



УДК 669.178.58.001.5

МИКРОКОМПЬЮТЕРНЫЙ ПУЛЬТ ОПЕРАТОРА-ТЕХНОЛОГА АСУ ТП ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ*

Ф. Н. Кисилевский, В. А. Шаповалов, В. В. Долиненко,
П. А. Щербаков, В. В. Якуша, А. Н. Гнздыло

Показано, что наиболее рациональный путь получения крупных ориентированных монокристаллов тугоплавких металлов со стабильными свойствами по технологии плазменно-индукционной зонной плавки связан с разработкой АСУ ТП. Представлено детальное описание одного из функциональных элементов частично автоматизированной системы управления процессом выращивания кристаллов — микрокомпьютерного пульта оператора-технолога. Использование разработанного пульта позволяет существенно облегчить контроль и управление процессом, а также уменьшить влияние субъективного человеческого фактора на воспроизводимость свойств получаемых кристаллов.

It is shown that the most rational way of producing large oriented single crystals of refractory metals with stable properties using technology of plasma-induction zone melting is due to the development of ACS TP. The comprehensive description of one of the functional elements of a partially automated control system of the process of growing crystals, i.e. microcomputer panel of the operator-technologist, is presented. The use of the developed panel enables the operator to make the monitoring and control of the process easier, and also to decrease the effect of a human factor on the reproducibility of properties of the crystals produced.

Ключевые слова: монокристалл; плазменно-индукционная зонная плавка; АСУ ТП; объектно-ориентированный подход; микрокомпьютерный пульт

Вероятностный характер результатов, получаемых в процессе разработки и совершенствования технологического процесса, свойствен большинству промышленных технологий. История развития науки и техники показывает, что на этапах их становления человеческий фактор играет одну из ключевых ролей в стабильности получаемых результатов. В этом плане особенно актуальна роль оператора в развитии уникальных прецизионных технологических процессов, к каковым и относится разработанный в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины способ выращивания крупных ориентированных монокристаллов тугоплавких металлов с применением плазменно-индукционной зонной плавки (ПИЗП) [1]. Отличительная особенность данного способа — применение двух независимых источников нагрева (плазменно-дугового и индукционного). Выращивание монокристаллов происходит путем послынного наплавления расходуемых прутков плазменной дугой на монокристаллическую затравку, расположенную в зоне действия высокочастотного поля индуктора. Степень структурного совершенства, стабильность геометрической

формы, качество боковой поверхности монокристаллов ПИЗП существенно зависят от мастерства операторов. Получение монокристаллов таких тугоплавких металлов, как вольфрам и молибден со стабильными свойствами является необходимым условием для разработки технологических процессов дальнейшей их обработки, к примеру, широкоформатного монокристаллического проката. Это позволяет весьма расширить существующие области применения монокристаллов и возможно выявить новые. Непрерывное регулирование мощности плазменной дуги и высокочастотного нагрева, контроль расхода и состава плазмообразующей смеси газов (аргон+гелий), а также управление ванной жидкого металла при формировании монокристаллов осуществляется, как минимум, тремя операторами. Если учесть, что продолжительность технологического процесса выращивания монокристаллов по технологии ПИЗП превышает 20 ч, то роль человеческого фактора в воспроизводимости свойств получаемых кристаллов становится очень существенной, а ведение процесса можно отнести к категории искусства. Решение этой актуальной задачи связано с разработкой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) выращивания монокристаллов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Научного технологического центра Украины.

© Ф. Н. КИСИЛЕВСКИЙ, В. А. ШАПОВАЛОВ., В. В. ДОЛИНЕНКО, П. А. ЩЕРБАКОВ,
В. В. ЯКУША, А. Н. ГНИЗДЫЛО, 2003

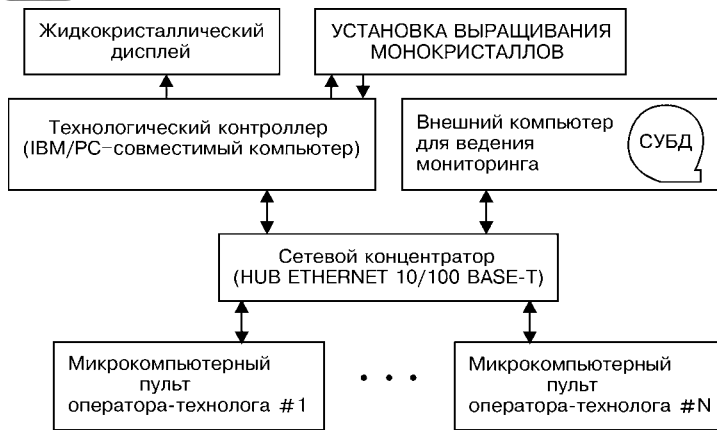


Рис. 1. Укрупненная структура АСУ ТП выращивания монокристаллов

В рамках выполненного комплекса научно-исследовательских и конструкторских работ по изучению и автоматизации процесса плазменно-индукционного выращивания монокристаллов тугоплавких металлов разработана и спроектирована частично автоматизированная система управления технологическим процессом. При разработке архитектуры АСУ ТП выращивания монокристаллов был использован объектно-ориентированный подход [2]. Поэтому АСУ ТП представляет собой сетевую распределенную систему автоматизированного управления (рис. 1), элементы которой объединены посредством сетевого концентратора (HUB Ethernet 10/100 Base-T) и взаимодействуют друг с другом с помощью надежных сетевых протоколов (TCP/IP).

Одним из функциональных узлов АСУ ТП является микрокомпьютерный пульт (рис. 2) оператора-технолога (далее пульт), который предназначен для оперативного управления и контроля технологического процесса выращивания кристаллов. Пульт используется для реализации работы АСУ ТП как в автоматическом, так и в ручном режиме. Применение пульта избавляет от необходимости манипулировать многочисленными кнопками и переключателями и постоянно следить за стрелками при-



Рис. 2. Внешний вид микрокомпьютерного пульта

боров, которые находятся на разных панелях технологического оборудования. Кроме того, пульт реализует проверку выполняемых операций и может заблокировать ошибочные действия оператора.

Пульт структурно представляет собой микроЭВМ типа IBM PC/AT-386-40Mhz (рис. 3), собранную на основе микрокомпьютера ICOP-6015 (рис. 4) [3]. В пульт вмонтирована мембранная клавиатура с усеченным набором кнопок (20 шт.), на выход принтерного порта микрокомпьютера подключен ЖК-индикатор, использованы сетевая карта микрокомпьютера типа NE-2000 и порт последовательного обмена (RS-232). Рабочая программа пульта реализуется на языке C++ и работает в среде ОС MS DOS. Взаимодействие через интерфейс Ethernet 10 Base-T осуществляется с использованием пакета TCP/IP-протокола (типа ОС BSD). Разработана и поставляется программа-драйвер для управляющего компьютера, обеспечивающая взаимодействие с пультом.

Пульт имеет пылебрызгозащищенный корпус, им удобно пользоваться, держа в руках либо разместив в любом необходимом для оператора месте. Пульт позволяет выполнять следующие операции: контролировать текущие значения тока и напряжения плазмотрона; изменять уставку тока плазмотрона; изменять уставку мощности индуктора; управлять подачей левого и правого прутков («ВПЕРЕД», «НАЗАД» и «СТОП»); управлять вытягиванием слитка; управлять перемещением плазмотрона; оперативно изменять параметры технологического процесса в интерактивном режиме; перепрограммировать макрооперации технологического процесса: «ПРОХОД ПЛАВКИ», «ПУСК ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА» и «СТОП ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА».

При разработке управляющей программы для реализации режима в реальном масштабе времени были использованы графы состояний. Пример управляющего графа состояний, который реализует режим коррекции уставок тока плазмотрона и мощности индуктора, показан на рис. 5. Здесь в состоянии «0» с тактом около 1 мс опрашивается порт ввода данных сетевой карты Ethernet и в случае нажатия на пульте кнопок «I» или «W» происходит переход в состояния «1» – «2» или «3» – «4» соответственно, где обрабатывается нажатие кнопок «+» или «-». При этом значение уставки либо повышается на величину «delta», либо уменьшается. При функционировании графа для реализации интерактивного режима работы с оператором на пульт выдаются соответствующие сообщения (процедура «mes»). Для выхода из режима коррекции уставки на пульте должна быть нажата кнопка «C/R» (сос-

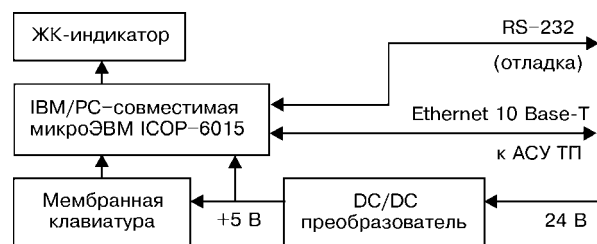


Рис. 3. Структурная схема микрокомпьютерного пульта



тояния «5» – «0»). При нажатии кнопки «Enter» текущее значение настройки присваивается значению уставки и она обрабатывается контурами автоматической стабилизации режима плавки.

Пульт имеет расширенные возможности интерактивного взаимодействия с оператором. Для отображения информации на ЖК-индикаторе реализуются следующие режимы: вывод статического текста; вывод текста с миганием; вывод текста в виде бегущей строки.

Существует специальный режим вывода показаний таймеров, который может использоваться для контроля длительности выполнения технологической операции. Для удобства оператора введен режим индикации текущего времени и даты. Реализован режим блокировки пульта, который может быть использован в ситуациях, когда необходимо ограничить доступ к управлению технологическим процессом. Режим блокировки пульта обеспечивается программными средствами без применения механического замка.

Питание пульта осуществляется от источника постоянного тока. Каналы связи гальванически развязаны относительно цепей питания и друг друга.

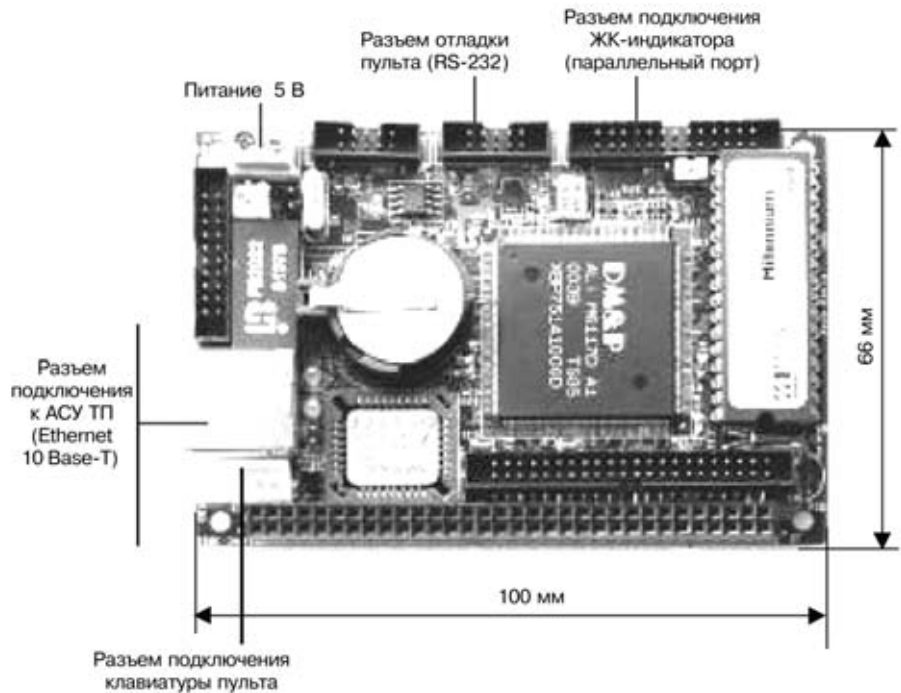


Рис. 4. Схема микрокомпьютера ICOP-6015

Дополнительным преимуществом предлагаемого решения является то, что в составе АСУ ТП возможно одновременно использовать несколько пультов (до 32), которые могут иметь идентичное назначение либо отличаться по своим функциям. Основные технические характеристики разработанного пульта следующие.

Процессор	M6177D 386SX-10
Емкость FLASH диска, Мегабайт	0,512... 288
Знакосинтезирующий ЖК-индикатор	2 строки по 16 символов
Клавиатура	Мембранная, 20 кнопок
Диапазон напряжения питания постоянного тока, В	10... 36
Разъем подключения	Типа 2PM22 КУН10Ш1В1
Потребляемая мощность, Вт	≤4,0
Габаритные размеры, мм	197×184×84
Степень защиты	IP54
Рабочая температура, °С	0... 50

Пульт может также использоваться в составе автоматической системы управления сварочными и сборочными процессами, где требуется постоянный контроль технологических параметров и оператор имеет возможность оперативно вмешиваться в ход технологического процесса.

1. Исследование процесса выращивания плоских монокристаллов вольфрама и молибдена // В. А. Шаповалов, А. А. Коваленко, Ю. В. Латаш и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1993. — № 1. — С. 79–82.
2. Кисилевский Ф. Н., Долиненко В. В. Объектно-ориентированное программирование систем управления технологическим процессом сварки // Автомат. сварка. — 2001. — № 6. — С. 43–49–82.
3. Микрокомпьютеры для встраиваемых применений. Вып. 3 // Каталог 2001, ХОЛИТ Дэйта Системс. — 40 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
Поступила 23.01.2003

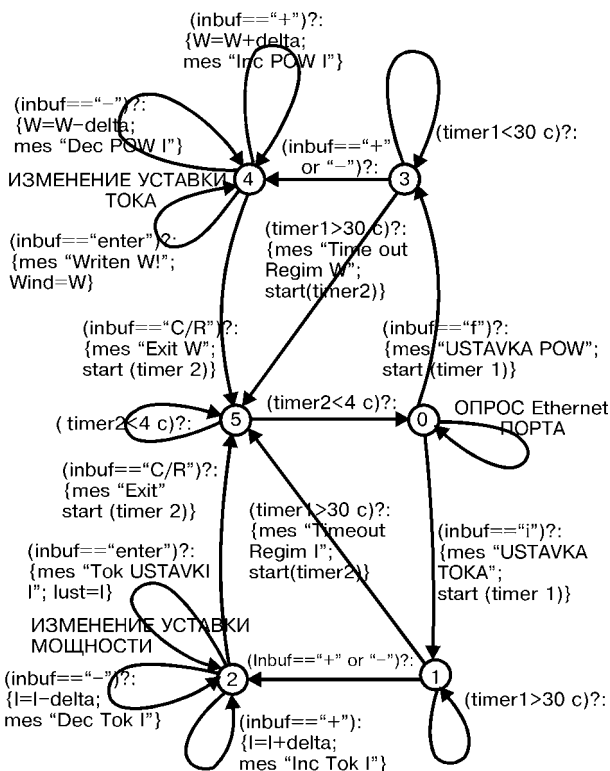


Рис. 5. Управляющий граф состояний для режимов коррекции уставки тока плазмотрона и мощности индуктора