Ф. Жуков, Э. В. Захарченко, Е. А. Сиренко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## **ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕССНЫЙ КОНТРОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУНА**

Для стабильного получения качественного литого металла с заданными свойствами необходимо экспрессно по ходу плавки контролировать температуру, химический состав и ряд технологических характеристик.

1. Термографический экспресс-анализ (ТГА) основан на интерпретации характеристик термограмм охлаждения небольших масс металла (обычно 200-300г; длительность затвердевания - около 2мин.). Обсуждаются состояние и пути повышения точности этого экспрессного и недорогого метода. Подчеркивается, что ТГК- методу, имеющему богатую историю, в настоящее время нет адекватной альтернативы.

2. В чугунолитейном производстве ТГА чаще всего используется для контроля содержания углерода и кремния, углеродного эквивалента, структуры металлической основы и формы графита и реже - некоторых физико-механических и технологических в том числе усадочных свойств. С помощью ТГА контролируют степень инокулирования и модифицирования литых алюминиевых сплавов, содержание фосфора в медно-цинковых сплавах, а также низ-

кие содержания углерода в низколегированных сталях и количество карбидов в износостойких сталях. Используют ТГА и при литье сплавов никеля и кобальта.

3. Несмотря на большое число исследований в области ТГА остаются все же неясными и спорными некоторые важные его стороны, особенно касающиеся точности и воспроизводимости, формы и интерпретации термограмм охлаждения. Даже крупнейшие мировые компании, давно специализирующие на выпуске аппаратуры для ТГА, производят пробницы неоптимальной конструкции, используют математические модели, недостаточно учитывающие влияние сопутствующих и неконтролируемых химических элементов на термограммы охлаждения чугунов.

4. Систематизируется и анализируется с использованием мирового опыта влияние различных факторов на метрологические характеристики ТГА (электропитания приборов; защиты от электромагнитных помех в термоэлектрических цепях; химического состава сплава; конструкции пробоотборника; термической защиты термопар; надежности химических анализов, используемых для проверки метрологических характеристик ТГА; надежности микропроцессорной аппаратуры; достоверности программ обработки результатов ТГА и др.). О важности термоконтроля для ТГА свидетельствует то, что погрешность измерений температуры чугуна в  $1^{\circ}\text{C}$  приводит к погрешности определения содержания углерода около 0,01%, а кремния - 0,08%.

5. На основе анализа перечисленных факторов разработаны практические рекомендации, которые в чугунолитейном производстве могут обеспечить экспериментально подтвержденную погрешность ТГА на уровне 0,03% для углерода и 0,03% для кремния. Это сравнимо с погрешностью определения углерода методом сжигания (0,035%). В Физико-технологическом институте металлов и сплавов Национальной Академии наук (г. Киев) за последние пятьдесят лет накоплен значительный опыт в области ТГА. В настоящее время выполняются работы по модернизации ТГА чугунов. Разрабатываются новые компактные конструкции пробоотборников, оптимизируется размещение и термоизоляция термопар, создаются новые усовершенствованные алгоритмы и программы математической обработки термограмм охлаждения чугунов. Особое внимание обращается на повышение точности и чувствительности, а также снижение инерционности измерений температуры, определение степени точности корреляции между формой термограммы охлаждения на участках ее перегиба и характеристиками металлографической структуры чугунов.