



МОДУЛЬНЫЙ МНОГООСЕВОЙ ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

MODULAR MULTIAxis MACHINING CENTER FOR NANOINDUSTRY

А.Ахметова^{1,2,3}, Ю.Белов^{1,2}, И.Яминский^{1,2,3} / yaminsky@nanoscopy.ru
A.Ahmetova^{1,2,3}, Yu.Belov^{1,2}, I.Yaminsky^{1,2,3}

Новый модульный обрабатывающий центр предназначен для решения широкого спектра задач в области промышленности и образования.

New modular machining center is developed for a wide range of applications in industry and education.

Совершенствование средств производства является главной предпосылкой и доминантой быстрого индустриального развития. Особенно важен этот процесс в наноиндустрии, где сложность производственных процессов выше, чем где бы то ни было.

Основной задачей описываемого проекта является создание высокоточного модульного обрабатывающего центра для образовательных задач, а также для выпуска научной аппаратуры и технологического оборудования для наноиндустрии. Современные производства, в отличие от заводов-гигантов недалекого прошлого, становятся в высшей степени компактными, энергоэффективными и в существенной степени мобильными. Одновременно актуальным трендом в развитии современной аппаратуры является миниатюризация. Если раньше многие научные приборы, например прецизионные спектрометры, с трудом размещались в больших лабораторных помещениях, то сегодня их по размеру можно сравнить с ноутбуком. Многие современные нанотехнологии основаны на использовании сканирующего зондового микроскопа, который является компактным прибором, размещающимся на небольшом лабораторном столе [1].

Производство новой продукции следует совмещать с образовательной деятельностью. Например, в Центре молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) "Нанотехнологии" про-

водится ежегодный конкурс "Мой первый завод". В одной из номинаций этого конкурса молодым участникам предлагается рассказать о заводе, директором которого они хотят стать и который будет выпускать полезную продукцию. О победителях этого конкурса мы уже рассказывали в журнале "Наноиндустрия" [2, 3]. Также в ЦМИТ проводятся практические занятия по теме "Цифровой обрабатывающий центр", где можно не только научиться программировать и выполнять механообработку, но и сконструировать свой собственный обрабатывающий центр.

Существенное значение для индустриального развития страны приобретает обучение детей и молодежи 3D-технологиям на примере создаваемых в России уникальных полнофункциональных промышленных комплексов прецизионного перемещения и механообработки. Поэтому необходимо разработать высокотехнологичные образовательные программы в области механообработки для детей от 6 до 16 лет.

Современной тенденцией является максимальная мобильность и вовлеченность пользователя в процесс творчества. К примеру, компания Google разработала модульный телефон Project Ara, основанный на бесплатной платформе с открытым аппаратным обеспечением для создания смартфона. Платформа включает такие модули, как дисплей, клавиатура и дополнительный аккумулятор. При необходимости

¹ Центр перспективных технологий / Advanced Technologies Center.

² МГУ им. М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University.

³ Энергоэффективные технологии / Energy Efficient technologies.

пользователь может самостоятельно поменять неисправные модули (к примеру, треснувшее стекло) или обновить устаревшие – для увеличения цикла жизни смартфона, что способствует уменьшению количества электронных отходов.

Мобильность, вариативность, индивидуальность становятся важнейшими требованиями при проектировании и разработке нового оборудования. Именно этими принципами мы руководствовались при разработке модульного обрабатывающего центра линейного многоосевого перемещения для управления различным производственным оборудованием. "Модульный" означает, что в этом устройстве можно заменять отдельные части, модули, которые объединяются несущим каркасом.

Общий вид системы трехкоординатного позиционирования, которая является базовой конструкцией для обрабатывающего центра, представлена на рис.1.

Каждому потенциальному пользователю предлагается собрать собственноручно из предлагаемых модулей станок, воспользовавшись оснасткой для токарной обработки, фрезерования, 3D-печати, плазменной резки, лазерной гравировки или 3D-сканирования.

Есть немало примеров использования единых интерфейсов, которые дают пользователям возможность подключать дополнительные компоненты. Например, можно приобрести любую периферию и подключить ее к компьютеру через USB-порт, и все будет отлично работать. Внутри современных автомобилей есть собственная шина сетевого обмена, которая позволяет различным электронным компонентам взаимодействовать друг с другом. В самолетах также используется подобный принцип. Но современные промышленные станки спроектированы под определенную задачу, что удобно для промышленного производства, но не подходит для образовательных задач.

Обладая заменяемыми модулями, пользователь получает в свое распоряжение небольшой многофункциональный завод по производству различных деталей. Основные характеристики модульного обрабатывающего центра:

- рабочее поле – 200×300 мм;
- точность перемещения по координатам X и Y – 11 мкм, по координате Z – 1,25 мкм.

Корпус обрабатывающего центра выполнен из дюралюминия Д16Т. В приводе могут использоваться как серводвигатели, так и шаговые двигатели. Информационный дисплей предоставляет



Рис.1. Базовая конструкция системы трехкоординатного позиционирования для использования с различными модулями в обрабатывающем центре

Fig.1. Basic design of the three-axis positioning system for use with various modules in the machining center

информацию о состоянии обрабатывающего центра. Управлять оборудованием могут даже дети от 9-ти лет. Минимальная комплектация стоит 60 тыс. руб., что сопоставимо с ценой компьютера или ноутбука.

Разработанная базовая модель является прототипом для прецизионного обрабатывающего центра, в котором устанавливаются миниатюрные линейные энкодеры АТОМ компании Renishaw для обеспечения точных перемещений. Они имеют пространственное разрешение до 1 нм. В энкодерах используются измерительные линейки с шагом 20 мкм, при этом с помощью лазерной считывающей системы с фотоприемниками позиционирование можно осуществлять с точностью до 75 нм. В случае установки энкодеров АТОМ применяются станины из чугуна или перспективных термокомпенсированных композитных материалов.

Благодаря своей многофункциональности модульный обрабатывающий центр может быть востребован не только в общеобразовательных учреждениях, но и массовым потребителем в качестве интерактивного обучающего комплекса для детей. Компактность, доступность для широкого рынка и простота в использовании значительно расширяют область применения оборудования. Например, модульный обрабатывающий центр может быть задействован в школах на уроках труда и на занятиях в ЦМИТ, в игровой форме поощряя у школьников тягу к изобрета-



Рис. 2. Демонстрация разработок ЦМИТ "Нанотехнологии" на Всемирной конференции IASP. Представленное оборудование: модульный обрабатывающий центр АТС NANO-1, сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан", 3D-принтер. На стенде – ведущая ЦМИТ, аспирант физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова А.Дудник

Fig.2. Presentation of the developments of the Nanotechnology YICC at the IASP world conference. The following equipment was presented: ATC NANO-1 modular machining center, FemtoScan scanning probe microscope, 3D-printer. On the booth: A.Dudnik, YICC host, post-graduate student of Faculty of Physics of Lomonosov MSU

тельству и техническому творчеству. Сегодня во всем мире лидерами продаж являются именно развивающие товары для детей, в том числе и настольно-печатные игры, наборы для конструирования. В России этот сегмент пока находится на начальной стадии формирования, но его потенциал велик, а темпы роста достаточно стабильны.

Создание компактного мобильного многоосевого центра задача столь же увлекательная, сколь и сложная. Существенным подспорьем в нашей работе является более чем 25-летний опыт в области разработки и производства сканирующих зондовых микроскопов, в функции которых входят не только измерения с точностью до сотых долей нанометра, но и локальная обработка поверхности материалов в нанометровом масштабе с помощью различных методов нанолитографии. Недавно обрабатывающий центр демонстрировался на 33-й Всемирной конференции

научных парков IASP (рис.2) и вызвал интерес у ее участников.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонда развития инноваций), проект № ГЦМИТ1/16315.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яминский И. Сканирующий зондовый микроскоп ФемтоСкан: новый инструмент для медицины // Наноиндустрия. 2013. № 5(43). С. 44-46.
2. Большакова А., Яминский И. Конкурсы ЦМИТ "Нанотехнологии": Награждение победителей // Наноиндустрия. 2015. № 4(58). С. 94-96.
3. Ахметова А., Яминский Д., Яминский И. Конструируем в 3D: от атомов и молекул до фабрик и заводов // Наноиндустрия. 2016. № 1. С. 122-128.