

ПОСТРОЕНИЕ ЗАМКНУТОЙ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ АДДИТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.В. Коваленко (ОАО НИАТ)

Рассмотрена обобщенная структура аддитивной гибкой производственной системы. Показан маршрут движения детали в замкнутом аддитивном производстве. Предложена классификация аддитивных технологических процессов. Обозначены основные проблемы в развитии отечественной индустрии аддитивных технологий.

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

За прошедшие несколько десятилетий аддитивное производство совершило значительный рывок и в настоящее время продолжает активно развиваться. Аддитивные технологии¹ нашли применение не только в машиностроении, но также в строительстве, медицине — список отраслей продолжает расширяться.

По классификации Клауса Шваба, основателя и председателя Всемирного экономического форума, очередным этапом развития технического и технологического оснащения современного общества станет четвертая промышленная революция, в части производства именуемая Industry 4.0 [1]. Industry 4.0 включает девять направлений [2], в числе которых 3D-печать — единый подход к созданию физических объектов по цифровым моделям с использованием аддитивных технологий.

Отечественным ответом технологическим вызовам современности стала разработка Национальной технологической инициативы — долгосрочной (ближайшие 15...20 лет) программы развития отечественных передовых и высокотехнологичных разработок (<http://www.nti2035.ru>). Национальная технологическая инициатива ориентирована на определенные отрасли промышленности, причем аддитивные технологии также заняли в ней одну из ключевых позиций [3].

Несмотря на определенные различия, вышеуказанные концепции обладают рядом схожих задач, в число которых входят: интеграция всех этапов жизненного цикла изделия в единое информационное пространство и мак-

симальная автоматизация производственного процесса — организация взаимодействия машин без участия человека. Таким образом, одним из вариантов дальнейшего развития аддитивного производства является создание гибких производственных систем полного цикла на базе аддитивного технологического оборудования — замкнутых аддитивных гибких производственных систем, построенных по концепции «завода-автомата» [4].

Типовая замкнутая аддитивная гибкая производственная система состоит из семи основных компонентов (рис. 1):

- производственно-технологической службы подготовки и организации производства, осуществляющей постановку изделий на производство и последующую координацию работ остальных подразделений;
- заготовительного производства, осуществляющего подготовку исходного материала и изготовление оснастки, необходимой для остальных производств;
- аддитивного производства, являющегося ядром замкнутой аддитивной гибкой производственной системы, собственно изготавливающего детали с использованием различных аддитивных технологий: SLM, EBM, DMD, SLA, LOM и др.;
- производственного подразделения предварительной обработки, которое в зависимости от технологий, используемых в аддитивном производстве, выполняет: отделение деталей от подложек, удаление вспомогательных площадок и поддерживающих элементов, очистку деталей от остатков порошкового материала, черновую механическую обработку, термообработку и т. п.;
- производственного подразделения финишной обработки, которое также зависит от используемых в аддитивном производстве технологий и при необходимости выполняет: чистовую механическую обработку, лазерную и механическую полировку, нанесение покрытий, маркировку и т. п.;
- подразделения контроля качества исходного материала и деталей, осуществляющего входной контроль и исследование исходного материала, выходной контроль изделий (рентгеноструктурные и физико-механические исследования, контроль размеров, отклонений форм и качества по-



Рис. 1. Структура типовой замкнутой аддитивной гибкой производственной системы

¹ Аддитивные технологии — это послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3D-технологий.

верхности), а также промежуточный контроль на всех этапах производства;

- склада, хранящего исходный материал и готовую продукцию.

Цикл изготовления детали в замкнутой аддитивной гибкой производственной системе проходит под контролем производственно-технологической службы подготовки и организации производства и состоит из семи основных этапов (рис. 2). Взятый со склада исходный материал проходит необходимую подготовку на заготовительном производстве, после чего передается в аддитивное производство, где из него формируется заготовка детали. При этом неиспользованный материал возвращается в заготовительное производство для повторной подготовки. Далее, в зависимости от технологий, используемых в аддитивном производстве, заготовка проходит соответствующую обработку в производственных подразделениях предварительной и финишной обработки. Готовая деталь проходит выходной контроль и в случае признания ее годной передается на склад для дальнейшей реализации.

Построенная по такой схеме замкнутая аддитивная гибкая производственная система позволяет максимально автоматизировать все выполняемые операции на любом из перечисленных этапов и при этом может быть оперативно перенастроена под выпуск новой номенклатуры деталей. При этом в зависимости от профиля замкнутой аддитивной гибкой производственной системы, применяемое в ней аддитивное технологическое оборудование может иметь различные конфигурации.

Аддитивные технологические процессы и реализующее их технологическое оборудование можно классифицировать по следующим показателям: тип исходного материала, природа воздействия, среда.

В настоящее время используются следующие типы исходного материала: порошок, пруток (проволока), лист (рулон), жидкость.

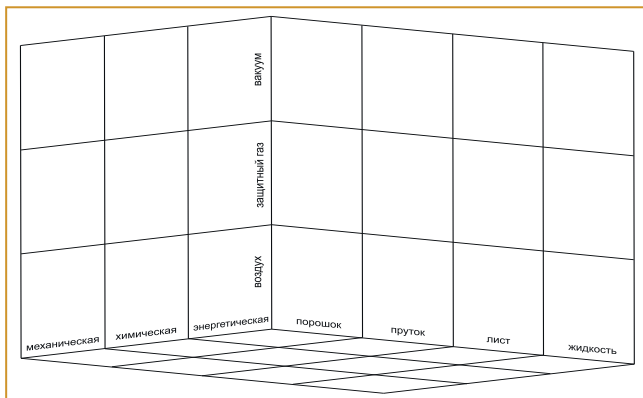


Рис. 3. Классификация аддитивных технологических процессов и реализующего их технологического оборудования

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

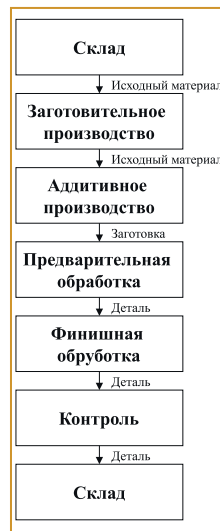


Рис. 2. Цикл изготовления детали в замкнутой аддитивной гибкой производственной системе

Природу воздействия можно разделить на: энергетическую, химическую, механическую.

При этом построение деталей производится в следующих средах: воздух, защитный газ, вакуум.

Таким образом, классификация аддитивного технологического оборудования образует трехмерную матрицу (рис. 3).

Любой из существующих в настоящее время аддитивных технологических процессов находится внутри этой матрицы. Например, SLM-технология образована пересечением: тип исходного материала — порошок, природа воздействия — энергетическая, среда — защитный газ; LOM-технология: тип исходного материала — лист (рулон), природа воздействия — энергетическая, среда — воздух. При этом внутри каждого пересечения (тип исходного материала, природа воздействия, среда) возможно дальнейшее разделение: по химическому составу исходного материала (металл, керамика, полимерные материалы, композитные материалы, бумага), способу его подачи (для порошка — распределение по ра-

бочей поверхности платформы (bed disposition), прямое осаждение (direct disposition)), форме воздействия (для энергетического — лазерное, электронно-лучевое, дуговое).

При появлении новых решений (например, при использовании в качестве среды жидкости или активного газа), данная классификация может быть дополнена соответствующим образом.

Качественный уровень развития аддитивных технологий в РФ достаточно высок, в частности, разработана гамма различного аддитивного технологического оборудования, а также налаживается производство отечественных материалов, однако для построения замкнутой аддитивной гибкой производственной системы этого недостаточно. Как отмечалось на V Международной конференции «Аддитивные технологии: настоящее и будущее», состоявшейся в марте 2019 г. во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов, одной из основных проблем развития аддитивных технологий в РФ является практически полное отсутствие отечественных разработок ПО в этой области. Это касается как САМ/САЕ-систем, так и математического аппарата для систем управления аддитивным технологическим оборудованием.

Список литературы

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М: Эксмо, 2016. 138 с.
2. Bondar K. What is in reality Industry 4.0? // InnovaCima, 2017. Цифровой носитель: <http://www.innovacima.com/en/2017/11/09/what-is-industry-4-0>.
3. Каблов Е.Н. Аддитивные технологии — доминанта национальной технологической инициативы // Интеллект и технологии. 2015. № 2 (11). С. 52-55.
4. Сироткин О.С. Современное состояние и перспективы развития аддитивных технологий // Авиационная промышленность. 2015. № 2. С. 22-25.