



## Комплекс сбора данных для высокотемпературных промышленных агрегатов

Панов Е.Н., Лелека С.В., Коржик М.В.,  
НИЦ "Ресурсосберегающие технологии", г.Киев

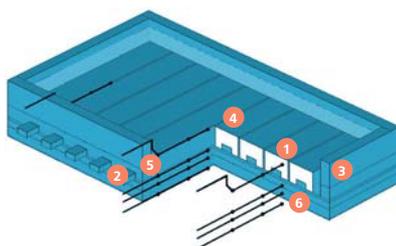
**П**овышение тепловой и энергетической эффективности алюминиевых электролизеров, печей графитового производства и многих других высокотемпературных промышленных агрегатов в металлургии является важнейшим направлением развития ресурсосберегающих технологий в этой отрасли. Но внедрению новых технологий в производство, как известно, предшествует этап серьезных экспериментальных исследований, в данном случае исследований тепловых характеристик агрегата в реальных условиях промышленной эксплуатации. Многие из работ ввиду сложности проведения эксперимента являются уникальными. Рассмотрим кратко некоторые из них, выполненные НИЦ "РТ" в период 1999..2005 г.г.

### Обжиг алюминиевых Электролизеров

Качество обжига подины является одним из основных факторов, влияющих на срок службы катодного устройства алюминиевого электролизера. Подина электролизера формируется из подовых блоков, уложенных на днище из жаростойких материалов. Пространство между подовыми блоками, а также между подиной и бортом, заполняют холоднонабивной подовой массой. Предварительный обжиг электролизера предназначен для приобретения межблочными и периферийными швами требуемых механических свойств, а также для разогрева катодного устройства до температуры пуска электролизера.

Отработка модернизированного регламента пламенного обжига, основанного на исследованиях в области динамики коксования межблочных швов, требует контроля температурного поля подины на протяжении всей кампании. На схеме показаны закладки термопар в катодном устройстве: **1** - подовый блок; **2** - блюмс; **3** - бортовой блок; **4** - межблочный шов;

**5** - периферийный шов; **6** - днище; • - места установки термопар.



Число использованных термопар - 27, максимальная температура подины +96°C, а продолжительность кампании до 74 ч.

### Графитация электродных изделий

Графитация крупногабаритных электродных заготовок осуществляется в электрических печах прямого нагрева (печах Ачесона) и является чрезвычайно энергоемким процессом. Печь выполняют из жаростойкого кирпича. В торцевых стенах устанавливают токоподводы. Керн печи графитации формируют из вертикальных рядов электродных заготовок, пространство между которыми заполняют коксовой пересыпкой. Со всех сторон (кроме мест установки токоподводов) керн окружают теплоизоляционной шихтой. Нагрев заготовок до температуры графитации осуществляется за счет джоулевой теплоты, выделяющейся в коксовой пересыпке при протекании через керн электрического тока.

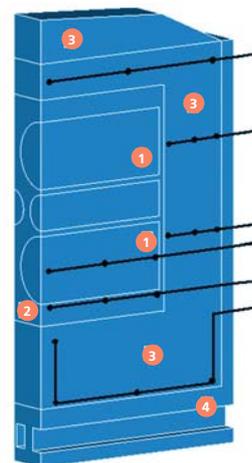
Для выявления путей энергосбережения и повышения качества готовой продукции был проведен ряд экспериментальных кампаний графитации, позволивший оценить динамику изменения температуры в характерных точках печи. На схеме закладки термопар в центральном сечении печи: **1** - электродные заготовки; **2** - коксовая пересыпка; **3** - теплоизоляционная шихта; **4** - огнеупорная

кладка печи; • - показаны места установки термопар. Измерения проводились до разрушения термопар.

При проведении экспериментов на печах переменного тока дополнительная абсолютная погрешность измерения температуры, связанная с появлением индуцированных токов в цепях термопар, не превышала  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Число использованных термопар - до 35, максимальная температура процесса - до +3000°C, продолжительность кампании до 90 час.

Измерение температуры торца заготовки осуществлялось пирометрическим методом.



### Выращивание монокристаллов

Лопатки турбин с повышенным сроком службы изготавливают из заготовок с монокристаллической структурой металла, обеспечивающих требуемые механические свойства. Для каждой лопатки изготавливается высокоточная литейная форма. Партия литейных форм помещается в установку для выращивания лопаток. В каждом рабочем цикле установки обрабатывается до 12 форм. Желаемое направление движения фронта кристаллизации достигается за счет погружения литейных форм в холодильник, выполненный в виде тигля с расплавленным алюминием.

Для термометрического аудита установки был проведен ряд экспериментов. На схеме закладки термопар в

каждой литейной форме: 1 - заправка; 2 - середина пера лопатки; 3 - полка замка лопатки; 4 - тело лопатки; • - места установки термопар.

При измерении дополнительно фиксировались электрические параметры нагревателей, температура расплава алюминия и этапы процесса: начало опускания форм; различные стадии опускания форм; подъем форм и отжиг.

Число использованных термопар - 16, максимальная температура формы +920°C и продолжительность процесса до 5.5 час.

### Аппаратное обеспечение комплекса сбора данных

Все описанные эксперименты выполнялись в тяжелых промышленных условиях: значительные перепады температур в месте установки измерительных приборов, высокое содержание пыли в воздухе (в том числе угольной пыли), сильные электромагнитные помехи, вибрации от работы кранового оборудования и т.п. Для проведения экспериментальных исследований при подобных условиях был создан аппаратно-программный измерительный комплекс на базе технологического комплекта модулей удаленного сбора данных i-7000 (ICP\_DAS, Тайвань).

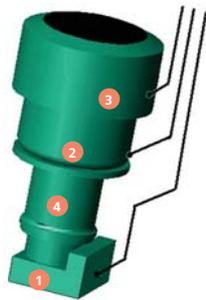
Непосредственно измерение сигналов термопар выполняется при помощи модулей i-7018, каждый из которых обеспечивает 8 дифференциальных каналов ввода сигналов от термопар различного типа с компен-

сацией температуры холодного спая. Выбор данной модели обусловлен возможностью работы не только с термопарами, но также и с токовыми сигналами 0..20 мА или с сигналами напряжения в диапазонах от 0..+15 мВ до 0..+2.5 В. Основная погрешность измерения АЦП не хуже 0.1 %, защита модуля от перегрузки по входным каналам  $\pm 35$  В, напряжение изоляции до 3000 В при частоте опроса до 10 изм./с по каждому каналу. Диапазон рабочих температур модуля -20..+70°C и потребляемая мощность всего 1 Вт. Т.е. можно сказать: i-7018 - очень подходящее устройство для автоматизации описанных экспериментов.

Созданный комплекс позволяет наращивать количество модулей сбора данных до 256. Модули устанавливаются в непосредственной близости от исследуемого объекта. Каждый модуль помещается в защитный стальной бокс, внутреннее пространство которого при необходимости заполняется минеральной ватой.

Информация от модулей сбора данных в цифровой форме передается на терминал по сети интерфейса RS-485 со скоростью обмена 9600 бит/с. Собственно терминал устанавливается на некотором удалении от исследуемого объекта в месте, пригодном для продолжительных наблюдений. Линия связи может быть организована при помощи кабеля UTP RF3698 длиной до 100 м. Участки линии связи, проходящие вблизи высокотемпературных зон, изготавливаются из кабеля с фторопластовой изоляцией.

В качестве терминала, как правило, используется Notebook с установленным специализированным программным обеспечением Index-Tem. Формирование сети интерфейса RS-485 с гальванической развязкой от терминала реализуется при помощи



DIAMOND SYSTEMS CORPORATION

- 40°C

## Плати ВВОДУ-Выводу в стандарті PC/104



### DMM-48-AT



АЦП 16 біт, 200 кГц,  
16SE каналів,  
8хЦАП 12 біт,  
8 вих. реле SPDT  
4 вх. "сухий" контакт  
4 ліній ТТЛ,  
таймер-лічильник 16 біт

### RMM-1612



16хЦАП 12 біт,  
вихід по напрузі,  
24 ліній В/В (82С55)

### OMM-XT



48 ліній В/В (2х82С55)  
3-канальний  
таймер-лічильник (82С54)

### OMM-XT

48 ліній В/В (2х82С55)

### EMM-8M

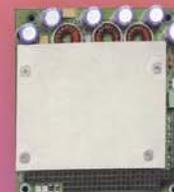


8хRS-232 / 422 / 485

### EMM-8232

8хRS-232

### JMM-512



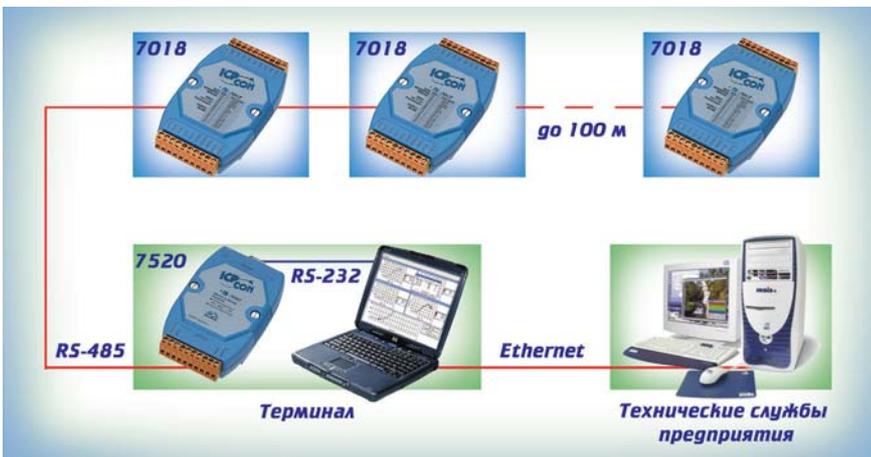
джерело живлення 50Вт,  
+5В / 10А, +12В / 2А

## PANDORA

безкабельна система корпусів  
висотою 1.7" .. 10.0"



www.holit.com.ua



## МЕТАЛЛУРГИЯ

преобразователя интерфейса RS-232/RS-485 типа i-7520. При необходимости терминал может быть подключен к Ethernet сети предприятия с возможностью параллельного наблюдения техническими службами за ходом экспериментальной кампании.

Питание всех модулей комплекса осуществляется напряжением постоянного тока +10..+30 В. Блоки питания устанавливаются со стороны терминала и напряжение питания подается на модули при помощи дополнительных витых пар канала связи.

### Датчики

Как правило, каждая экспериментальная кампания требует использования нестандартных термодатчиков, которые изготавливаются в соответствии с утвержденной схемой эксперимента в лабораториях НИЦ "РТ".

В проведенных экспериментальных кампаниях измерение температур до +1000°C осуществлялось при помощи хромель-алюмелевых термопар (ХА) с диаметром электрода 0.5 мм.

Датчики выполняются в виде термопарных сборок, помещенных в стальные кожухи диаметром до 8 мм. Для изоляции электродов применяется двойная оплетка из высокотемпературной муллито-кремнеземной нити.

Для измерения температур до +1600 °С применяются вольфрам-рениевые термопары (ВР 5/20, 2 или 3 градуировка) с диаметром электрода 0.35 и 0.5 мм. Электроды изолируются муллито-кремнеземными трубками (соломкой). Термопарные сборки помещаются в кожухи из карбида кремния, внутреннее пространство которых заполнено оксидом магния.

Кроме того, в качестве источников сигналов могут использоваться датчики плотности теплового потока (например, ПТП-04, выходной сигнал 0..+100 мВ, максимальная измеряемая температура +300°C) или любые другие аналоговые датчики, обеспечивающие выходной сигнал в одном из поддерживаемых модулем i-7018 диапазонов.

### Программное обеспечение

Используемый в комплексе специализированный пакет IndexTem v1.1 ориентирован на платформу системы Windows и обеспечивает следующие основные возможности:

- тестирование RS-485 сети: регистрация адресов модулей в сети и проверка связи;

- конфигурирование модулей сбора данных: настройка каналов модулей на один из поддерживаемых диапазонов измерения, задание частоты опроса;

- управление процессом измерений: запуск и остановка процедур, связанных с регистрацией информации, поступающей от модулей сбора данных;

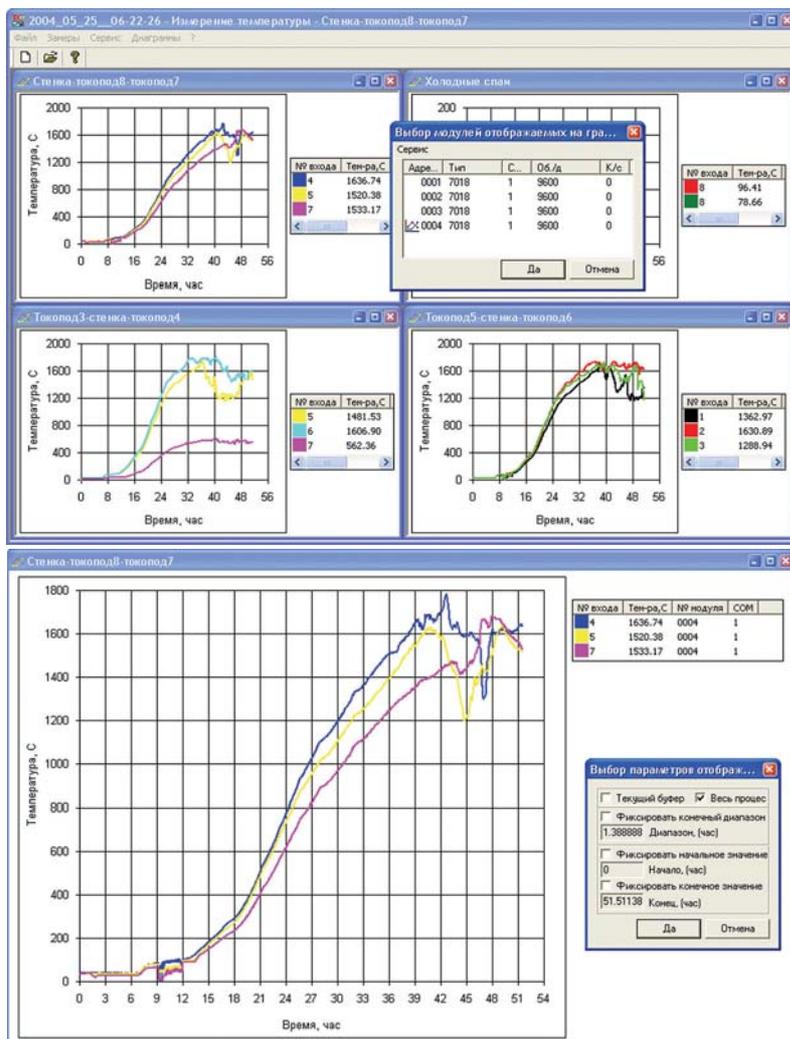
- визуализация данных: отображение результатов измерений указанным способом в реальном времени. Любой канал измерения может быть отображен на любой диаграмме, которая организована как самостоятельное графическое окно. Одновременно может быть реализовано любое число диаграмм;

- ведение базы данных измерений: задание частоты регистрации результатов измерений, формирование баз данных для каждого модуля сбора данных, экспорт данных и др.

Экспорт данных в текстовом формате позволяет обрабатывать и визуализировать результаты измерений другими доступными экспериментатору программными продуктами.

Для измерения температуры комплекс может использовать любые типы термопар. Для этого пакет IndexTem использует предустановленные градуировочные таблицы термопар этих типов. Поправка на температуру холодного спая вычисляется на основе информации от датчиков С/С для каждого модуля i-7018.

Рассмотренный комплекс сбора данных для высокотемпературных агрегатов более пяти лет с успехом эксплуатируется сотрудниками НИЦ "РТ", НТТУ "КПИ" на предприятиях Украины и России, и показал высокую эффективность и надежность работы в сложных промышленных условиях при сравнительно невысоких затратах на его создание.



### КОНТАКТЫ:

т. (044) 241-86-09

e-mail: korzhyk@rst.kiev.ua