

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВАКУУМНОЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В.В. Плихунов, А.В. Коваленко (ОАО НИАТ)

Рассмотрен вопрос управления ТП вакуумной ионно-плазменной обработки. Приведены основные параметры указанных ТП и представление этих параметров в системе ЧПУ. Предложена схема системы управления для установки, реализующей группу различных ТП вакуумной ионно-плазменной обработки.

Ключевые слова: система управления, ЧПУ, технологическое оборудование, вакуумная ионно-плазменная обработка.

Введение

Развитие современного машиностроения, в частности, авиакосмической отрасли, невозможно без применения технологий поверхностной обработки, позволяющих существенно изменять свойства поверхностных слоев деталей и тем самым обеспечивать повышение их работоспособности. Одним из важнейших направлений развития поверхностной обработки является создание современных вакуумных ионно-плазменных (ВИП) технологий, обеспечивающих формирование на поверхности детали внешних, внутренних и комбинированных покрытий различного служебного назначения [1]. Комплекс физико-химических и эксплуатационных свойств, полученных при поверхностной обработке, значительно отличается от свойств основного материала детали и подбирается исходя из условия эксплуатации изделия.

В современных условиях стагнации практически всех областей машиностроения универсальное оборудование является экономически эффективным при мелкосерийном производстве с большой номенклатурой деталей и разнообразными функциональными покрытиями, формирование которых требует применения различных ТП ВИП обработки. С учетом комплексного подхода к проектированию ТП и технологического оборудования в ОАО «Национальный институт авиационных технологий» (ОАО НИАТ) была разработана и изготовлена универсальная ВИП установка «Радуга» (рис. 1) [2]. Установка реализует технологические процедуры ВИП обработки с помощью 16 источников газовой и металлической плазмы, что обеспечивает получение многокомпонентных и многослойных внешних, внутренних и комбинированных покрытий. Полная автоматизация ТП ВИП обработки проведена на установке «Радуга» с применением специализированной системы управления, основанной на коммерческой системе ЧПУ класса PCNC [3] Siemens SINUKERIK 840D sl, предоставляющей производителям технологического оборудования и его пользователям широкие возможности по ее адаптации для решения соответствующих технологических задач [4, 5].

Особенности системы управления универсальной ВИП установки «Радуга»

На рис. 2 представлена функциональная схема реализации команд в системе управления универсальной ВИП установки «Радуга». Всего в состав установки

входит восемь типов устройств, управляемых системой ЧПУ: электродвигатели станочного комплекса, источники газовой и металлической плазмы (также именуемые испарителями), источник напряжения на детали, система подготовки и напуска газа, блок управления охлаждением и нагревом, блок контроля температуры и блок управления системой вакуумирования.

Станочный комплекс имеет три степени свободы:

- линейное перемещение (Z) одного из источников плазмы вдоль вертикальной оси;
- вращение (C1) рабочего стола вокруг вертикальной оси;
- вращение (C2) обрабатываемых деталей вокруг собственных осей.

Работа каждого источника газовой плазмы определяется двумя параметрами: ток дуги (Id); ток стабилизирующей катушки (Iст).

В зависимости от конструкции источника металлической плазмы для управления его работой добавляется еще один из параметров:

- ток фокусирующей катушки (If) для источников с неуправляемым движением катодного пятна;
- ток управляющей катушки (Iупр) для источников с управляемым движением катодного пятна.

Ток дуги может изменяться по произвольному закону в зависимости от конкретного ТП, в то время как токи стабилизирующей и фокусирующей катушек изменяются только по линейному закону. Особенностью тока управляющей катушки является необходимость задания его формы по периодическому закону

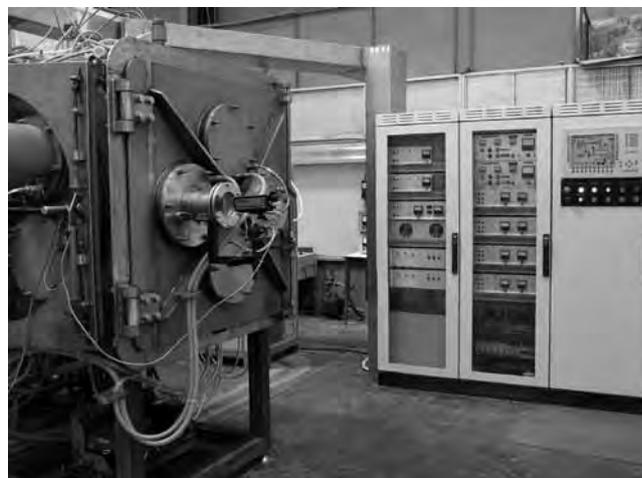


Рис. 1. Общий вид универсальной ВИП установки «Радуга»

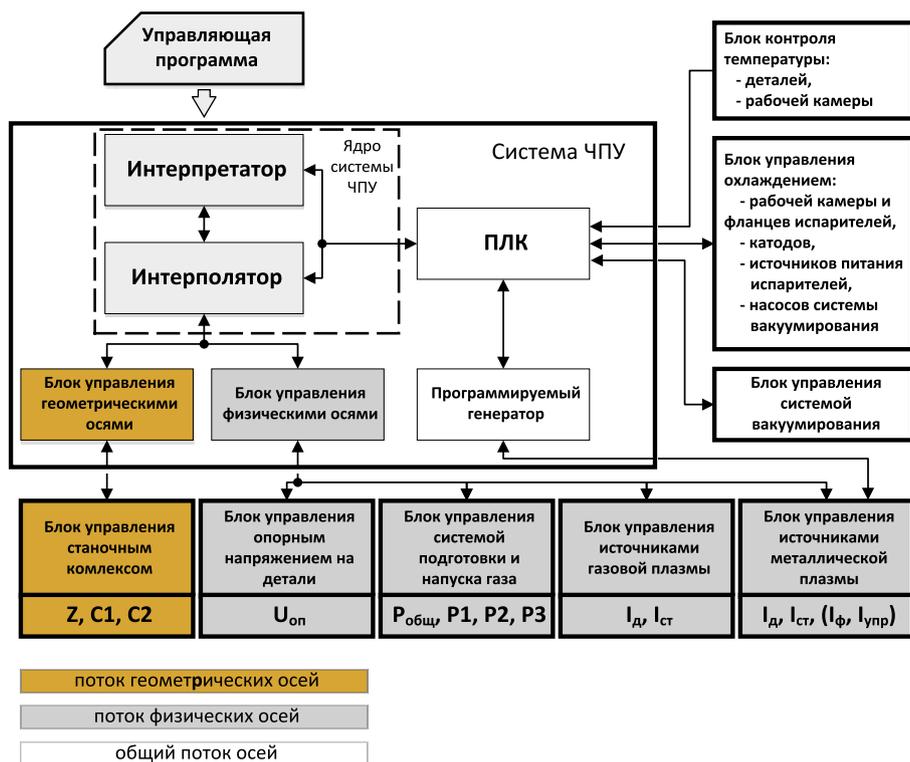


Рис. 2. Функциональная схема системы управления универсальной ВИП установки «Радуга»

с возможностью управления амплитудой, частотой и формой сигнала.

Работа источника напряжения на детали определяется одним параметром — величиной опорного напряжения на детали ($U_{оп}$).

Работа системы подготовки и напуска газа определяется следующими параметрами:

- общее давления газов в рабочей камере ($P_{общ}$);
- процентное содержание напускаемого газа (на установке реализован напуск трех газов — P_1, P_2, P_3).

Необходимо отметить, что процентное содержание каждого напускаемого газа изменяется во времени и обладает некоторой инерционностью, что приводит к необходимости установки внутри рабочей камеры газового анализатора, обеспечивающего контроль соответствия реальной концентрации газов заданному значению. С помощью газового анализатора осуществляется обратная связь при управлении системой подготовки и напуска газа.

Для управления указанными параметрами в системе ЧПУ используются оси, разделенные на два типа: геометрические и физические (таблица) [6]. Под геометрической осью понимается переменная системы ЧПУ, значение которой соответствует положению исполнительного органа, измеренному относительно одной из осей координат пространства, и является его управляющей величиной, а под физической осью — аналогичная переменная, управляющая определенным параметром технологического воздействия на обрабатываемую деталь с помощью физического процесса, применяемого в данном типе технологического оборудования.

Для управления работой станочного комплекса системой ЧПУ используются три геометрические оси: одна линейная и две круговые.

Для каждого источника плазмы в зависимости от его конструкции и принципа работы определен индивидуальный набор физических осей. Поскольку задание тока управляющей катушки не может быть реализовано интерполятором, для этого используется специальный программируемый генератор сигнала, интегрированный в систему ЧПУ. Всего в состав установки входит четыре источника газовой плазмы, восемь источников металлической плазмы с неуправляемым движением катодного пятна и четыре источника металлической плазмы с управляемым движением катодного пятна. Таким образом, для управления работой всех 16 источников плазмы в системе ЧПУ задействованы 40 физических осей.

В системе ЧПУ, наряду с осью общего давления в камере, используется несколько осей процентного содержания напускаемого газа, их число равняется максимальному числу газов, применяемых на установке.

Синхронное управление перемещением деталей, параметрами источников плазмы, величиной опорного напряжения на детали, составом и давлением газов в рабочей камере достигается за счет одновременной интерполяции геометрических и физических осей в рамках единой системы ЧПУ.

Интерпретатор, входящий в состав ядра системы ЧПУ, производит покадровую обработку управляющей программы. Данные из обработанных кадров разделяются на два потока: поток осей ЧПУ, содержащий информацию о законах изменения сигналов геометрических и физических осей, направляемый для дальнейшей обработки в интерполятор, и поток вспомогательных команд, направляемый в ПЛК. Второй поток также содержит команды управления программируемым генератором, выделенным в настоящем исполнении системы ЧПУ в отдельный блок, обмен данными с которым возможен только при помощи ПЛК. После обработки интерполятором, поток осей ЧПУ, в зависимости от их типа, направляется в соответствующий блок, реализующий алгоритмы управления исполнительными органами геометрических или физических осей. Отметим, что для ядра системы ЧПУ геометрические и физические оси являются идентичными, их полная синхронизация достигается

Таблица. Представление параметров ТП ВИП обработки в системе ЧПУ

	Z		
	C1		
	C2		
	I (1..16)		
	I (1..16)		
	I (1..8)		
	I (1..4)		
	U		
	P		
	P1, P2, P3		

Заключение

Особенностью применяемой системы ЧПУ является ее модульный принцип построения, позволяющий гибко конфигурировать систему в зависимости от количества и особенностей подключенных исполнительных органов. Каждый блок управления геометрическими и физическими осями ЧПУ имеет индивидуальную таблицу переменных, определяющих конфигурацию и параметры управляющих контуров.

Использование системы ЧПУ открывает широкие возможности для автоматизации

одновременной обработкой их потоков с единым тактом интерполяции, равным 4 мс.

Для управления исполнительными органами геометрических осей используются штатные для SINUMERIK 840D приводы Siemens SINAMICS S120, соединенные с системой ЧПУ при помощи интерфейса Drive-CLiQ. При этом управление исполнительными органами физических осей выполняется экспериментальными аппаратными модулями, разработанными специалистами ОАО НИАТ. Каждый из этих модулей реализует алгоритмы работы физических осей, относящихся к отдельному источнику технологического воздействия (например, для каждого источника газовой плазмы предусмотрен отдельный модуль, управляющий током дуги и током стабилизирующей катушки этого источника). Обмен данными между модулями, созданными в ОАО НИАТ, и системой ЧПУ осуществляется по промышленной шине PROFIBUS-DP

Для написания управляющих программ используется язык программирования ISO-7bit [7], применяемый ведущими мировыми производителями ЧПУ и получивший широкое распространение в машиностроительных отраслях промышленности, что значительно ускоряет процесс подготовки персонала для работы на ВИП оборудовании и облегчает интеграцию этого оборудования в производственную систему предприятия.

В состав установки также входит набор периферийных устройств (элементы системы охлаждения и нагрева, системы контроля температуры и системы вакуумирования), не требующих интерполяции управляющих сигналов. Управление такими устройствами реализовано при помощи ПЛК, входящего в состав системы ЧПУ.

ТП нанесения покрытия. В настоящее время специалистами ОАО НИАТ проводятся исследования, целью которых является выявление зависимостей между рядом параметров ТП ВИП обработки. Занесение данных зависимостей в систему ЧПУ позволит упростить управляющую программу и тем самым снизить вероятность возникновения ошибки в процессе подготовки этой программы.

Список литературы

1. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий. М.: «Интернет Инжиниринг». 2004. 624 с.
2. Ильин А.А., Плихунов В.В., Петров Л.М. и др. Вакуумная ионно-плазменная обработка конструкционных материалов авиационной техники. // Авиационная промышленность. 2007. №1. С.31-34.
3. Мартинов Г. М., Мартинова Л.И. Современные тенденции в области числового программного управления станочными комплексами // СТИН. 2010. №7. С. 7-10.
4. Плихунов В.В., Коваленко А.В. Адаптация стандартных систем ЧПУ для управления установками электронно-лучевой сварки. // Автоматизация в промышленности. 2010. №5. С.43-45.
5. Плихунов В.В., Коваленко А.В., Шлесберг И.С., Орешкин О.М. Исследование и обоснование выбора конфигурации системы управления для установки лазерно-плазменной обработки поверхности // Автоматизация в промышленности. 2011. №5. С.45- 48.
6. Коваленко А.В. Концепция универсальной системы ЧПУ для современного технологического оборудования // Авиационная промышленность. 2011. №4. С. 36-41.
7. Мартинов Г.М., Обухов А.И., Пушков Р.Л. Принцип построения универсального интерпретатора языка программирования высокого уровня для систем ЧПУ // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. №6. С.42-50.

Плихунов Виталий Валентинович – д-р техн. наук, проф., ген. директор;
Коваленко Артем Валерьевич – канд. техн. наук, начальник научно-исследовательского сектора
 ОАО «Национальный институт авиационных технологий» (ОАО НИАТ).
 Контактный телефон (495) 312-03-81.
 E-mail: avk@niat.ru