УДК 621.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М. Л. ХЕЙФЕЦ, Н. Л. ГРЕЦКИЙ
Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Комплексы технологического станочного оборудования прошли в своем развитии ряд этапов. По сравнению с универсальным станочным оборудованием современное производство, использующее компоненты искусственного интеллекта, позволяет повысить эффективность в десятки раз при обеспечении все более возрастающих требований к качеству продукции.

Началом первого этапа развития технологических комплексов можно обозначить автоматизацию 1970-х гг. на основе числового программного управления (ЧПУ). В постиндустриальных странах с середины 1980-х гг. наметился переход от обрабатывающих центров к гибким производственным системам с элементами интеллектуального производства.

Развитие средств микроэлектроники явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую, так и электронно-управляющую части. Новые этапы развития гибкой автоматизации производственных систем связаны прежде всего с предельной концентрацией средств производства и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий. В результате мехатронные технологические комплексы объединяются в гибридное компактное интеллектуальное производство (CIM – Compact Intelligent Manufacture), основанное на сочетании различных интенсивных, в том числе аддитивных, технологий, прогрессивного оборудования и интегрированной системы управления.

Современный уровень развития информационных технологий в промышленности обеспечил переход к использованию технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства во времени на всех этапах жизненного цикла продукции: от ее проектирования до эксплуатации и утилизации, т. е. к CALS-технологиям (Continuous Acquisition and Life-cycle Support). Единое информационное пространство позволяет разрозненным комплексам компактного производства интегрироваться в виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, которые обладают единой информационной ERP-системой (Enterprise Resource Planning) для использования в компьютерной поддержке этапов жизненного цикла продукции. После пространственно-временной интеграции производственных процессов и жизненного цикла изделий следуют этапы, обеспечивающие компактность производства на основе технологий аддитивного производства (AM – Additive Manufacturing). Аддитивные технологии синтеза композиционного материала и формообразования изделия обеспечивают высокую эффективность

за счет сокращения длительности и числа производственно-технологических этапов жизненного цикла изделий.

Анализ производства и адресной поставки кастомизированных изделий с учетом внешней и внутренней логистики предприятий можно дополнить прогнозом на ближайшее будущее, которое обусловлено новой парадигмой производства, связанной с промышленным интернетом вещей (IIoT – Industrial Internet of Things) и называемой «Индустрия 4.0». В основе зарождающихся этапов новой эпохи лежит массовая компьютеризация и глобализация интернета. Дальнейшее развитие производства прогнозируют на базе машинного обучения (ML – Machine Learning) и искусственного интеллекта (AI – Artificial Intelligence). Сочетание робототехники и 3D-печати на основе машинного обучения с интернетом вещей в глобальной сети и искусственным интеллектом уже сегодня позволяет создавать полностью автоматизированные производства. Одновременно с эволюцией производственных технологий идет прогресс биомедицинских технологий, с которыми связывают «Индустрию 5.0». По прогнозам, носимая электроника начнет замещаться имплантами, в 2030-х гг. 3D-принтеры приступят к печати новых органов, а к 2040-м гг. нанороботы начнут ремонтировать организм на клеточном уровне.

Рассматривая комплекс технологического станочного оборудования с позиций компьютеризации производственной деятельности, его модули, узлы и детали следует проектировать как устройства компьютерной периферии, построенные по той же архитектуре, что и ЭВМ. Анализ процессов производства деталей без формообразующей оснастки (3D-печати) в зависимости от агрегатного состояния исходного материала, размерности потоков формообразующей среды и последовательности технологических операций позволяет описывать совокупность методов прямого «выращивания» изделий в виде диаграммы структурных связей.

Диаграмма структурных связей представляет собой направленный замкнутый граф и описывает автомат с конечным числом состояний. Вершины графа изображают процессы создания изделий без формообразующей оснастки и представляют логические операции: трансляцию информации; движение потоков вещества и энергии; запуск и остановку автоматического цикла. Описание алгоритмами в соответствии с терминами логических операций процессов 3D-печати дает возможность по диаграмме структурных связей анализировать существующие и разрабатывать новые методы прямого «выращивания» изделий. Проведенный анализ методов прямого «выращивания» деталей машин показал особую перспективность разработки процессов послойного синтеза с управляемым формированием свойств материала потоками энергии.

Организация обратных связей при управлении технологическим оборудованием через степени свободы инструментов, частиц наносимого материала и удаляемого слоя посредством дополнительных воздействий потоками энергии позволяет управлять устойчивостью процессов формирования поверхностного слоя.