

**Методы и средства высокотемпературных измерений в литейно- металлургическом производстве**

Студент гр.104110 Никитюк П.А.  
Научный руководитель – Рафальский И.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Методы и средства высокотемпературных измерений в литейно-металлургическом производстве используются не только при определении температуры объекта исследования в заданный момент времени, но и для идентификации температур фазовых превращений, при которых происходят процессы, сопровождающиеся либо выделением тепла (например, кристаллизация из жидкости), либо его поглощением (например, плавление, термическая диссоциация). Совокупность таких методов обычно называют термическим анализом.

Наиболее общим методом термического анализа является метод построения кривых "время – температура". Нагревая (или охлаждая) изучаемый объект, измеряют через небольшие промежутки времени его температуру; результаты измерений изображают графически, откладывая время по оси абсцисс, а температуру – по оси ординат. При отсутствии превращений кривая нагревания (охлаждения) идёт плавно; превращения отражаются появлением на кривой изломов или горизонтальных участков ("остановок"). Для определения температур фазовых превращений используют дифференциальные зависимости полученных кривых нагревания (охлаждения).

Также широко в исследованиях применяется дифференциальный метод термического анализа, по которому нагревание (охлаждение) исследуемого объекта ведут вместе и в одних и тех же условиях с веществом-эталоном, которое в условиях опыта не претерпевает превращений. В этом случае на одном и том же графике записывают и кривую "время – температура", и кривую "время – разность температур" объекта и эталона. Эта разность появляется при любом превращении исследуемого объекта, протекающем с поглощением (выделением) тепла.

С помощью термического анализа решается задача получения количественных характеристик (например, фазовый состав, теплота реакций, количество выделившейся фазы) при нагревании (охлаждении) исследуемых объектов. Термический анализ широко применяется при изучении сплавов металлов и сплавов, а также минералов и геологических пород. При этом о характере превращений судят по виду кривой нагревания (охлаждения), а по дифференциальным кривым определяют температуру превращения.

Для записи кривых нагревания и охлаждения металлов и сплавов используют различные регистрирующие приборы, в том числе пирометр Н. С. Курнакова, электронные (автоматические) измерительные устройства, оптические пирометры. Для прецизионных (точных) измерений используют тарированные термопары и специальные термометры.

Огромный вклад в развитие методов высокотемпературных измерений внёс выдающийся учёный Н.С. Курнаков. В 1903 г. Н.С. Курнаков создал прибор для термического анализа, автоматически записывающий температурные кривые плавления и затвердения сплавов (пирометр Н.С. Курнакова). Вместо громоздкого прибора Робертса – Аустена он предложил легкий, компактный барабанный прибор. «Такого рода аппарат, – отмечал Н.С.Курнаков, – вполне заменяет самого усердного наблюдателя и позволяет улавливать явления, которые по своей непродолжительности ускользают от непосредственного исследования». Пирометр Курнакова нашел широкое применение в лабораториях не только самого ученого, но и многих других металлургов. Так, А.А.Байков в одной из своих работ (1910) писал: «Я решил воспользоваться лучшим регистрирующим прибором для записи и применить его для дифференциального метода, именно – превосходным прибором проф. Н.С.Курнакова».

В настоящее время существует множество производителей, осуществляющих разработку и производство более современных средств Heraeus Electro-Nite (Бельгия) является лидером на мировом рынке по производству сенсорных датчиков и измерительных систем для сталеплавильной, алюминиевой и литейной промышленности. В качестве признанного специализированного предприятия по измерительной технике, предназначенной для измерения параметров железа, стали и алюминия в расплавленном состоянии, Heraeus Electro-Nite производит высококачественные сенсорные датчики для высокотемпературных измерений [1].

ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор» – крупная приборостроительная компания, расположенная в России – в промышленно развитом Уральском регионе. Основные направления деятельности предприятий «Теплоприбор» – исследования и разработка, производство и продажа устройств для разных сегментов промышленности, также производство оборудования для термического анализа. Датчики температуры (включая термопары и термометры сопротивления – типа ТХА, ТХК, ТПР, ТПП, ТСМ, ТСП и др.) [2]. Широко известна деятельность компании Nova cast (Швеция), которая осуществляет контроль металлургических процессов плавки серого и высокопрочного чугуна. Известная система ATAS (адаптивная система термического анализа, разработка предприятия) обеспечивает пользователю контроль над производственными процессами, позволяет оперативно изменить технологический процесс с целью его улучшения. Система основана на передовых исследованиях в области термического анализа, которая в сочетании с технологиями искусственного интеллекта позволяет уменьшить литейные дефекты и повысить выход годной продукции.

#### Литература

1. Интернет-ресурс: сайт Heraeus Electro-Nite <http://electro-nite.ru/>
2. Интернет-ресурс: сайт Теплоприбор <http://tpchel.ru/>

УДК 669, 621.74.08

#### **Контроль металлургических процессов при производстве отливок из алюминиевых сплавов с использованием термического анализа**

Студенты гр. 104119 Комарова Т.Д., гр. 104129 Романов А.А., аспирант Морозов Д.С.  
Научный руководитель – Рафальский И.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из основных методов получения данных о свойствах сплавов в процессе плавки является термический анализ пробы расплава. Современные микропроцессорные средства обеспечивают возможность цифровой обработки данных термического анализа в режиме реального времени с высокой точностью, что привело в последние годы к росту практического их применения.

Построение алгоритмов контроля металлургических процессов при производстве отливок с использованных данных термического анализа основано на параметризации кривой охлаждения, с выявлением на ней характерных участков и точек, соответствующих протекающим в сплаве фазовым превращениям. Последние, в свою очередь, взаимосвязаны с химическим составом сплава, содержанием модификаторов, растворенных газов, примесей, металлургической наследственностью и условиями охлаждения сплава.

В большинстве случаев технологические параметры процесса плавки литейных сплавов (температурный режим, состав и реакционная способность рафинирующих и модифицирующих добавок, особенности взаимодействия расплава с материалом футеровки