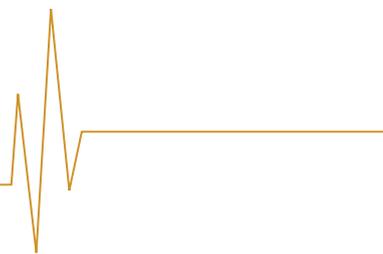




ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧПУ для аддитивного технологического оборудования и гибкой производственной системы

А.В. Коваленко (ОАО НИАТ)

Предложена структурная схема единой системы ЧПУ для управления различными видами аддитивных технологических процессов: порошковым послойным синтезом, наплавкой с использованием прутка или проволоки, послойного ламинирования листового материала и т.д. Приведены особенности управления различными источниками технологических воздействий: энергетическим (источники лазерного излучения, электронно-лучевые энергоблоки), химическим (струйные печатающие головки), механическим (пезвийный инструмент) – проанализированы и обобщены их основные параметры.

Ключевые слова: система ЧПУ, аддитивные технологии, гибкая производственная система.

В настоящее время активно идет развитие отечественного сегмента аддитивных технологий: целым рядом фондов и организаций разработаны программы создания новых решений в этой области, Межведомственной рабочей группой сформирован План развития аддитивных технологий в РФ до 2025 г., охватывающий все основные направления. Особое внимание в большинстве программ уделено созданию отечественных управляющих алгоритмов и их программной реализации. В частности, на V Международной конференции «Аддитивные технологии: настоящее и будущее», состоявшейся в марте 2019 г. во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов, в качестве одной из основных проблем развития аддитивных технологий в РФ было отмечено практически полное отсутствие отечественных разработок программного обеспечения (ПО) в этой об-

ласти, а Фонд перспективных исследований выделил создание отечественного ПО в отдельное направление наряду с разработкой технологического оборудования и новых материалов для аддитивного производства.

Отдельной задачей в разработке программных и программно-аппаратных решений является создание системы управления аддитивным технологическим оборудованием, соответствующей современным стандартам систем ЧПУ и позволяющей включать аддитивное технологическое оборудование в гибкую производственную систему [1]. Данная задача усложняется большим разнообразием аддитивных технологий, используемых в различных отраслях. Однако с позиции управления данные технологии можно классифицировать по трем основным параметрам [2]: тип исходного материала; природа воздействия; среда.

Любое аддитивное технологическое оборудование формально можно представить в виде следующих компонентов (рис. 1): источник технологического воздействия, станочный комплекс и периферийное оборудование.

Источником технологического воздействия является устройство, оказывающее на исходный материал такое воздействие, которое приводит к локальному изменению состояния исходного материала с последующим формированием изготавливаемой детали. Именно источник технологического воздействия определяет один из трех основных параметров, по которым можно классифицировать аддитивные технологии, — природу воздействия. Так, в SLM-технологии в качестве источника технологического воздействия используется лазерный источник.

Станочный комплекс, как и источник технологического воздействия, участвует в формообразовании изготавливаемой детали. Функцией станочного комплекса является взаимное позиционирование источника технологического воздействия и изготавливаемой детали относительно друг друга.

К периферийным устройствам относятся все остальные узлы и агрегаты технологического обо-

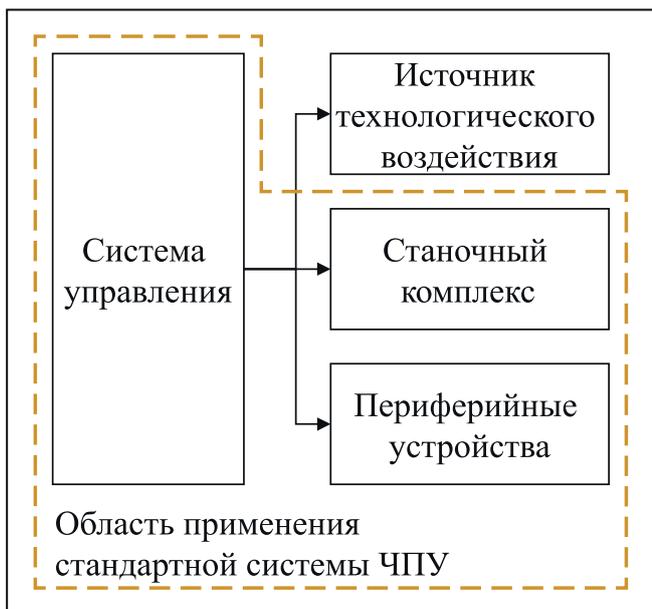


Рис. 1. Схема системы управления аддитивным технологическим оборудованием



Рис. 2. Взаимосвязь параметров лазерного источника технологического воздействия

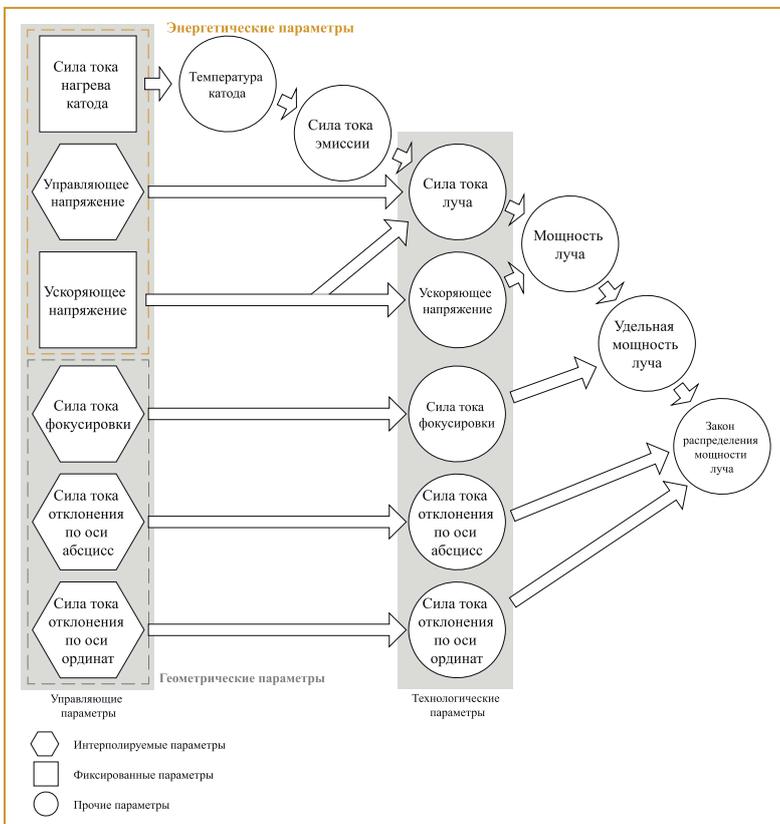


Рис. 3. Взаимосвязь параметров электронно-лучевого источника технологического воздействия

рудования, не участвующие непосредственно в процессе формообразования детали. Например, в число периферийных устройств входят: станция подготовки и подачи защитного газа, система создания и поддержания вакуума, устройство подачи исходного материала, система охлаждения и т. п.

Отметим, что в части управления работой станочного комплекса и периферийных устройств система управления аддитивным технологическим оборудованием полностью аналогична стандартной системе ЧПУ, широко применяемой в механообработывающем технологическом оборудовании [3]. Одной из возможных схем реализации системы управления аддитивным технологическим оборудованием является ее построение на базе коммерческой системы ЧПУ [4], использующей хорошо изученные механизмы управления станочным комплексом и периферийными устройствами [5].

Особенностью является источник технологического воздействия, обладающий собственным набором управляющих параметров и требующий специфичных алгоритмов управления. При этом управляющие параметры могут не полностью совпадать с технологическими — параметрами, записанными в технологической карте процесса. Случаи, когда управляющие параметры не совпадают с технологическими, будут рассмотрены далее.

По режиму работы управляющие параметры делятся на:

- интерполируемые, значения которых изменяются по заданному закону между кадрами управляющей программы [6];
- фиксированные, значения которых поддерживаются постоянными на протяжении обработки.

По специфике управляющие параметры делятся на:

- геометрические — определяющие размеры и форму технологического воздействия;
- энергетические — определяющие количество энергии, подводимой в зону обработки за единицу времени.

При этом наличие всех вышеперечисленных типов параметров не является обязательных для каждого вида аддитивной обработки, однако ее точность может косвенно характеризоваться числом управляющих интерполируемых параметров (в первую очередь — геометрических).

Основными источниками энергетического технологического воздействия, применяемыми в настоящее время в различных аддитивных технологиях, являются: лазерный луч, электронный луч и электрический дуговой разряд. В частности, режим работы лазерного источника технологического воздействия определяется

*Одно из величайших благ,
способствующее точному
употреблению слов, – их
двусмысленность, переменчивость, то
есть гибкость.*

Жозеф Жубер

четырьмя параметрами (рис. 2) [7]: одним энергетическим (мощность луча) и тремя геометрическими (фокусировка луча, отклонение луча по осям абсцисс и ординат). При этом все четыре параметра являются технологическими и требуют интерполяции.

В отличие от лазерного электронно-лучевой источник технологического воздействия имеет различные наборы технологических и управляющих параметров (рис. 3). Так, к управляющим параметрам относятся шесть параметров: три энергетических (сила тока нагрева катода, ускоряющее напряжение и управляющее напряжение) и три геометрических (сила тока фокусировки и две силы токов отклонения по осям абсцисс и ординат). Число технологических параметров на единицу меньше: два энергетических (ускоряющее напряжение и сила тока) и три геометрических, повторяющих аналогичные управляющие. При этом сила тока луча имеет степенную зависимость от ускоряющего и управляющего напряжений [8].

Электродуговой источник технологического воздействия имеет всего один параметр, являющийся одновременно технологическим и управляющим — силу тока дуги.

В качестве источника химического технологического воздействия обычно используется печатающая головка с одним или упорядоченным набором из нескольких сопел, обеспечивающих дозированную дискретную подачу жидкого вещества. В зависимости от конкретной технологии, подаваемое вещество может использоваться в качестве рабочего материала, из которого производится построение детали, или в качестве реагента, вступающего в химическую реакцию с рабочим материалом (как правило, порошком) с последующим формированием детали.

В связи с тем, что дозировка в таких головках обеспечивается аппаратно, управление подачей жидкого вещества осуществляется при помощи дискретных разрешающих сигналов, синхронизированных с перемещением самой печатающей головки.

Поскольку источником механического технологического воздействия является лезвийный режущий инструмент, с позиции системы управления данный тип источника технологического воздействия может быть включен в станочный комплекс. Такое аддитив-

ное технологическое оборудование в настоящее время практически не используется, его можно рассматривать как частный случай механообрабатывающего технологического оборудования.

Функционально большая часть системы управления аддитивным технологическим оборудованием аналогична стандартной системе ЧПУ, в связи с чем одним из вариантов реализации такой системы управления является ее построение на базе коммерческой системы ЧПУ. Для этого базовая система ЧПУ должна отвечать следующим требованиям:

- наличие открытой архитектуры ядра;
- достаточное число одновременно интерполируемых осей — в зависимости от сложности аддитивного технологического оборудования, число одновременно интерполируемых осей может достигать ≥ 10 ед.

Помимо прочего, создание системы управления аддитивным технологическим оборудованием на базе системы ЧПУ, используемой в технологическом оборудовании на остальных подразделениях (в первую очередь это относится к производственным подразделениям предварительной и финишной обработки, входящим в состав аддитивной гибкой производственной системы) позволит повысить степень унификации и сократить сроки на подготовку обслуживающего и технологического персонала.

Список литературы

1. Сироткин О.С. Современное состояние и перспективы развития аддитивных технологий // *Авиационная промышленность*. 2015. № 2. С. 22–25.
2. Коваленко А.В. Построение замкнутой гибкой производственной системы на базе аддитивного технологического оборудования // *Авиационная промышленность*. 2019. № 5. С. 6–7.
3. Martinova L., Martinov G. Automation of Machine-Building Production According to Industry 4.0. In: 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications. 2018. Vladivostok, pp.1-4.
4. Коваленко А.В. Концепция универсальной системы ЧПУ для современного технологического оборудования // *Авиационная промышленность*. 2011. №4. с. 36–41.
5. Nezhmetdinov R., Sokolov S., Obukhov A., Grigor'ev A. Extending the functional capabilities of NC systems for control over mechano-laser processing // *Automation and Remote Control*. 2014. 75(5), pp.945-952.
6. Martinov G., Martinova L. Trends in the numerical control of machine-tool systems. *Russian Engineering Research*, 2010. 30(10), pp.1041-1045.
7. Коваленко А.В., Орешкин О.М. Особенности управления технологическими процессами электронно-лучевой и лазерной обработки от системы ЧПУ // *Автоматизация в промышленности*. 2015. №5. с. 42–46.
8. Коваленко А.В. Автоматизация управления параметрами электронного луча (на примере триодной прямонакальной электронно-лучевой пушки) // *Автоматизация в промышленности*. 2012. №5. с. 34–35.

*Коваленко Артем Валерьевич — канд. техн. наук, зам. генерального директора по научно-исследовательской деятельности ОАО «Национальный институт авиационных технологий»
Контактный телефон +7 (495) 312-11-49.
E-mail: avk@niat.ru*