

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. Самойленко

Представлены наработки по созданию лабораторной установки для получения намоточных композитов, оснащенной элементами системы программного управления. Приведена принципиальная схема управления намоточным станком и освещены некоторые вопросы по работе с программным обеспечением.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, намотка, числовое программное управление, технология, оборудование.

Метод намотки широко используется для получения изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Для его практической реализации необходима оправка, контуры которой соответствуют форме получаемых изделий. Методом намотки обычно получают изделия имеющие форму тел вращения: трубы, корпуса ракетных двигателей, баллоны давления и т.д. Намотка – это технологический процесс, при котором непрерывный армирующий наполнитель пропитывается полимерным связующим и по определенной схеме наматывается на предварительно подготовленную оправку. После намотки осуществляется отверждение связующего. Оправка либо становится элементом конструкции, либо удаляется [1].

Важным достоинством композиционных материалов, получаемых методом намотки, является возможность эффективного управления механическими свойствами за счет усиления конструкции в наиболее нагруженных направлениях. Метод позволяет в наибольшей степени реализовать прочностные свойства армирующего наполнителя [1, 2]. Для изготовления ПКМ методом намотки разработано множество технологических схем, отличающихся как типом укладки армирующего волокна, видом применяемого связующего, способом совмещения связующего и волокна, так и аппаратным оформлением процесса [3, 4].

Научно-технический прогресс и компьютеризация позволяют в настоящее время использовать системы числового программного управления (ЧПУ) в производственных процессах, в том числе для автоматизации изготовления намоточных ПКМ. Дешевизна и доступность элементной базы позволяют создавать системы программного управления станками, в том числе с использованием в

качестве управляющих обыкновенных бытовых компьютеров.

В ИПХЭТ СО РАН была спроектирована и изготовлена лабораторная установка для получения намоточных композитов, оснащенная элементами системы программного управления. В общем случае установка представляет собой двухкоординатный станок, где одной осью координат является привод вращения оправки, а второй – привод линейного перемещения каретки, подающий пропитанный связующим армирующий материал. Приводы выполнены на двух отдельных шаговых двигателях (ШД), что позволяет независимо ими управлять.

Применение ШД в оборудовании позволяет исключить или значительно упростить механические передачи, при этом устраняются погрешности и неточности при работе, исключаются люфты, деформации, конструкция получается более компактной, повышается КПД системы, снижается шум, не требуется смазка.

Шаговым двигателем называют электромеханическое устройство, преобразующее электрические сигналы в дискретные угловые перемещения вала. Применение ШД позволяет рабочим органам машин совершать строго дозированные перемещения с фиксацией своего положения в конце движения. Принцип действия ШД состоит в следующем. С помощью электронного коммутатора (драйвера) вырабатываются импульсы напряжения, которые подаются на обмотки управления, расположенные на статоре шагового двигателя. В зависимости от последовательности возбуждения их происходит то или иное дискретное изменение магнитного поля в рабочем зазоре двигателя. При угловом перемещении оси магнитного поля обмоток управления шагового двигателя, его ротор дискретно поворачивается вслед за магнит-

ным полем. Закон поворота ротора определяется последовательностью, скважностью и частотой управляющих импульсов, а также типом и конструктивными параметрами шагового двигателя.

Для управления ШД используются специальные устройства - драйверы. Драйвер - это электронное силовое устройство, которое на основании цифровых сигналов управляет сильноточными (высоковольтными) обмотками шагового двигателя и позволяет ему делать шаги (вращаться). Электропривод с шаговым двигателем естественным образом сочетается с цифровыми управляющими уст-

ройствами, что обеспечивает его успешное применение в станках с числовым программным управлением, в промышленных роботах и манипуляторах.

Для подключения приводов станка к компьютеру необходима плата коммутации, транслирующая сигналы управления с LPT-порта компьютера на силовые драйверы ШД. Как правило, плата коммутации позволяет управлять 1–5 драйверами ШД, а также имеет входы для подключения датчиков и силовых реле.

На рисунке 1 приведена общая принципиальная схема системы управления намоточным станком.

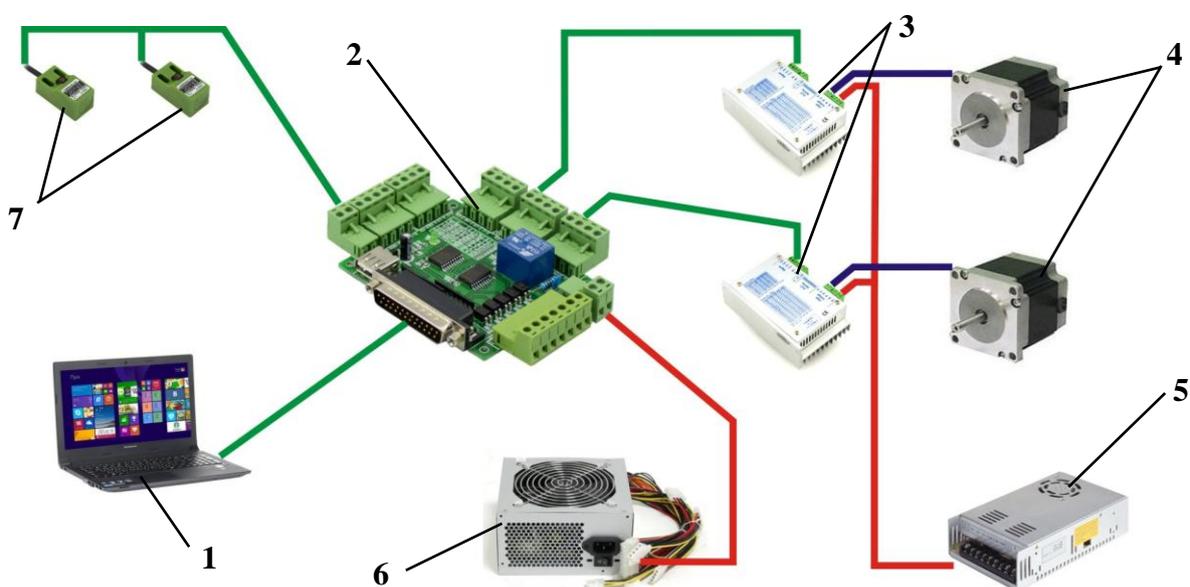


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы управления намоточным станком
 1 – компьютер; 2 – плата коммутации; 3 – драйвер шагового двигателя; 4 – шаговый двигатель;
 5 – блок питания шаговых двигателей; 6 – низковольтный блок питания;
 7 – концевой выключатель

Система работает следующим образом. Установленное на компьютере программное обеспечение (пакет программ для управления ЧПУ станком, например Mach 3), генерирует импульсы шага и направления, выполняя последовательно команды управляющей программы, которые транслируются через плату коммутации на силовые драйверы ШД. Плата коммутации запитывается от отдельного источника постоянного напряжения 12 В. На драйвер подается постоянное напряжение 40–70 В от выпрямителя, обеспечивающее в соответствии с управляющими сигналами необходимое вращение ШД. На намоточном станке также установлены два концевых выключателя, ограничивающие перемещение каретки за пределы рабочей зоны, которые подключены к плате коммутации и

выключают движение в случае срабатывания.

Для работы намоточного станка, как и других систем с ЧПУ, в первую очередь, необходима исполняющая программа, выдающая сигналы на приводы двигателей (т.е. управляющая станком). Наиболее распространенным программным обеспечением для станков с ЧПУ является ArtSoft Mach3. Программа устанавливается на IBM совместимый персональный компьютер, соединенный с блоком управления. Mach3 была разработана американскими программистами как для профессионального, так и для любительского использования. Она позволяет превратить компьютер в полноценную систему числового программного управления. В сети интернет доступна демо-версия, либо полная. Установка этой программы не представляет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

сложностей и аналогична установке любой другой программы на компьютер. После установки программы необходимо произвести настройку и конфигурирование системы: назначить выходные сигналы для осей приводов, отрегулировать их скорость и ускорение, установить входные сигналы, например концевые выключатели и пр. Процесс настройки программы для корректной совместной работы компьютера и приводов достаточно полно описан в руководстве к программе и в руководствах к электронным комплектующим.

Однако без управляющей программы (УП) намоточный станок, как и все оборудование ЧПУ, это всего лишь набор высокотехнологического «железа», не способного к выполнению какой-либо деятельности. Программирование работы станков с ЧПУ осуществляется на языке, который обычно называют языком ИСО (ISO) 7 бит или языком G-кодов. Сама УП представляет собой последовательность кадров, в которых размещаются основные G-коды и вспомогательные коды (M, F и др.) в соответствии с ISO 6983-1:1982 [5]. Поскольку первоначально язык программирования создавался для автоматизации металлорежущих станков для управления их многочисленными функциями, в языке существует довольно большое число различных кодов (команд), которые не нужны для осуществления намотки изделий из композиционных материалов. В общем случае задача управляющей программы для намоточного станка сводится к скоординированному вращению оправки и возвратно-поступательному движению каретки, т.е. к управлению работой двух шаговых приводов. Таким образом, используя всего несколько команд, можно обеспечить необходимое движение исполнительных элементов станка, а написание управляющей программы становится достаточно доступным для обычного пользователя.

Для создания управляющей программы, обеспечивающей работу станка с ЧПУ необходим минимальный базовый набор сведений о языке и основах программирования.

Программирование систем ЧПУ, как было указано ранее, производится посредством G-кода. Программа, написанная с его использованием, состоит из кадров, каждый из которых содержит набор команд управления. Кадр завершается символом перевода строки (CR/LF) и имеет номер. Начинается и заканчивается текст управляющей программы символом «%». Комментарии к программе размещаются в круглых скобках, как после программных кодов, так и в отдельном кадре.

Основные команды языка, которые обеспечивают перемещение рабочих органов обо-

рудования с заданной скоростью, управление системами координат и рабочих плоскостей начинаются с буквы G. Далее приводятся несколько G-кодов (команд), наиболее часто используемых для осуществления программирования и пригодных для написания полноценных программ к намоточному станку с ЧПУ.

– Команда G01 – линейная интерполяция с заданной скоростью. Команда служит для перемещения инструмента с использованием линейной интерполяции, таким образом, перемещение к конечной точке, указанной в кадре осуществляется по прямой линии. Скорость перемещения инструмента задается значением скорости подачи F. При выполнении команды движение по осям производится одновременно и достижение конечной точки, указанной в кадре, также происходит одновременно.

– Команда G21 – режим работы в метрической системе. Команда используется для выбора единиц измерения "миллиметры", все данные, которые имеются в управляющей программе, считаются измеренными в миллиметрах.

– Команда G91 – относительная система координат – команда G91 назначает относительное позиционирование, т.е. все перемещения инструмента производятся относительно его предыдущего положения, т.е. за нулевую точку принимается предыдущее положение инструмента.

– Команда G94 – подача в формате мм/мин – команда обеспечивает движение инструмента от исходного положения до конечной точки с заданными координатами (в нашем случае X и Y) с определенной скоростью F.

Кроме этого, при программировании необходимо задание следующих параметров команд:

X – координата точки траектории по оси X;

Y – координата точки траектории по оси Y;

F – скорость рабочей подачи.

Рассмотрим пример управляющей программы намотки однонаправленного пластика. За ось X принят привод вращения оправки, причем станок намотки предварительно был настроен таким образом, что при задании координаты по X значения 100 оправка делает один полный оборот (360°). Ось Y представляет собой перемещение каретки намоточного станка в мм. Программа осуществляет намотку двух слоев пропитанного связующим армирующего наполнителя с перемещением каретки на 175 мм и обратно в исходное состояние, с шагом 1,75 мм на оборот, при этом оправка делает 100 оборотов при движении каретки в одну сторону и 100 оборотов при обратном.

Таблица 1 – Пример управляющей программы

Кадр	Содержание программы	Примечание
	%	Начало программы
	(Намотка)	Название программы
N1	G21	Задание метрической системы
N2	G91	Задание относительной системы координат
N3	G01 X0 Y0	Перемещение каретки станка к началу процесса намотки (в данном случае перемещение задано нулевым)
N4	G94 X10000 Y175 F1000	Намотка композита с параметрами процесса: 100 оборотов оправки (ось X), 175 мм перемещение каретки (ось Y), с условной скоростью 1000 мм/мин.
N5	G94 X10000 Y-175	Намотка композита при обратном ходе каретки
	%	Конец программы

Управляющая программа намотки пишется и редактируется в текстовом редакторе, например «Блокнот», и сохраняется на носителе в формате txt.

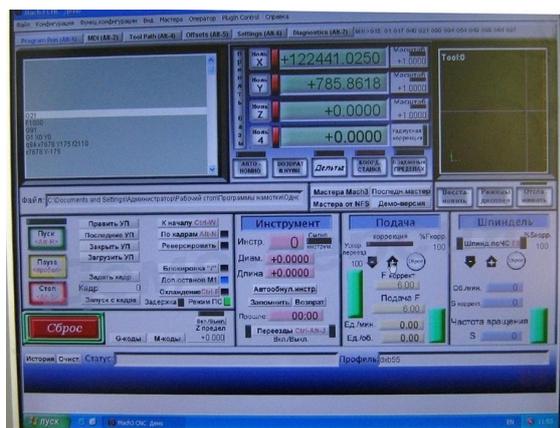


Рисунок 2 – Рабочее окно программы для управления станком намотки ПКМ

Система программного управления станком намотки ПКМ работает следующим образом. На компьютере, подключенном через LPT-порт к электрической схеме станка, запускается исполняющая программа ЧПУ Mach3. Интерактивное рабочее окно программы показано на рисунке 2. Далее нажимается кнопка «Загрузить УП», появляется окно, в котором выбирается требуемая УП и загружается нажатием кнопки «Enter». В левом верхнем углу экрана появляется текст УП, который можно просмотреть с помощью бегунка прокрутки строк. При нажатии кнопки «Пуск» начинается выполнение УП, приводы станка приходят в движение, координаты X, Y текущего положения непрерывно отображаются на экране в соответствующих строках. Осуществляется процесс намотки ПКМ в соответствии с загруженной УП.

Задавая параметры движения рабочих элементов станка и формируя циклы из мно-

гократно повторяющихся операций, можно создавать управляющие программы для различных технологических схем укладки армирующего волокнистого наполнителя.

Таким образом, применение системы программного управления при изготовлении намоточных изделий из полимерных композитов открывает широкие возможности в области создания новых материалов, разработке инновационных технологий, опытного изготовления широкой гаммы изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробей, В. В. Основы проектирования и технология сверхлегких композитных баллонов высокого давления / В. В. Воробей, В.Б. Маркин. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2014. – 227 с.
2. Баженов, С. Л. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов, А. А. Берлин, А. А. Кульков, В. Г. Ошмян. – Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
3. Перепелкин, К. Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / К. Е. Перепелкин. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 380 с.
4. Батаев, А. А. Композиционные материалы Строение, получение, применение : учебник / А. А. Батаев, В. А. Батаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
5. ГОСТ 20999-83 Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 26 с.

Самойленко Вячеслав Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИП-ХЭТ СО РАН), тел.: 8-(3854) 30-59-06, e-mail: labmineral@mail.ru.