

ПОСТРОЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА

А.И. Обухов, Л.И. Мартинова, С.В. Соколов, А.С. Григорьев (МГУ «СТАНКИН»)

Приведен обзор структуры программных и аппаратных средств установки послойного лазерного синтеза изделий из порошковых материалов. Предложена модульная архитектура специализированной системы управления, построенная с использованием компонентов базовой управляющей платформы системы ЧПУ «АксиОМА Контрол». На основе предложенной архитектуры построена система управления отечественной установкой послойного лазерного синтеза. Изложены общие результаты исследований технологического процесса послойного синтеза, проведенных с привлечением разработанной системы управления¹.

Ключевые слова: специализированная система ЧПУ, послойный лазерный синтез, программные и аппаратные компоненты, модульная архитектура.

Введение

Ключевой технологией аддитивного производства является лазерный синтез изделий из порошковых материалов. Технология уже более десятилетия активно развивается за рубежом. На отечественном рынке в данном сегменте существует нехватка как аппаратной, так и программной базы. Кроме того, до недавнего времени почти не было теоретических работ на русском языке, посвященных особенностям технологического процесса синтеза изделий из порошковых материалов.

Открытость классических систем ЧПУ, представленных на рынке, ограничена, хотя они и предоставляют возможность интегрировать свои алгоритмы в подсистему реального времени [1]. Они не предполагают возможности менять сам принцип управления устройствами. Поэтому разработчики станков вынуждены подбирать те системы ЧПУ, которые способны реализовать управление специфичным обо-

рудованием. В системах послойного синтеза таким оборудованием являются устройства позиционирования лазерного луча на плоскости рабочего стола.

Использование решений, построенных целиком из специализированных компонентов, неконкурентоспособно, так как разработка ПО является длительным и затратным делом. Поэтому все крупные разработчики ищут пути к повторному использованию набора базовых модулей [2]. Таким образом, в настоящий момент актуально построение специализированных систем управления технологическим оборудованием послойного лазерного синтеза на базе общей управляющей платформы, в значительной степени пригодной для повторного использования в рамках более широкого класса технологий [3].

В настоящий момент используется апробированный подход к модульной компоновке специализированных систем управления, основанный на методе декомпозиции и синтеза решений [4, 5]. Разработчик



Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс послойного лазерного синтеза

¹ Работа выполнена в рамках программы государственной поддержки ведущих научных школ: НШ-3890.2014.9 и при финансовой поддержке Министерством образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности..

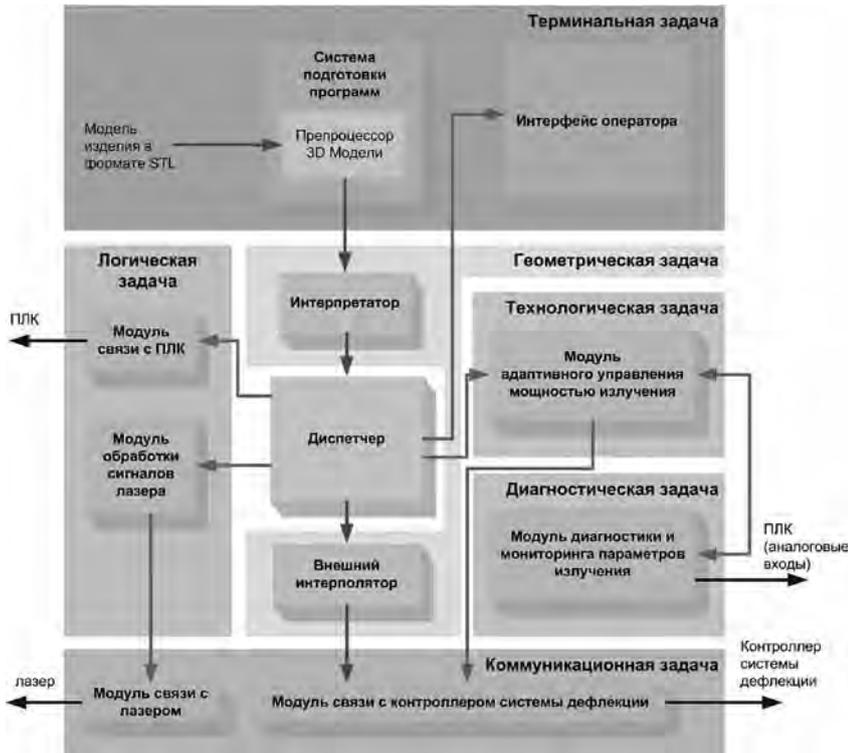


Рис. 2. Модульная структура системы управления установкой лазерного синтеза

системы использует только требуемые для данной технологии программные компоненты базовой управляющей платформы «АксиОМА Контрол». Необходимый набор базовых компонентов определяется на этапе декомпозиции специализированных систем управления.

Применение компонентов базовой управляющей платформы продемонстрировано для реализации системы управления установкой послойного синтеза.

Программно-аппаратная архитектура системы управления послойным синтезом изделий из порошковых материалов

Послойный синтез изделий методом селективного лазерного плавления порошковых материалов заключается в нанесении на рабочую плоскость тонких слоев металлического или керамического порошкового материала с последующим его селективным плавлением с помощью сканирующего лазерного луча [6].



Рис. 3. Технологический комплекс послойного лазерного синтеза

Установка послойного синтеза включает автономный ПЛК, управляющий рабочим столом, столом подачи порошка и механизмом разравнивания порошка, и систему управления лазером (рис. 1). Рабочий стол и стол подачи порошка управляются с помощью приводов подачи в режиме позиционирования от ПЛК. Механизм разравнивания порошка выполнен в виде ролика, перемещаемого между начальной и конечной позициями, он дискретно управляется от ПЛК с помощью пневмоцилиндра. Управление лучом лазера производится системой дефлекции лазерного луча, которая имеет контроллер с автономным интерполятором.

Специфика управления установкой послойного синтеза требует реализации функций, характерных как для непрерывной лазерной обработки, так и некоторых элементов гибридной и многозадачной обработки [7].

На рис. 2 представлена модульная структура системы управления установкой лазерного синтеза, построенной с применением компонентного подхода [8].

В системе подготовки управляющей программы с препроцессором 3D-модели (терминальная задача) трехмерная модель изделия рассекается на слои; сечения конвертируются в траектории перемещения луча, которые затем дополняются технологическими командами для управления рабочими параметрами лазера.

В интерпретаторе команды управляющей программы преобразуются во внутренний формат системы управления.

Диспетчер, являющийся частью базовой управляющей платформы, отвечает за стратегию взаимодействия между всеми модулями системы [9].

Внешний интерполятор отправляет команды управления системе дефлекции луча.

Модуль связи с ПЛК обеспечивает обмен данными с ПЛК по заранее определенному протоколу.

Модуль обработки сигналов лазера в рамках логической задачи останавливает и запускает управляющую программу по внешнему сигналу, осуществляет контроль готовности лазера и выхода его на рабочий режим. Связь модуля обработки сигналов с лазером реализована по последовательному интерфейсу с помощью модуля связи с лазером.

Модуль адаптивного управления мощностью излучения (технологическая задача) корректирует мощность излучения лазера при изменении скорости перемещения луча на резких поворотах, а также при изменении температурных условий в зоне обработки.

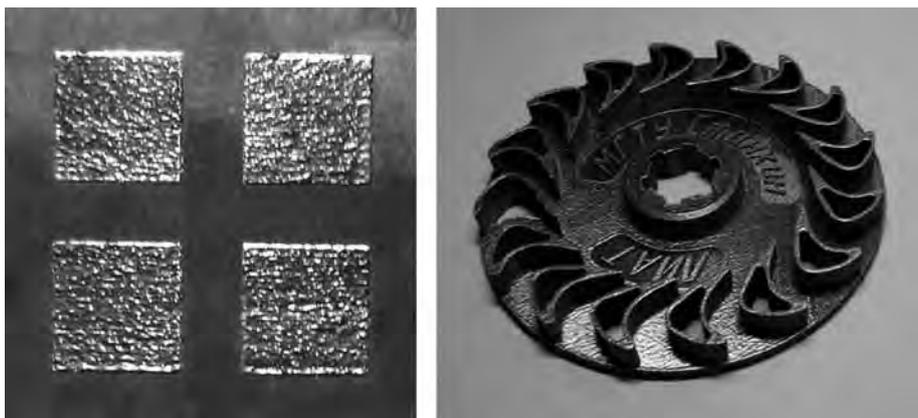


Рис. 4. Экспериментальные образцы слоев и готовые изделия, полученные методом послойного синтеза

Модуль диагностики и мониторинга параметров излучения (технологическая задача) предоставляет данные о текущих условиях процесса обработки, что позволяет модулю адаптивного управления формировать в реальном времени решение о коррекции значения мощности излучения.

Модуль связи с контроллером системы дефлекции (коммуникационная задача) обеспечивает связь с системой дефлекции и реализован в виде драйвера платы управления устройством.

Практические аспекты применения системы управления послойным синтезом

На базе предложенной архитектуры в Государственном инжиниринговом центре при МГТУ «СТАНКИН» разработана система управления установкой послойного синтеза (рис. 3). Система предоставляет оператору спектр необходимых функций, в частности, возможность задавать необходимые технологические параметры обработки. Кроме того, пользовательский интерфейс дает возможность выбирать ряд режимов для проведения технологических экспериментов [10]. На рис. 4 приведены результаты

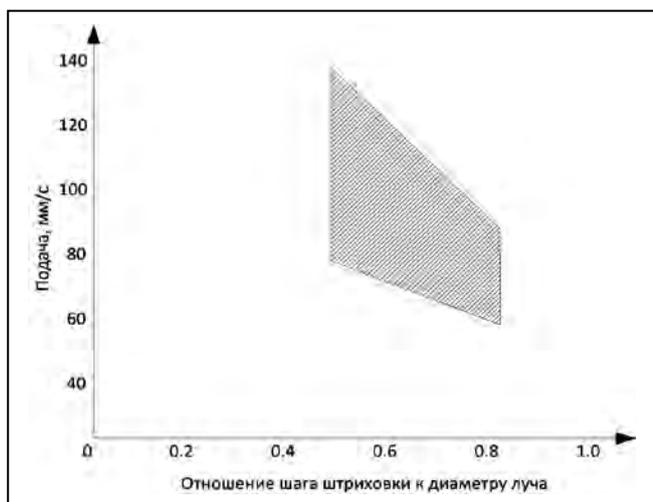


Рис. 5. Зона технологических параметров послойного синтеза

экспериментального синтеза изделий из порошка нержавеющей стали.

На левом снимке представлен экспериментальный образец, полученный послойным спеканием, при толщине слоя 100 мкм, при разной скорости и шаге штриховки. Строки соответствуют скоростям перемещения луча в 80 и 120 мм/с, а столбцы — шагу штриховки в 75 и 100 мкм. Мощность излучения равна 170 Вт, диаметр луча — 150 мкм. Данные образцы получены в атмосфере аргона с примесью воздуха.

На правом снимке показано готовое изделие, полученное при спекании слоев толщиной 100 мкм, при скорости луча 80 мм/с и мощности излучения 170 Вт. Выращивание изделия осуществлялось в атмосфере практически чистого аргона [10].

Проведенные тесты позволили оценить характер влияния технологических параметров на качество изделий. Основной целью экспериментов при отработке технологии послойного синтеза было определение зоны параметров, позволяющих получить твердотельную модель из порошка нержавеющей стали (stainless steel powder) при допустимой пористости. Оценивалось отношение двух основных параметров: подачи пятна луча и шага штриховки слоя порошка. На рис. 5 показано окно допустимых параметров в виде заштрихованного многоугольника. Данные получены при максимальной мощности (170 Вт) и толщине слоя в 80 мкм.

Представленный рисунок является приближением, так как зависимости нелинейны. Но он позволяет оценить основные закономерности. Недопустима как слишком малая концентрация энергии, так и слишком большая. Шаг штриховки не может быть меньше половины диаметра луча, так как это приводит к увеличению температурных градиентов и проявлению других неблагоприятных факторов. Область за пределами зоны соответствует появлению характерных дефектов: образования капель, сильного окисления, неполного плавления слоя или разрывов.

Заключение

На примере системы управления установкой послойного синтеза продемонстрирован модульный подход к проектированию архитектуры и реализации специализированных систем ЧПУ. Синтез специализированных систем выполняется для конкретного технологического комплекса путем компоновки нужных системе программно-аппаратных модулей, являющихся частью базовой управляющей платформы системы ЧПУ общего назначения. Использование готовых компонентов существенно сокращает время разработки

и выпуска на рынок систем управления для широкого круга технологического оборудования [5].

Созданная система управления послойным синтезом позволяет решать задачи, связанные с подбором и оптимизацией параметров технологического процесса синтеза изделий.

Список литературы

1. *Martinov G.M., Martinova L.I.* Trends in the numerical control of machine-tool systems. Russian Engineering Research. 2010. Т. 30. № 10. С. 1041-1045.
2. *Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.* Принципы построения систем ЧПУ с открытой архитектурой // Приборы и системы управления. 1996. № 8. С. 18.
3. *Мартинов Г.М.* Развитие систем управления технологическими объектами и процессами // Вестник МГТУ "Станкин". 2008. №1. С. 74-79.
4. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Григорьев А.С., Обухов А.И., Мартинова Л.И.* Метод композиции и синтеза современных систем с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 9-15.
5. *Григорьев С.Н., Мартинова Л.И.* Подход к построению информационно-вычислительных сред виртуальных производственных корпораций // Межотраслевая информационная служба, №4, 2012. С.31-37.
6. *Childs THC, Hauser C, Badrossamay, M.* Selective laser sintering (melting) of stainless and tool steel powders: experiments and modeling. PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART B-JOURNAL OF ENGINEERING MANUFACTURE, Volume: 219, Issue: 4, pp. 339-357, apr. 2005.
7. *Martinov G.M., Ljubimov A.B., Grigoriev A.S., Martinova L.I.* Multifunction numerical control solution for hybrid mechanic and laser machine tool // Procedia CIRP. 2012. Т. 1. С. 260-264.
8. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Григорьев А.С.* Специфика разработки программного обеспечения для систем управления технологическим оборудованием в реальном времени // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2009. № 52. С. 121-124.
9. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л.* Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2011. № 12. С. 45-51.
10. *Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Обухов А.И.* Практические аспекты применения отечественной многофункциональной системы ЧПУ "АксиОМА Контрол". // Автоматизация в промышленности. 2012. № 5. С. 36-40.

Обухов Александр Игоревич — канд. техн. наук, научный сотрудник,

Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент,

Соколов Сергей Владимирович — канд. техн. наук, научный сотрудник,

Григорьев Антон Сергеевич — канд. техн. наук, научный сотрудник МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499) 972-94-40.

E-mail: e-mail@ncsystems.ru

Мировая премьера на ИННОПРОМ: «космический» трамвай XXI века

В рамках международной промышленной выставки ИННОПРОМ-2014, которая пройдет в Екатеринбурге с 9 по 12 июля, состоится презентация нового сверхсовременного трамвая завода «Уралтрансмаш» (г. Екатеринбург), входящего в корпорацию «УралВагонЗавод». Он станет первым российским инновационным трамваем, выпущенным в серию.

Уникальный городской трамвай нового поколения носит название R1 — Russia One — неслучайно: он на 99% придуман и сделан в России, в его разработке принимали участие дизайнеры спорткара Marussia.

Детали концепции и дизайна R1 хранятся в секрете, компания УВЗ не распространяет фото-материалы о новинке до ее мировой премьеры на выставке ИННОПРОМ-2014. Создатели подчеркивают, что по стилю и эргономичности R1 превосходит современные западные аналоги и, кроме того, обладает еще одним бесспорным преимуществом — его производство дешевле, чем у европейских конкурентов. Еще до премьеры из-за своего «космического» облика и многочисленных технических новинок трамвай получил неофициальное название «I-Phone» на рельсах.

По техническим характеристикам R1 является вагоном челночного типа, который не нуждается в развороте в конце пути: водителю просто нужно переместиться из первой кабины в последнюю. Длина вагона 24 м, ширина — 2,5 м.

Вагон устанавливается на две колесные тележки, с каждой стороны у него четыре прислонно-сдвижных двери со сложной геометрией и кинематикой, именно они создают уникальный внешний облик вагона.

Вместимость R1 в разных конфигурациях составит 190...270 человек, при этом число сидячих мест — 28...50 ед. И в салоне, и в кабине будет установлена система кондиционирования, трамвай будет оснащен GPS и ГЛОНАСС-навигаторами, водитель сможет контролировать внешнюю и внутреннюю обстановку с помощью семи HD-камер наблюдения: четырех внешних и трех внутренних. Новинка от УВЗ также будет оснащена Wi-Fi, современной аудиосистемой и антибактериальными поручнями.

Кузов вагона выполнен из композиционных материалов, модульная конструкция позволяет установить уникальную кабину для каждого города. Благодаря особенностям тележки трамвай сможет ходить даже при ошутимых дефектах рельсового полотна, поэтому в специальной модернизации городских трамвайных путей нет необходимости.

Продукт от УВЗ обещает быть очень гибким: конфигурация салона адаптируется под потребности конкретного города и маршрута, обеспечивая необходимую вместимость и уровень комфорта. Поэтому у R1 есть все шансы стать «фирменным» трамваем чемпионата мира по футболу 2018 г.

[Http://www.innoprom.com](http://www.innoprom.com)