

УДК 621.313.045

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕНТОЧНОЙ НАМОТКИ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Иванова А. Г., Самодуров И. Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: ivanovatonya@tpu.ru

В настоящей работе рассмотрены технологические приемы изготовления ленточной намотки моментного двигателя, представляющей новый вариант активного элемента исполнительных устройств и позволяющей повысить линейную нагрузку двигателя за счет протекания по намотке повышенного тока и хорошего отвода тепла на корпус двигателя. Намотка представляет собой спирально намотанную на гильзу ленту из электропроводящего материала. Приведены варианты способов создания вырезов в ленточной намотке, обеспечивающих необходимый характер протекания тока по последней: электроскровой способ, холодная штамповка, резка алмазным диском и лазерный способ. Приведены основные требования к материалам ленточной намотки. Проведен анализ предложенных приемов и сделан вывод о применении лазерной резки для изготовления вырезов ленточной намотки моментного двигателя, предложена принципиальная схема такой установки. Поставлены задачи для дальнейших исследований.

Ключевые слова: ленточная намотка, моментный двигатель, медная фольга, вырезы, терморезистивное покрытие, электроскровой способ, холодная штамповка, резка алмазным диском, лазерная резка

TECHNOLOGICAL METHODS OF THE TAPE WINDING TORQUE MOTOR MANUFACTURING

Antonina G. Ivanova, Ivan N. Samodurov

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenina Avenue, Tomsk, 634050

e-mail: ivanovatonya@tpu.ru

This work is concerned to the technological methods of the tape winding torque motor manufacturing, which represents a novel variant of the executive devices active element and allows improving the linear load of the motor by the increasing of the current, flowing through the winding and good heat dissipation on the motor case. The winding is represents the spirally wound tape from the electrically conductive material to the sleeve. The variants of the cutouts creating in the tape winding are considered. There are the electrosark method, cold forming, cutting diamond disc and laser method. The cutouts provide the necessary character of the current flowing through the tape. The main requirements to the materials of the tape winding are given. The analysis of the proposed methods is performed and concluded that the use of laser cutting for making cutouts of the tape winding torque motor, a schematic diagram of such installation is proposed. The tasks for the further research are set.

Key words: tape winding, torque motor, copper foil, cutouts, thermoset coating, electrosark method, cold forming, cutting diamond disk, laser cutting

Предложен вариант исполнения моментного двигателя с ленточной намоткой, отличающийся от существующих устройств типом активного элемента, в котором традиционная обмотка заменена на ленточную намотку [4]. Конструктивная схема моментного двигателя с ленточной намоткой показана на рисунке 1. Ротор двигателя представляет собой многополюсный постоянный магнит 1, соединенный с магнитопроводом 2 немагнитным диском 3. Статором двигателя является активный ленточный элемент 4, который помещается в зазор между полюсами магнита и магнитопроводом и представляет собой спирально намотанную ленту из электропроводящего материала. По боковым краям

ленты имеются поперечные вырезы. Если к ленте подключить источник постоянного тока, то характер протекания тока определяется наличием в ленте боковых вырезов. Поперечные составляющие этого тока J_0 , взаимодействуя с полем постоянного магнита, вызывают появление сил F , создающих момент относительно оси вращения ротора моментного двигателя (рисунок 2).

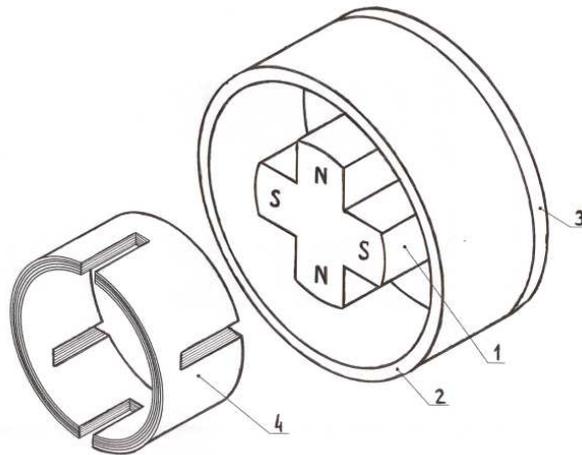


Рисунок 1 Основные элементы моментного двигателя с ленточной намоткой

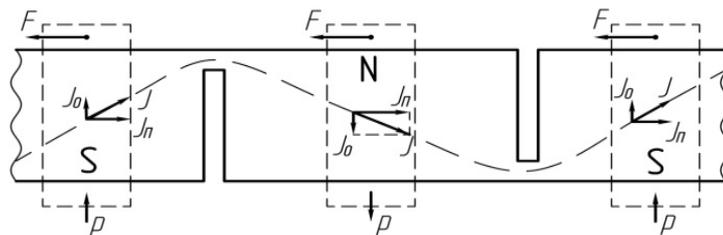


Рисунок 2 Фрагмент ленточного активного элемента

Ленточный активный элемент предлагается реализовать именно в моментном двигателе постоянного тока с ограниченным углом поворота ротор, так как при большой скорости вращения ротора двигателя в слоистой структуре ленточной намотки неизбежно будут наводиться вихревые токи, а у моментного двигателя, как известно, в рабочем режиме ротор либо неподвижен, либо вращается, но с малой скоростью [5]. Поскольку намотка является односекционной, момент будет действовать только в пределах одного полюсного деления двигателя.

Ленточная намотка является неподвижной и размещается на немагнитной гильзе, жестко соединенной с корпусом двигателя. Такой вариант обеспечит большую линейную нагрузку двигателя за счет протекания по намотке повышенного тока и хорошего отвода тепла на корпус двигателя. А это в свою очередь способствует повышению удельных характеристик двигателя, что является главным преимуществом ленточной намотки перед традиционными обмотками двигателей.

Основной задачей на данном этапе проведения исследований является разработка технологических приемов изготовления ленточной намотки моментного двигателя.

В качестве ленты для намотки предлагается использовать тонкостенную фольгу из электропроводящего материала, например, медную ленту [3] толщиной 0,1 мм и шириной 50 мм. Фольга в намотке должна быть изолирована как минимум с одной стороны. Требования к электрической изоляции минимальны, поскольку разность потенциалов между двумя соседними слоями намотки не превышает U/N , где U – напряжение источника питания, N – число слоев намотки. Желательно, чтобы изоляция обеспечивала монолитность намотки, предохраняя ее от разматывания. В качестве такой изоляции можно применить терморезистивный пропиточный лак на основе модифицированных синтетических полимеров, например, алкидно-меламиновый лак МЛ-92 [2]. Помимо терморезистивного покрытия пропиточным лаком, дополнительной изоляцией может являться и окисная пленка.

Материал гильзы, на которую производится намотка ленты, должен исключать магнитное тяжение и обладать хорошей теплопроводностью для отвода тепла от намотки непосредственно на корпус двигателя и последующего его рассеяния в окружающей среде.

Рассмотрим несколько приемов по созданию вырезов в ленточной намотке.

1. Электроискровой способ. Электроискровой способ резки металла [1] основан на действии искрового разряда, приводящего к быстрому росту температуры между режущим диском и заготовкой, вызывающему взрывообразное плавление, сгорание и испарение металла. Существенными недостатками электроискровой резки являются малая стойкость латунных дисков, значительный расход электроэнергии и относительно небольшая скорость резки, примерно равная скорости обычного фрезерования. Этот способ является экономически целесообразным для резки сплавов, обладающих повышенной твердостью, а также для осуществления резки по сложному контуру.

2. Штамповка. Холодная штамповка металла [1] осуществляется посредством координатного пробивного прессы – современного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) и высокоточными позиционирующими механизмами. Пробивка металла как технология обладает несколькими важными преимуществами. Прежде всего, она позволяет обрабатывать металлический лист или изделие любой геометрии с точностью – до 0,05 мм. Пробивку вырезов при листовой штамповке осуществляют пуансоном и матрицей, конфигурация которых соответствует конфигурации выреза. Применение штамповки и электроискровой резки для выполнения вырезов осуществляется на ленте перед ее намоткой на гильзу.

3. Резка алмазным диском. В данном случае производится резка монолитной структуры, образованной после намотки на гильзу ленты с нанесенным терморезистивным

изоляционным покрытием и термического воздействия на полученную конструкцию. Алмазную резку осуществляют алмазные дисковые пилы, с сегментами, предназначенные для резки определенного материала [1]. Сегменты содержат синтетические алмазы в металлической обойме, которая представляет собой несущий элемент для алмазных включений. Образующиеся в ходе резки заусенцы по краям вырезов удаляются путем помещения намотки в ванну со специальным раствором, который разъедает заусенцы, но не повреждает нанесенное терморезистивное покрытие.

4. Лазерный способ. При лазерной резке нагревание и разрушение участка материала осуществляется с помощью лазерного луча. В области воздействия лазерного луча металл нагревается до первой температуры разрушения – плавления. С дальнейшим поглощением излучения происходит расплавление металла, и фазовая граница плавления перемещается вглубь материала. В то же время энергетическое воздействие лазерного луча приводит к дальнейшему увеличению температуры, достигающей второй температуры разрушения – кипения, при которой металл начинает активно испаряться. Таким образом, возможны два механизма лазерной резки – плавлением и испарением [1].

Сфокусированное лазерное излучение позволяет резать почти любые материалы независимо от их теплофизических свойств. При этом можно получать качественные и узкие резы (шириной 0,1–1 мм) со сравнительно небольшой зоной термического влияния. При лазерной резке возникают минимальные деформации, как временные в процессе обработки заготовки, так и остаточные после ее полного остывания. В результате возможна резка с высокой степенью точности, в том числе нежестких и легкодеформируемых изделий.

На рисунке 3 приведена возможная схема выполнения вырезов в ленте с помощью лазерной резки. В качестве лазерной установки может быть применена лазерная система, аналогичная используемой в станке для лазерной резки металла CS035F 200X [6]. Подобная лазерная система подходит для резки нержавеющей стали, простой углеродистой стали, алюминиевых панелей, медной фольги и других тонких листов. Мощность лазера составляет 200 Вт.

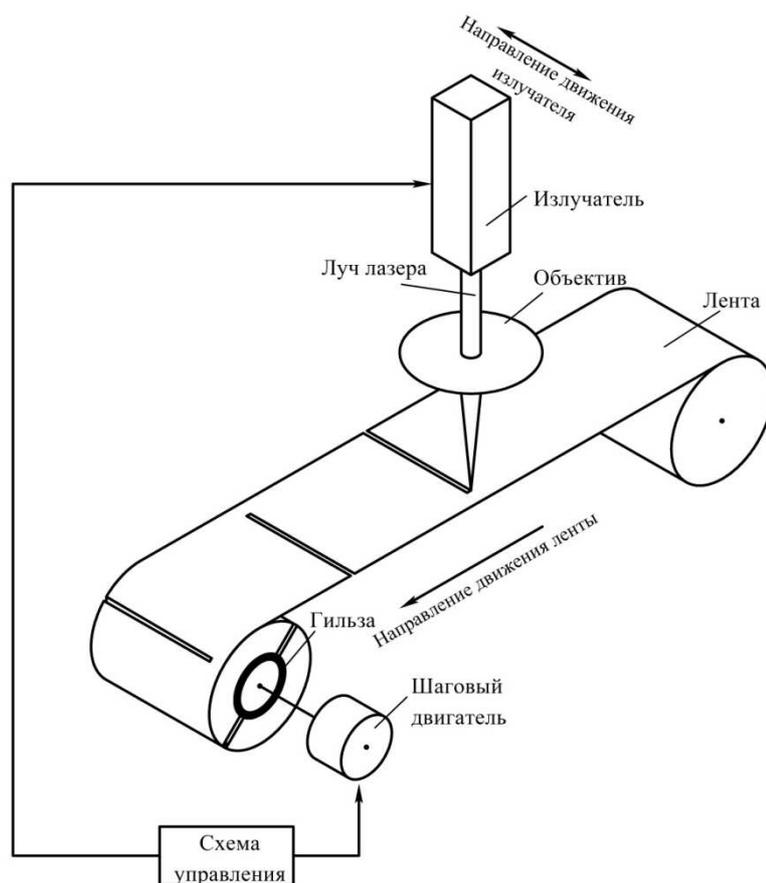


Рисунок 3 Схема выполнения вырезов в ленте с помощью лазерной резки

В результате выполнения анализа рассмотренных выше приемов по созданию вырезов в ленточной намотке сделан вывод о том, что наиболее перспективным приемом является изготовление ленточной намотки с использованием лазерной резки. Дальнейшая задача, стоящая при разработке технологических процессов по изготовлению ленточной намотки заключается в разработке конкретной схемы лазерной резки, подборе соответствующего оборудования и его дооснащения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31068 мол_а

Список литературы:

1. Гормаков А.Н. Материаловедение и технология обработки конструкционных материалов в приборостроении: учебное пособие / А.Н. Гормаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 340 с.
2. ГОСТ 15865-70 Лак электроизоляционный МЛ 92
3. ГОСТ 5638-75 Фольга медная рулонная для технических целей. Технические условия

4. Моментный двигатель: пат. 2441310 Рос. Федерация. № 2010135113/07; заявл. 20.08.10; опубл. 27.01.12, Бюл. № 3. – 6 с.

5. Столов Л.И., Афанасьев А.Ю. Моментные двигатели постоянного тока. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 224 с.

6. Станок для лазерной резки металла CS035F 200X. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.hanslaser.ru/produkcziya/lazernaya-rezka-apparatyi-nizkoj-moshhnosti/stanok-dlya-rezki-tonkogo-metalla/cs035f-200x.html>. – Загл. с экрана.