



УДК 669.18.58

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕПЛАВА КУСКОВОЙ ШИХТЫ В СЕКЦИОННОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

Е. В. Шаповалов

Предложена АСУТП перепада кусковой шихты в секционном кристаллизаторе, которая функционирует в операционной системе реального времени и использует цифровое управление оборудованием. АСУТП базируется на использовании архитектуры распределенных систем управления. Ее создание планируется в два этапа. На первом, — реализуется автоматизированная система научных исследований, а на втором, — проводится окончательная корректировка системы.

Automatic system of technological process control (ASTPC) for remelting of a lumpy charge in sectional mould is offered, which is functioning in on-line operational system and applies the digital control of equipment. ASTPC is designed with use of architecture of distributed systems of control. Its design is planned for two stages. At the first stage, the automatic system of research works will be realized, at the second one- final correction of system will be made.

Ключевые слова: АСУТП; перепад кусковой шихты; секционный кристаллизатор; безударное управление; система реального времени

В секционном кристаллизаторе переплавляют в основном металлы и сплавы, активно взаимодействующие с воздухом в расплавленном состоянии [1]. В последнее время развивается технология получения крупных мультикристаллических слитков кремния [2], используемого для изготовления преобразователей солнечной энергии в электрическую. Переплавляемая шихта обычно представляет собой некомпактный материал. Ее фракционный состав охватывает диапазон от сотни микрон до кусков с характерным размером 70... 100 мм. При этом возникают технологические трудности, связанные с самим процессом подачи и плавления шихты, в том числе с кристаллизацией и безопасностью процесса.

Стабильность процесса перепада кусковой шихты и безопасность во многом зависят от мастерства плавильщика. Поэтому с целью уменьшения влияния человеческого фактора на протекание технологического процесса наиболее целесообразно оснащать печи автоматизированными системами управления.

Автоматизация установки для перепада кусковой шихты в секционном кристаллизаторе представляет собой сложную задачу, особенностью которой, с одной стороны, является отсутствие пол-

ностью формализованных алгоритмов управления технологическим процессом а, с другой, — повышение требований к надежности управления технологическим процессом. Первое объясняется сложностью и поэтому отсутствием точного математического описания технологического процесса перепада кусковой шихты, второе, — уникальностью кристаллической структуры, иногда высоким уровнем внутренних напряжений в слитке, выходящем из секционного кристаллизатора. Последнее обстоятельство требует применения технологических операций по отжигу слитка непосредственно в печи. При этом качество слитка обеспечивается точностью поддержания параметров и непрерывностью всего технологического процесса. Поэтому при разработке АСУТП целесообразно использовать подходы, позволяющие создавать надежные контуры автоматического управления с высокой степенью готовности к непредвиденным ситуациям, приводящим к прерыванию технологического процесса [3].

Процесс перепада кусковой шихты состоит из следующих операций:

- предварительной подготовки;
- подготовки оборудования к плавке;
- плавки в секционном кристаллизаторе;
- вытягивания и отжига слитка;
- окончания процесса;
- извлечения слитка из печи.

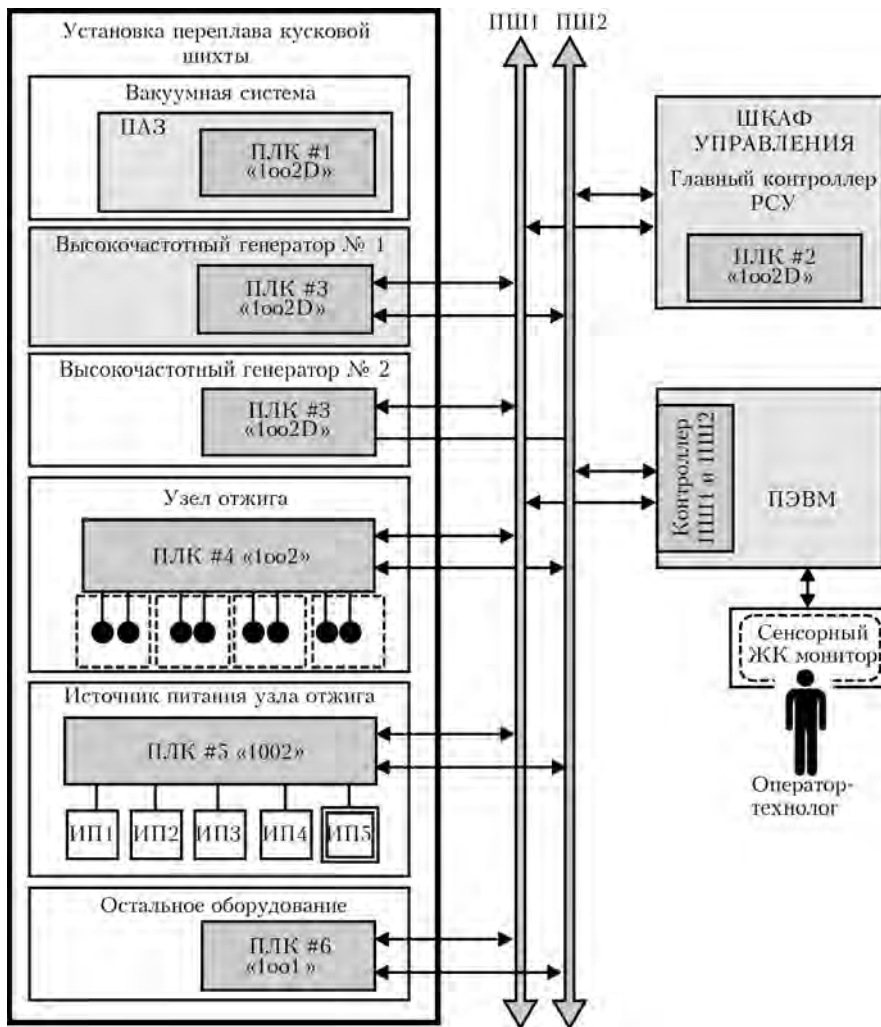


Схема АСУТП переплава кусковой шихты; ИП1, ИП2, ИП3, ИП4, ИП5 — тиристорные источники питания; Тп1, Тп2, Тп3, Тп4, Тп5, Тп6, Тп7, Тп8 — термопары

Каждая операция выполняется в соответствии со своим алгоритмом. В то же время особенно жесткие требования предъявляются при выполнении нескольких ответственных процедур, связанных с обеспечением надежности управления в автоматическом режиме. Они заключаются в следующем:

в случае аварийного отключения или отказа вакуумных насосов в процессе вакуумирования требуется немедленно отсечь вакуумируемое пространство от элементов вакуумной системы с помощью задвижки, что исключает попадание масла из насосов в вакуумпровод и камеру печи;

необходимо обеспечить высоконадежное управление нагревом узла отжига (четыре секции), исключить отказ источника нагрева в целом или любой секции нагрева;

требуется обеспечить высоконадежное управление высокочастотным генератором, т. е. переключение из уставки режима автономной работы в уставку режима дистанционного управления и обратно следует выполнять безударным способом.

Скачкообразное изменение уставки не должно превышать 1 % текущего значения. Это предотвращает нарушение технологического процесса и режима работы высокочастотного генератора. Кроме

того, необходимо обеспечить повторный запуск высокочастотного генератора в случае непредвиденного отключения.

Для упрощения АСУТП, повышения ее надежности и быстродействия наиболее целесообразно цифровое управление оборудованием, которое осуществляется с использованием архитектуры распределенных систем управления (РСУ) [3, 4]. На рисунке представлена разработанная схема АСУТП переплава кусковой шихты. В ней, кроме главного модуля, цифрового управления с правом формировать запросы по шинам ПШ1 и ПШ2, имеются также и другие периферийные модули, которые могут только принимать информацию и отвечать на запросы по шинам ПШ1 и ПШ2. Они предназначены для замыкания локальных контуров управления и реализации задач противоаварийной защиты.

АСУТП переплава кусковой шихты состоит из объекта управления — установки противоаварийной защиты (ПАЗ), распределенной системы РСУ и обслуживающего персонала (оператора-технолога).

Система ПАЗ представлена единственным контроллером ПЛК#1 с архитектурой «1002D». В его задачу входит управление задвижкой, которая от-



секает вакуумное пространство от элементов вакуумной системы (насосов). В случае остановки работы вакуумных насосов контроллер ПЛК#1 должен незамедлительно снять управляющее напряжение с задвижки, вызывая тем самым ее закрытие, что предотвращает всасывание вакуумного масла из насосов в вакуумопровод.

PCY состоит из контроллеров ПЛК#2, ПЛК#3, ПЛК#4, ПЛК#5, ПЛК#6 и ПЭВМ, в состав которой входят контроллеры полевых шин ПШ1 и ПШ2. Работает PCY следующим образом.

Управляющая программа АСУТП переplava кусковой шихты функционирует в операционной системе реального времени, которая инсталлирована в ПЭВМ. В ее задачи входят как интерактивное взаимодействие с оператором-технологом посредством сенсорного жидкокристаллического монитора, так и взаимодействие с главным контроллером PCY — ПЛК#2. Контактное управление управляющей программы ПЭВМ с ПЛК#2 представляет собой периодическое считывание из ПЛК#2 состояния технологического процесса и оборудования, а также выдачу с заданным интервалом времени в ПЛК#2 уставок, которые регламентируют требуемое состояние технологического процесса. Допускается взаимодействие управляющей программы с другими контроллерами PCY только в отладочном режиме.

Главный контроллер ПЛК#2 имеет архитектуру «1002D», что обеспечивает повышенную надежность выполнения возложенных на него функций. В его задачи входит следующее:

- обработка алгоритмов стабилизации технологического режима, который задается множеством уставок, формируемых управляющей программой из ПЭВМ;

- контроль состояния полевых шин ПШ1 и ПШ2 и своевременное реконфигурирование информационных потоков в случае отказа одной из них;

- сбор, накопление данных о состоянии оборудования и контроллеров, а также выдача этой информации в ПЭВМ;

- сбор, накопление данных о состоянии технологического процесса, и выдача этой информации в ПЭВМ.

В случае отсутствия связи с ПЭВМ контроллер ПЛК#2 должен в течение предопределенного времени выполнять стабилизацию технологического режима. При отсутствии связи с ПЭВМ более предопределенного времени контроллер ПЛК#2 выполняет программно контролируемый останов технологического процесса.

Если во время отсутствия связи с ПЭВМ произошел отказ какого-либо канала управления или обратной связи в любом из контроллеров с архитектурой «1002D» или «1002», то выполняется «жесткий» останов технологического процесса не более чем через 1 ч.

Два контроллера ПЛК#3 с архитектурой «1002D» предназначены для реализации дистан-

ционного управления высокочастотными генераторами, которые обеспечивают нагрев и поддержание температуры расплавленной ванны материала слитка выше температуры плавления в кристаллизаторе. Основная задача функционирования этих контроллеров состоит в том, чтобы обеспечивать безударный переход с уставки для мощности генерирования в местном режиме управления на уставку в дистанционном режиме управления и обратно. Каждый из контроллеров имеет в своем составе узел электронного переменного резистора, который имитирует сопротивление потенциометра местного управления. Это позволяет обеспечивать заданную точность согласования уставки дистанционного режима относительно уставки местного управления при выполнении переключения режима работы, а также ограничивать динамику изменения уставки в дистанционном режиме управления.

Контроллер ПЛК#4 имеет архитектуру «1002», что обеспечивает ему повышенную надежность считывания показаний температуры четырех секций узла отжига. Для реализации функции аналогового ввода от термопар их количество должно быть увеличено в два раза — до восьми (против четырех термопар для архитектуры обычного контроллера «1001»). Контроллер обеспечивает преобразование сигналов термопар в показания температуры и по запросу выдает эти значения в главный ПЛК через шины ПШ1 и ПШ2.

Контроллер ПЛК#5 имеет архитектуру «1002», что обеспечивает ему повышенную надежность выдачи управлений для источников питания нагревом секций узла отжига. Количество источников питания увеличено до пяти (против четырех источников питания для архитектуры обычного контроллера «1001»). Из них четыре источника питания должны выполнять непосредственный нагрев четырех секций узла отжига, а пятый — находиться в горячем резерве. В случае отказа одного из четырех работающих пятый источник должен немедленно быть подключен вместо отказавшего. С этой целью в контроллере ПЛК#5 имеется по пять каналов аналогового вывода для формирования сигналов управления источниками питания и аналогового ввода для сигналов от датчиков тока (или напряжения) нагрузки.

Контроллер ПЛК#6 имеет архитектуру обычных контроллеров «1001» и не отличается повышенной надежностью функционирования. В его задачи входит ввод/вывод аналоговых и дискретных сигналов от остального оборудования установки. Контроллер ПЛК#6 конструктивно может быть размещен в отдельном шкафу с набором клеммников, к которым подключаются цепи управления и обратной связи остального оборудования. Задачей функционирования контроллера является считывание сигналов обратной связи и выдача сигналов управления на оборудование установки по командам, поступающим от главного контроллера через шины ПШ1 и ПШ2.

**Выводы**

1. Разработанная архитектура надежной АСУТП переплава кусковой шихты является гибкой и позволяет развивать заложенную в ней концепцию за счет наращивания как аппаратных средств, так и алгоритмов функционирования.

2. Процесс реализации системы следует разбить на два этапа. На первом на основе данной архитектуры целесообразно реализовать автоматизированную систему научных исследований, которая обеспечит отработку технологии, выполнение необходимого множества экспериментов и формализацию процедур управления технологическим процессом. На втором этапе с учетом полученных данных необходимо уточнить технические требования и выполнить окончательную корректировку системы.

1. Григоренко Г. М., Шейко И. В. Индукционная плавка в холодных тиглях и охлаждаемых секционных кристаллизаторах. — Киев: Сталь, 2006. — 320 с.
2. Солнечная энергетика и возможности индукционной гарнисажной плавки в холодном тигле для получения солнечного кремния (Обзор) / А. В. Шкульков, Ю. В. Черпак, С. А. Позигун и др. // Индукционный нагрев. — 2009. — № 3. — С. 16–19.
3. Елизаров В. И., Харисов М. А., Ларионова Н. И. Безопасность и методы резервирования АСУТП. — Казань: Казан. гос. технол. ун-т., 2004. — 84 с.
4. Васильев Р. Р., Салихов М. З. Надежность и диагностика автоматизированных систем: Курс лекций / Под ред. З. Г. Салихова. — М.: МИСиС, 2005. — 92 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 25.06.2012

<http://www.vsm-po.ru>



Корпорация «ВСМПО-АВИСМА» и ОАО «Пермский моторный завод» подписали долгосрочное соглашение на поставку титановой продукции

09 июля 2012 г. ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» подписало соглашение с ОАО «Пермский моторный завод» на поставку продукции из титановых сплавов на период с 2013 по 2015 г. Такой долгосрочный контракт заключается впервые в истории делового партнерства компаний, насчитывающего более пятидесяти лет.

В соответствии с условиями заключенной сделки, ВСМПО-АВИСМА поставит Пермскому моторному заводу полуфабрикаты из титановых сплавов (прутки, листы, трубы, штамповки дисков и колец под программы двигателей гражданского назначения и газотурбинных наземных установок). Суммарный объем продаж в рамках трехлетнего договора составит более 45 млн дол. США.

ОАО «Пермский моторный завод» — российское предприятие, серийно производящее авиадвигатели наиболее современной конструкции, которые успешно конкурируют с зарубежными аналогами. Авиационные двигатели производства ОАО «ПМЗ» сегодня эксплуатируются более чем в 20 ведущих авиакомпаниях России и зарубежных стран. Основу производственной программы последних лет составляет авиационный двигатель ПС-90А и его модификации для пяти самолетов, используемых в отечественных и зарубежных авиакомпаниях, в том числе в летном отряде Президента РФ, а также газотурбинные установки 12 типов для предприятий нефтегазового и энергетического комплекса.