

УДК 001.893

## РОЛЬ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ В РАЗВИТИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кубрин Д. С., Гомма М. А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Данная работа посвящена изучению роли координатного контроля в развитии аддитивного производства в условиях развития Индустрии 4.0. Рассматриваются ключевые аспекты координатного контроля, его влияние на качество 3D-печатных изделий.

**Ключевые слова:** аддитивное производство, координатный контроль, геометрические параметры.

### THE ROLE OF COORDINATE CONTROL IN ADDITIVE MANUFACTURING

Kybrun D., Homma M.

Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** This work is devoted to studying the role of coordinate control in the development of additive manufacturing in the context of the development of Industry 4.0. The key aspects of coordinate control, its impact on the quality of 3D printed products, as well as the possibilities of integrating coordinate control systems into the printing process are considered.

**Keywords:** additive manufacturing, coordinate control, geometric parameters.

Адрес для переписки: Кубрин Д. С., ул. Молодежная 31, г.п. Мачулищи 223012, Республика Беларусь  
e-mail: dk250036@gmail.com

Аддитивное производство – это процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной модели, путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от механической обработки и традиционного формообразующего производства.

С развитием Индустрии 4.0 и его стремлением к интеллектуальному производству, где система способна самостоятельно принимать решения, аддитивное производство нашло свое применение. Аддитивное производство, более известное как 3D-печать, переживает бурный рост, предлагая революционные возможности в различных отраслях машино- и приборостроения. Так аддитивное производство позволяет повторить сложную геометрию изделия, снизить затраты на производство изделия не только материальные, за счет уменьшения количества отходов при изготовлении традиционным способом, но и финансовые за счет ненадобности дорогостоящего оборудования и найма широкого штата сотрудников. Однако, производство таким методом некоторых изделий как гипоидные передачи, планетарные редукторы и другие, вызывают сложности, связанные с необходимостью обеспечить точный контроль геометрических параметров изделия. Именно в аддитивном производстве координатный контроль позволяет обеспечить необходимую точность.

Координатный контроль в аддитивном производстве – это процесс измерения и анализа геометрических параметров 3D-печатных деталей с помощью специальных измерительных систем. Он включает в себя определение размеров, формы, положения и ориентации детали относительно системы координат.

Различают следующие типы координатного контроля в аддитивном производстве:

1) послепечатный контроль – контроль проводимый непосредственно после завершения печати с использованием координатных измерительных машин и (или) других измерительных систем. Такой вид контроля может осуществляться с помощью лазерных сканеров, высокоточных камер и тактильных датчиков;

2) встроенный контроль – контроль, проводимый непосредственно в процессе печати. Такой вид контроля создает цикл обратной связи, что позволяет динамически корректировать параметры печати. Встроенный контроль может проводиться координатными измерительными машинами и лазерными датчиками с системой LIDAR. Интеграция систем координатного контроля непосредственно в процесс 3D-печати позволяет улучшить точность, качество и эффективность производства.

Координатный контроль оказывает следующие положительные влияния на развитие аддитивного производства:

1) обеспечение точности геометрии – координатный контроль гарантирует соответствие геометрии проектной модели, позволяет определить отклонения формы и расположения;

2) автоматизация контроля – благодаря циклу обратной связи и обработке собранных данных, возможно снижение затрат, увеличение скорости производства, а также снижение влияния человеческого фактора;

3) использование новых материалов – благодаря координатному контролю имеется возможность использовать более широкий спектр материалов, включая различные металлы, сплавы, композиты и керамику, которые требуют высокой точности нанесения. Однако следует заметить, что не все материалы могут использоваться по причине своей высокой температуры плавления,

низким показателем адгезии, высокой вязкостью. Такие материалы как: титан, вольфрам, ниобий, полипропилен и другие, требуют особенной технологии, оборудования и использования специальных составов для обеспечения сцепления изделия с печатной платформой;

4) расширение возможностей единичного производства – координатный контроль позволяет создавать персонализированные изделия, что открывает новые возможности в медицинской отрасли, а также расширяет возможности для будущих исследований;

5) возможность создания изделия для эксплуатации в опасных условиях – координатный контроль позволяет создавать изделия для опасных условий, где имеет место высокие температуры, давления, перегрузки, в отраслях где традиционные методы производства не эффективны. К таким отраслям относятся авиастроение, космическая отрасль.

Хотя координатный контроль имеет важную роль в аддитивном производстве, но у него есть и ряд существенных недостатков, которые в данный момент времени исправить невозможно, а именно:

1) координатный контроль не способен полностью обеспечить необходимое качество изделия, в связи с дефектами, возникающими в результате плохой спекаемости порошка или смолы внутри изделия, а именно: трещинами, металлическими включениями, не спеченными порошками. Данную проблему может решить технология компьютерной томографии;

2) координатный контроль увеличивает время производства из-за его ограничения скорости, обусловленное высокой точностью и плавностью перемещения измерительного щупа;

3) система координатного контроля довольно дорогостоящее и сложное устройство, которое

вынуждает производителя нанимать квалифицированных сотрудников, что в конечном итоге повышает стоимость изделия. Это также ограничивает доступность в приобретений 3D-печатных изделий для некоторых компаний и организаций;

4) влияние на точность тепловых деформаций в результате длительной работы устройства, нагрева печатающей головки, температуры печатного материала, это в конечном итоге снижает точность позиционирования и вынуждает к применению мер компенсации тепловых деформации.

Координатный контроль играет ключевую роль в развитии аддитивного производства, позволяя обеспечивать качество и точность изделий, оптимизировать и автоматизировать производственный процесс, создавать новые возможности для инноваций. Без эффективного координатного контроля аддитивное производство не может достичь своего полного потенциала и преобразовать множество отраслей. Однако открытыми остаются вопросы о структурной целостности 3D-печатных изделий, их внутренних дефектах, что может значительно снизить эффект координатного контроля, а также о времени, затраченном на производство изделия, и как следствие о стоимости конечного изделия.

#### Литература

1. Канищев М. В. Введение в аддитивные технологии / М. В. Канищев, Л. М. Ульянов. – 1 изд. – Москва: Издательский дом НИТУ «МИСиС», 2023. – 352 с.
2. Измерительное и контрольное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hexagon.com/company/divisions/manufacturing-intelligence>.
3. Контрольно-измерительные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ndt.by/news/stati>.