

Список использованных источников

1. Довгулевич, Д. А. Разработка программного обеспечения для одноплатной вычислительной системы с позиционированием / Д. А. Довгулевич // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 19 апреля 2018 г. / ВГУ имени П. М. Машерова. – Витебск, 2018. – С. 18–19.
2. Бирюкова, Д. В. Создание модуля управления многофункциональной трости / Д. В. Бирюкова, А. В. Шидловский // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / ВГУ имени П. М. Машерова. – Витебск, 2020. – С. 7–8.
3. Новый, В. В. Сетевые технологии и сервисы: методические рекомендации / М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова», Каф. информатики и информационных технологий. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. – 49 с.

УДК 621.9

ПРИМЕНЕНИЕ «УМНЫХ» СТРУКТУР В СТАНКОСТРОЕНИИ

Брель Д. И., Гаммель Р. А., Гордиенко А. В.

*Белорусский национальный технический университет
e-mail: mstools@bntu.by*

Summary. The possibilities of piezoelectric and magnetostrictive actuators as examples of adaptron systems were considered. The article shows the advantages of using new functional materials.

Среди новых решений в станкостроении можно выделить следующие [1]:

- 1) использование механизмов на основе новых физических принципов, например, магнитострикционные приводы, магнитная подвеска шпинделей и др.;
- 2) применение мехатронных и адаптронных устройств, что создает предпосылки для получения принципиально новых конструкторских решений;
- 3) в систему управления вводятся все более сложные элементы искусственного интеллекта, включая распознавание образов деталей, контроль качества изделий, адаптацию к процессу обработки и другим изменениям состояния станка.

Термин «адаптроника» подразумевает использование в качестве датчиков так называемых «умных», или «интеллектуальных», материалов и конструкций. Применяются сплавы с памятью формы и магнитострикционные, пьезокерамика, электрореологические жидкости, то есть осуществляется интеграция в самую механическую или мехатронную структуру функций автоматического получения информации о характеристиках движения и форме его осуществления [2].

Мехатронные системы обычно состоят из самостоятельных отдельных элементов: привода, датчика и устройства управления. В адаптронных системах эти важные элементы скорее аффилированы, так как применяемые «умные материалы» не просто неотъемлемая часть системы, а являются частью структуры, которая сочетает в себе сенсорные, приводные и механические функции.

Функциональность привода означает изменение формы, положения, частоты колебаний или других механических свойств в зависимости от изменения температуры, электрических или магнитных полей. Наиболее часто используются «умные материалы» для приводов.

Ведутся разработки и уже созданы элементы станка, которые полностью или преимущественно состоят из «умных» материалов, представляют собой «интеллектуальные» структуры, объединяющие традиционные структуры с интеллектуальными элементами, такими как встроенные датчики или исполнительные механизмы [2].

Как пример «интеллектуальной» структуры рассмотрим пьезоактуатор – сверхпрецизионный короткоходный линейный электропривод.

Наиболее распространенным типом пьезоэлектрических актуаторов является пакетный. Внутри его корпуса находится пакет в виде цилиндрического столбца, набранный из большого количества плоских пьезокерамических элементов, чередующихся с пластинами-электродами. При подаче напряжения высота каждого элемента и, следовательно, всей стопки изменяется примерно на $0,1 \dots 0,2$ %. Таким образом, длину хода пакетного прецизионного пьезоактуатора можно оценить на уровне 1 мкм или чуть больше на 1 мм его высоты. Развиваемое усилие зависит от площади поперечного сечения столбца пьезокерамических элементов и составляет $5-10$ кН на 1 см^2 . Модификацией данного типа являются многослойные пьезоактуаторы, в которых пьезокерамические элементы при изготовлении сплавлены друг с другом в монолитный блок. Это позволяет на порядок увеличить усилие.

Точность позиционирования пьезоэлектрических актуаторов достигает тысячных долей нанометра. Они надежны, долговечны, обладают отличным быстродействием, развивают высокие ускорения и сочетают большое развиваемое усилие с компактностью. Пьезоактуаторы не имеют вращающихся и скользящих частей, не требуют смазывания и обслуживания, способны работать при низких температурах и в вакууме. Их недостатками являются небольшая длина хода, ограничивающая область использования, высокая цена [3].

Существуют и магнитострикционные актуаторы.

Действие такого актуатора основано на магнитострикционном эффекте – изменении микроструктуры и линейных размеров вещества под действием магнитного поля. К магнитострикционным материалам относятся ферромагнетики и ферримагнетики. Наиболее сильной магнитострикцией обладают керамические материалы на основе редкоземельных металлов. Самый известный и широко используемый магнитострикционный материал – терфенол-Д, состоящий из железа, тербия и диспрозия.

Типичный магнитострикционный актуатор состоит из цилиндрического стержня, магнитной катушки вокруг него и корпуса, придающего конструкции целостность и прочность, а также выполняющего функцию магнитного экрана. Стержень изготовлен из магнитострикционного материала и удлиняется при воздействии на него магнитного поля катушки, что позволяет осуществлять линейное перемещение. Изменение размеров материала зависит от напряженности приложенного магнитного поля, при этом, если поле переменное, длина стержня тоже будет изменяться циклически. Верхняя частота спектра переменного поля может достигать 20 кГц, поэтому такой режим работы позволяет осуществлять циклические перемещения со скоростью до нескольких тысяч циклов в секунду.

Магнитострикционные актуаторы близки по своим характеристикам к пьезоактуаторам. По сравнению с ними, магнитострикционные актуаторы развивают в несколько раз меньшее усилие, зато имеют большее относительное удлинение, до 1 %. Длина хода определяется длиной актуатора, которая может составлять до 200 мм. Максимальное усилие зависит от диаметра стержня и находится на уровне нескольких десятков килоньютонів.

Существуют магнитные материалы с памятью формы, например, сплав никеля, марганца и галлия. Как и магнитострикционные материалы, они изменяются в размере под воздействием магнитного поля, поэтому их не следует путать с обычными материалами с памятью формы, для активации которых, требуется нагрев рабочего элемента. Пока актуаторы на основе магнитных материалов с памятью формы являются предметом научных разработок и промышленно не выпускаются. В принципе, такой актуатор может иметь относительное удлинение до $5-10$ %.

Области применения магнитострикционных актуаторов определяются их особенностями – малой длиной хода и высоким быстродействием. Поэтому они используются для осуществления линейных перемещений на небольшие расстояния, например, в обрабатывающих центрах и металлорежущих станках с ЧПУ.

Линейное перемещение магнитострикционного актуатора осуществляется за счет изменения формы материала, что обеспечивает высокую жесткость. Магнитострикционные материалы не деградируют со временем и не боятся перегрева, при остывании они восстанавливают свои свойства. Однако они требуют высокой напряженности магнитного поля, по-

этому актуаторы на их основе потребляют большой ток. Важным преимуществом магнито-стрикционных актуаторов является высокая скорость непрерывной циклической работы [4].

Список использованных источников

1. Кузнецов А. П. Направления развития металлорежущих станков: системные принципы. Часть 2 // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2020. № 4. С. 36–45.
2. Кузнецов А. П. Направления развития металлорежущих станков: системные принципы. Часть 1 // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2020. № 3. С.30–41.
3. Пьезоактуаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aktuator.ru/piezoactuators.shtml>.
4. Магнитострикционные актуаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aktuator.ru/magnetostrictive.shtml>.

УДК 629.1

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Веремейчик Н. С., Басалай Г. А.

Белорусский национальный технический университет
e-mail: nikita.veremeychik.tab.s@gmail.com

Summary. The main stages of the process of building a mine shaft are considered. The principle of operation and experience of using a mechanized tunneling complex in the construction of mine shafts in Belarus are described.

Строительство шахтных стволов является ответственной и энергоемкой операцией на первой стадии освоения месторождения полезных ископаемых подземным способом. Шахтный ствол служит транспортной артерией между поверхностью и плодородными пластами (горизонтами). Через его одновременно с подъемными сосудами (скипами, клетями), а также энергетическими кабелями осуществляется подача свежего воздуха, для поддержания жизнедеятельности людей, работающих в шахте. Поэтому от его надежности зависит эффективность работы рудника.

Строительство шахтных стволов имеет ряд особенностей по применяемому оборудованию, а также по способу строительства. Процесс возведения шахтного ствола можно разделить на четыре этапа:

- подготовка технологической площадки и монтаж проходческого комплекса;
- опережающее крепление водоносных пластов вокруг возводимой скважины;
- проходка ствола, которая включает в себя разрушение массива породы по забою, транспортирование отбитой породы на поверхность, а также крепление стенок методом бетонирования;
- обвязка шахтного ствола от забоя до устья.

При проходке шахтных стволов во всем мире широко используется способ замораживания горных пород, который открыли еще в конце XIX века. Его суть в том, что через пробуренную скважину подается носитель, который замораживает вокруг себя породу, насыщенную влагой.

Традиционно разработка ведется с использованием буровзрывного способа с последующим транспортированием породы наверх. Она загружается в бадью при помощи грейферной установки. Однако, этот способ не является сегодня эффективным.

Впервые в Беларуси при подготовке к освоению разработки месторождения калийных солей на Нежинском месторождении использован импортный проходческий щит фирмы SBR. Стволопроходческий комплекс (SBR) предназначен для механизированной проходки стволов с нуля в мягких и средней твердости породах. В его состав входит комплекс оборудования по фрезерованию забоя, заглублению, а также оборудование по пневматическому транспорти-