

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043399**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.23

(51) Int. Cl. **H02K 1/18 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202192066

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(54) **ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ**

(31) **2018-235851**

(56) **WO-A1-2018138864
JP-A-200288107**

(32) **2018.12.17**

(33) **JP**

(43) **2021.11.19**

(86) **PCT/JP2019/049260**

(87) **WO 2020/129923 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НИППОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP)**

(72) Изобретатель:
**Фудзимура Хироси, Вакисака
Такеаки, Хираяма Рюи (JP)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Шихтованный сердечник включает в себя множество уложенных друг на друга листов электротехнической стали, причем из этого множества листов электротехнической стали как листы электротехнической стали, расположенные на первой стороне в направлении укладки, так и листы электротехнической стали, расположенные на второй стороне в направлении укладки, прикреплены друг к другу, но не приклеены друг к другу, а листы электротехнической стали, расположенные в центре в направлении укладки, приклеены друг к другу, но не прикреплены друг к другу.

B1

043399

043399

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к шихтованному сердечнику и электродвигателю. Испрашивается приоритет по заявке на патент Японии № 2018-235851, поданной 17 декабря 2018 г., содержание которой включено в данный документ по ссылке.

Предпосылки изобретения

В уровне техники известен шихтованный сердечник, описанный в нижеприведенном патентном документе 1. В этом шихтованном сердечнике смежные в направлении укладки листы электротехнической стали соединяются друг с другом обоими способами склеивания и скрепления.

Список цитируемой литературы.

Патентные документы.

Патентный документ 1: не прошедшая экспертизу заявка на патент Японии, первая публикация № 2015-136228.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением.

Имеется потребность в улучшении магнитных свойств шихтованного сердечника предшествующего уровня техники при обеспечении размерной точности внешней формы.

Настоящее изобретение было создано с учетом вышеизложенных обстоятельств, и цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы улучшать магнитные свойства при обеспечении размерной точности внешней формы.

Средства решения проблемы.

Чтобы решить вышеуказанные проблемы, настоящее изобретение предлагает следующие средства.

(1) Первый аспект настоящего изобретения представляет собой шихтованный сердечник, который включает в себя множество уложенных друг на друга листов электротехнической стали, при этом из множества листов электротехнической стали как листы электротехнической стали, расположенные на первой стороне в направлении укладки, так и листы электротехнической стали, расположенные на второй стороне в направлении укладки, прикреплены друг к другу, но не приклеены друг к другу, а листы электротехнической стали, расположенные в центре в направлении укладки, приклеены друг к другу, но не прикреплены друг к другу.

В случае соединения посредством скрепления можно повысить размерную точность по сравнению с соединением посредством склеивания. При этом из множества листов электротехнической стали как листы электротехнической стали, расположенные на первой стороне в направлении укладки, так и листы электротехнической стали, расположенные на второй стороне в направлении укладки, прикреплены друг к другу. Поэтому можно повысить точность формы каждого из участков в шихтованном сердечнике, расположенных на первой стороне и второй стороне в направлении укладки (каждого из участков, расположенных снаружи в направлении укладки относительно центра в направлении укладки). Каждый из этих участков имеет большое влияние на внешнюю форму шихтованного сердечника по сравнению с участком, расположенным в центре сердечника статора. Следовательно, повысив точность формы каждого из этих участков, в результате можно повысить точность внешней формы шихтованного сердечника. Поэтому можно обеспечивать удобообрабатываемость шихтованного сердечника. Например, даже в случае, при котором вокруг шихтованного сердечника наматывается обмотка, можно наматывать обмотку с высокой точностью и т.п. В случае соединения посредством склеивания можно уменьшить деформацию, возникающую в листе электротехнической стали, по сравнению с соединением посредством скрепления. Поскольку возникающая в листе электротехнической стали деформация влияет на магнитные потери листа электротехнической стали и магнитные свойства шихтованного сердечника, деформация предпочтительно является небольшой. При этом из множества листов электротехнической стали листы электротехнической стали, расположенные в центре в направлении укладки, приклеены друг к другу. Поэтому можно в большей степени подавлять возникновение деформации по сравнению со случаем, в котором эти листы электротехнической стали прикреплены друг к другу. Как результат можно улучшить магнитные свойства шихтованного сердечника.

(2) В шихтованном сердечнике по пункту (1) число листов электротехнической стали, расположенных в центре и приклеенных друг к другу, может быть больше числа листов электротехнической стали, расположенных на первой стороне и прикрепленных друг к другу, и числа листов электротехнической стали, расположенных на второй стороне и прикрепленных друг к другу.

Число (в дальнейшем называемое "N3") листов электротехнической стали, расположенных в центре и приклеенных друг к другу, больше числа (в дальнейшем называемого "N1") листов электротехнической стали, расположенных на первой стороне и прикрепленных друг к другу, и числа (в дальнейшем называемого "N2") листов электротехнической стали, расположенных на второй стороне и прикрепленных друг к другу. Поэтому можно уменьшить долю числа соединенных посредством скрепления листов электротехнической стали во всем шихтованном сердечнике. Как результат можно дополнительно улучшить магнитные свойства шихтованного сердечника.

(3) В шихтованном сердечнике по пункту (1) или (2) число листов электротехнической стали, расположенных на первой стороне и прикрепленных друг к другу, может быть равным числу листов элек-

тротехнической стали, расположенных на второй стороне и прикрепленных друг к другу.

N1 и N2 равны. Поэтому можно уменьшать различие между размерной точностью на первой стороне в направлении укладки и размерной точностью на второй стороне в направлении укладки в шихтованном сердечнике. Соответственно можно дополнительно обеспечивать удобообрабатываемость шихтованного сердечника.

(4) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (1)-(3) каждый из листов электротехнической стали может включать в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые выступают из части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и расположены с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника.

Шихтованный сердечник представляет собой сердечник статора, в котором имеются часть спинки сердечника и зубчатые части. Поэтому, например, когда обмотка пропускается через паз между смежными в окружном направлении зубчатыми частями, в значительной степени достигается вышеуказанный функциональный эффект обеспечения удобообрабатываемости. Т.е., когда размерная точность паза повышена, можно легко наматывать обмотку вокруг зубчатых частей в соответствии с проектом. Соответственно можно увеличить коэффициент заполнения обмотки в пазу. Как результат можно увеличить электрическую нагрузку в пазу.

(5) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (1)-(4) средняя толщина клеевых частей может составлять от 1,0 до 3,0 мкм.

(6) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (1)-(5) средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей может составлять от 1500 до 4500 МПа.

(7) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (1)-(6) клеевая часть может представлять собой клеящий при комнатной температуре клей на акриловой основе, включающий в себя SGA, выполненный из эластомерсодержащего клея на акриловой основе.

(8) Вторым аспектом настоящего изобретения представляет собой электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пунктов (1)-(7).

Эффекты изобретения.

Согласно настоящему изобретению можно улучшить магнитные свойства при обеспечении размерной точности внешней формы.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - вид в разрезе электродвигателя согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 - вид сверху статора, входящего в состав электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 3 - вид сбоку статора, входящего в состав электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 4 - вид сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, входящего в состав электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 5 - вид сверху листа электротехнической стали и крепежных частей статора, входящего в состав электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 6 - вид в разрезе вдоль линии VI-VI, показанной на фиг. 5.

Фиг. 7 - вид в разрезе сердечника статора согласно первому примеру модификации варианта осуществления настоящего изобретения, который соответствует виду в разрезе, показанному на фиг. 6.

Фиг. 8 - вид в разрезе сердечника статора согласно второму примеру модификации варианта осуществления настоящего изобретения, который соответствует виду в разрезе, показанному на фиг. 6.

Вариант(ы) осуществления изобретения.

В дальнейшем электродвигатель согласно варианту осуществления настоящего изобретения будет описываться со ссылкой на чертежи. В настоящем варианте осуществления в качестве примера электродвигателя будет описан электродвигатель, конкретно, электродвигатель переменного тока, более конкретно, синхронный электродвигатель, а еще более конкретно, электродвигатель с постоянными магнитами. Этот тип электродвигателя подходящим образом используется, например, для электрического транспортного средства (электромобиля) и т.п.

Как показано на фиг. 1 и 2, электродвигатель 10 включает в себя статор 20, ротор 30, корпус 50 и вращающийся вал 60. Статор 20 и ротор 30 заключены в корпусе 50. Статор 20 прикреплен к корпусу 50. В настоящем варианте осуществления в качестве электродвигателя 10 используется электродвигатель с внутренним ротором, в котором ротор 30 расположен в статоре 20. Тем не менее в качестве электродвигателя 10 может использоваться электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен снаружи статора 20. Дополнительно В настоящем варианте осуществления электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока с двенадцатью полюсами и восемнадцатью пазами. Тем не менее, например, число полюсов, число пазов, число фаз и т.п. может надлежащим образом изменяться. Например, когда в каждой фазе применяется ток возбуждения, имеющий эффективное значение 10 А и частоту 100 Гц, электродвигатель 10 может вращаться со скоростью вращения в 1000 об/мин.

Статор 20 включает в себя сердечник 21 статора и обмотку (не показана). Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23. В дальнейшем осевое направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление центральной оси О

сердечника 21 статора) называется "осевым направлением", радиальное направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление, ортогональное центральной оси О сердечника 21 статора) называется "радиальным направлением", а окружное направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление вращения вокруг центральной оси О сердечника 21 статора) называется "окружным направлением".

Часть 22 спинки сердечника имеет круглую форму на виде сверху статора 20 в осевом направлении. Множество зубчатых частей 23 выступают внутрь из части 22 спинки сердечника в радиальном направлении (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении). Множество зубчатых частей 23 расположены с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления восемнадцать зубчатых частей 23 предусмотрены через каждые 20 градусов в единицах центрального угла, центрированного на центральной оси О. Множество зубчатых частей 23 выполнены имеющими одинаковую форму и одинаковый размер. Формы и размеры множества зубчатых частей 23 не обязательно должны быть одинаковыми. Вокруг зубчатых частей 23 намотана обмотка. Обмотка может представлять собой концентрированную обмотку или распределенную обмотку.

Ротор 30 располагается внутри статора 20 (сердечника 21 статора) в радиальном направлении. Ротор 30 включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32. Сердечник 31 ротора расположен коаксиально со статором 20, образуя кольцевую форму (круглую форму). Вращающийся вал 60 расположен в сердечнике 31 ротора. Вращающийся вал 60 прикреплен к сердечнику 31 ротора. Множество постоянных магнитов 32 прикреплены к сердечнику 31 ротора. В настоящем варианте осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 образует один магнитный полюс. Множество наборов постоянных магнитов 32 расположены с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления двенадцать наборов постоянных магнитов 32 (всего двадцать четыре) предусмотрены через каждые 30 градусов в единицах центрального угла, центрированного на центральной оси О. Интервалы между множеством наборов постоянных магнитов 32 не обязательно должны быть одинаковыми.

В настоящем варианте осуществления в качестве электродвигателя с постоянными магнитами используется электродвигатель с внутренними постоянными магнитами. В сердечнике 31 ротора образовано множество сквозных отверстий 33, которые пронизывают сердечник 31 ротора в осевом направлении. Множество сквозных отверстий 33 выполнено соответствующим множеству постоянных магнитов 32. Каждый постоянный магнит 32 прикреплен к сердечнику 31 ротора в состоянии расположения в соответствующем сквозном отверстии 33. Например, внешняя поверхность постоянного магнита 32 и внутренняя поверхность сквозного отверстия 33 приклеены друг к другу клеем, и таким образом может быть реализовано прикрепление каждого постоянного магнита 32 к сердечнику 31 ротора. В качестве электродвигателя с постоянными магнитами может использоваться электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

Каждый из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора представляет собой шихтованный сердечник. Шихтованный сердечник образован множеством уложенных друг на друга листов 40 электротехнической стали. Толщина укладки каждого из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора составляет, например, 50,0 мм. Внешний диаметр сердечника 21 статора составляет, например, 250,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 21 статора составляет, например, 165,0 мм. Внешний диаметр сердечника 31 ротора составляет, например, 163,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 31 ротора составляет, например, 30,0 мм. Тем не менее эти значения являются примерными, и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 21 статора и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями. При этом внутренний диаметр сердечника 21 статора приведен по внутренней кромке каждой из зубчатых частей 23 сердечника 21 статора. Внутренний диаметр сердечника 21 статора - это диаметр виртуальной окружности, вписанной во внутренние кромки всех зубчатых частей 23.

Каждый лист 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора формируется, например, посредством процесса пробивки листа электротехнической стали в качестве основного материала. В качестве листа 40 электротехнической стали может использоваться известный лист электротехнической стали. Химический состав листа 40 электротехнической стали не ограничен конкретным образом. В настоящем варианте осуществления в качестве листа 40 электротехнической стали используется лист изотропной электротехнической стали. В качестве листа изотропной электротехнической стали, например, может использоваться полоса изотропной электротехнической стали по JIS C 2552:2014. Однако в качестве листа 40 электротехнической стали может также использоваться лист анизотропной электротехнической стали вместо листа изотропной электротехнической стали. В качестве листа анизотропной электротехнической стали, например, может использоваться полоса анизотропной электротехнической стали по JIS C 2553:2012.

На каждой из обеих поверхностей листа 40 электротехнической стали имеется изоляционное покрытие для того, чтобы улучшить обрабатываемость листа электротехнической стали и уменьшить магнитные потери шихтованного сердечника. В качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие, например, может применяться (1) неорганическое соединение, (2) органическая смола, (3) смесь неорга-

нического соединения и органической смолы и т.п. Примеры неорганического соединения включают (1) комплексное соединение дихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. Примеры органической смолы включают эпоксидные смолы, акриловые смолы, акрил-стирольные смолы, полиэфирные смолы, силиконовые смолы, фторкаучуки и т.п.

Чтобы обеспечивать рабочие характеристики изоляции между уложенными друг на друга листами 40 электротехнической стали, толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше. С другой стороны, по мере того как изоляционное покрытие становится более толстым, эффект изоляции становится насыщенным. Дополнительно, по мере того как изоляционное покрытие становится более толстым, уменьшается коэффициент заполнения, а эксплуатационные характеристики шихтованного сердечника ухудшаются. Поэтому предпочтительно формировать изоляционное покрытие как можно более тонким в диапазоне, в котором могут обеспечиваться рабочие характеристики изоляции. Толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше и 5 мкм или меньше, а более предпочтительно 0,1 мкм или больше и 2 мкм или меньше.

По мере того как лист 40 электротехнической стали становится более тонким, эффект уменьшения магнитных потерь постепенно становится насыщенным.

Дополнительно, по мере того как лист 40 электротехнической стали становится более тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. Поэтому, учитывая эффект уменьшения магнитных потерь и затраты на изготовление, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,10 мм или больше. С другой стороны, если лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, операция пробивки штампом листа 40 электротехнической стали становится затруднительной. Поэтому с учетом операции пробивки штампом листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,65 мм или меньше. Дополнительно, по мере того как лист 40 электротехнической стали становится более толстым, магнитные потери увеличиваются. Поэтому с учетом характеристики магнитных потерь листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,35 мм или меньше, а более предпочтительно 0,20 или 0,25 мм. С учетом вышеуказанных аспектов толщина каждого листа 40 электротехнической стали составляет, например, 0,10 мм или больше и 0,65 мм или меньше, предпочтительно 0,10 мм или больше и 0,35 мм или меньше, а более предпочтительно 0,20 или 0,25 мм. Толщина листа 40 электротехнической стали также включает толщину изоляционного покрытия.

Некоторые из множества листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора приклеены друг к другу клеевой частью 41. Клеевая часть 41 представляет собой клей, который предусмотрен между смежными в направлении укладки листами 40 электротехнической стали и отвержден без разделения. В качестве клея, например, используется термореактивный клей, отверждаемый за счет полимерного связывания, и т.п. В качестве состава клея может применяться (1) акриловая смола, (2) эпоксидная смола, (3) композиция, содержащая акриловую смолу и эпоксидную смолу, и т.п. В качестве такого клея, в дополнение к термореактивному клею, может также использоваться клей радикальной полимеризации и т.п., а с точки зрения производительности желательнее использовать отверждающийся при комнатной температуре клей. Отверждающийся при комнатной температуре клей отверждается при 20-30°C. В качестве отверждающегося при комнатной температуре клея предпочтителен клей на акриловой основе. Типичные клеи на акриловой основе включают акриловый клей второго поколения (SGA) и т.п. Может использоваться любой из анаэробного клея, клея-момента и эластомерсодержащего клея на акриловой основе при условии, что эффекты настоящего изобретения не нарушаются. Упомянутый здесь клей означает клей в состоянии до отверждения, а после того как клей отверждается, он становится клеевой частью 41.

Средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей 41 при комнатной температуре (20-30°C) составляет в диапазоне 1500-4500 МПа. Если средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей 41 меньше 1500 МПа, возникает такая проблема, что жесткость шихтованного сердечника понижается. Поэтому нижний предел среднего модуля E упругости на растяжение клеевых частей 41 составляет 1500 МПа, а более предпочтительно 1800 МПа. Наоборот, если средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей 41 превышает 4500 МПа, возникает такая проблема, что изоляционное покрытие, сформированное на поверхности листа 40 электротехнической стали, отслаивается. Поэтому верхний предел среднего модуля E упругости на растяжение клеевых частей 41 составляет 4500 МПа, а более предпочтительно 3650 МПа. Средний модуль E упругости на растяжение измеряется резонансным методом. В частности, модуль упругости на растяжение измеряется в соответствии со стандартом JIS R 1602:1995. Более конкретно, сначала делают образец для измерения (не показан). Этот образец получается посредством приклеивания двух листов 40 электротехнической стали друг к другу подлежащим измерению клеем и отверждения клея с образованием клеевой части 41. В случае, при котором клеем является термореактивный клей, это отверждение выполняется посредством нагрева и создания повышенного давления при условиях нагрева и повышенного давления в реальной операции. С другой стороны, в слу-

чае, при котором клеем является отверждающийся при комнатной температуре клей, отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре. Затем модуль упругости на растяжение этого образца измеряется резонансным методом. Как описано выше, способ измерения модуля упругости на растяжение резонансным методом осуществляется в соответствии со стандартом JIS R 1602:1995. После этого посредством вычисления получается модуль упругости на растяжение только клеевой части 41 путем исключения влияния самого листа 40 электротехнической стали из модуля упругости на растяжение (измеренного значения) образца. Полученный таким образом модуль упругости образца на растяжение равен среднему значению для шихтованного сердечника в целом, и в силу этого данное значение рассматривается в качестве среднего модуля Е упругости на растяжение. Состав среднего модуля Е упругости на растяжение задается таким образом, что средний модуль Е упругости на растяжение практически не изменяется независимо от положения укладки в направлении укладки и окружного положения вокруг центральной оси шихтованного сердечника. Поэтому значение, полученное измерением модуля упругости на растяжение отвержденной клеевой части 41 в верхнем концевом положении в шихтованном сердечнике, можно рассматривать в качестве среднего модуля Е упругости на растяжение.

В качестве способа склеивания может использоваться способ нанесения клея на листы 40 электротехнической стали и затем приклеивания листов 40 электротехнической стали друг к другу посредством одного из нагрева и опрессовывания или их обоих. Средством нагрева может быть, например, любое средство, такое как способ нагрева в высокотемпературной ванне или электрической печи, способ непосредственного подвода энергии или т.п.

Чтобы получать стабильную и достаточную адгезионную прочность, толщина клеевой части 41 предпочтительно равна 1 мкм или больше. С другой стороны, когда толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила адгезии становится насыщенной. Дополнительно, по мере того как клеевая часть 41 становится более толстой, коэффициент заполнения уменьшается, и плотность крутящего момента, создаваемого при применении шихтованного сердечника для электродвигателя, снижается. Поэтому толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше и 100 мкм или меньше, а более предпочтительно 1 мкм или больше и 10 мкм или меньше. В вышеприведенном описании толщина клеевой части 41 означает среднюю толщину клеевых частей 41.

Средняя толщина клеевых частей 41 более предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Если средняя толщина клеевых частей 41 меньше 1,0 мкм, невозможно обеспечить достаточную силу адгезии, как описано выше. Поэтому нижний предел средней толщины клеевых частей 41 составляет 1,0 мкм, а более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, если средняя толщина клеевых частей 41 становится больше 3,0 мкм, возникают проблемы, такие как значительное увеличение величины деформации листа 40 электротехнической стали вследствие усадки во время термоотверждения. Поэтому верхний предел средней толщины клеевых частей 41 составляет 3,0 мкм, а более предпочтительно 2,6 мкм. Средняя толщина клеевых частей 41 является средним значением для шихтованного сердечника в целом. Средняя толщина клеевых частей 41 практически не изменяется независимо от положения укладки в направлении укладки и окружного положения вокруг центральной оси шихтованного сердечника. Поэтому среднее значение значений, полученных измерением толщин клеевых частей 41 в верхнем концевом положении в шихтованном сердечнике в десяти или более точках в окружном направлении, может рассматриваться в качестве средней толщины клеевых частей 41.

Среднюю толщину клеевых частей 41 можно регулировать, например, изменяя наносимое количество клея. Дополнительно, например, в случае термореактивного клея, средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей 41 можно регулировать посредством изменения одного или обоих из применяемых во время склеивания условий нагрева и создания повышенного давления и типа отвердителя.

В настоящем варианте осуществления множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 31 ротора прикреплены друг к другу посредством крепежной детали С (шканта). Однако множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 31 ротора могут быть приклеены друг к другу посредством клеевой части 41. Шихтованный сердечник, такой как сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, может формироваться посредством так называемой укладки витками.

При этом, как показано на фиг. 3 и 4, в сердечнике 21 статора по настоящему варианту осуществления все наборы смежных в направлении укладки листов 40 электротехнической стали соединены друг с другом посредством либо склеивания, либо скрепления. В настоящем варианте осуществления из множества листов 40 электротехнической стали N1 листов 40 электротехнической стали (в дальнейшем также называемых первым шихтованным телом 76), расположенных на первой стороне D1 в направлении укладки, и N2 листов 40 электротехнической стали (в дальнейшем также называемых вторым шихтованным телом 77), расположенных на второй стороне D2 в направлении укладки, прикреплены друг к другу, но не приклеены друг к другу, и, кроме того, не соединены друг с другом каким-либо способом соединения, отличным от скрепления. Из множества листов 40 электротехнической стали N3 листов 40 электротехнической стали (в дальнейшем также называемых третьим шихтованным телом 78), расположенных в центре в направлении укладки, приклеены друг к другу, но не прикреплены друг к другу, и, кроме того,

не соединены друг с другом каким-либо способом соединения, отличным от склеивания.

Из обоих концов сердечника 21 статора в направлении укладки, конец, расположенный на первой стороне D1, называется первым концевым участком 21a, а конец, расположенный на второй стороне D2, называется вторым концевым участком 21b. Первый концевой участок 21a образован из N1 листов 40 электротехнической стали (первого шихтованного тела 76). Второй концевой участок 21b образован из N2 листов 40 электротехнической стали (второго шихтованного тела 77). В настоящем варианте осуществления N1 и N2 равны. Здесь равенство N1 и N2 включает в себя не только случай, в котором N1 и N2 абсолютно равны, но и случай, в котором возникает небольшое различие между N1 и N2 (случай, в котором N1 и N2 практически равны). Это небольшое различие означает различие числа листов в пределах 5% относительно общего числа листов сердечника 21 статора.

Как показано на фиг. 5, крепежные части C1 и C2 формируются в листах 40 электротехнической стали (в каждом из N1 и N2 листов 40 электротехнической стали, первого шихтованного тела 76 и второго шихтованного тела 77), которые прикреплены друг к другу. Крепежные части C1 и C2 включают первую крепежную часть C1, предусмотренную в части 22 спинки сердечника, и вторую крепежную часть C2, предусмотренную в каждой из зубчатых частей 23.

Множество первых крепежных частей C1 расположены с равными интервалами в окружном направлении. В проиллюстрированном примере первые крепежные части C1 расположены сдвинутыми относительно зубчатых частей 23 в окружном направлении. Каждая из первых крепежных частей C1 расположена между смежными в окружном направлении зубчатыми частями 23. Первые крепежные части C1 расположены в центре части 22 спинки сердечника в радиальном направлении. Вторая крепежная часть C2 предусмотрена в каждой из всех зубчатых частей 23. Вторая крепежная часть C2 расположена в центре каждой зубчатой части 23 в окружном направлении. Две вторых крепежных части C2 располагаются в каждой зубчатой части 23 бок о бок в радиальном направлении.

Как показано на фиг. 6, первая крепежная часть C1 включает в себя выпуклую часть C11 и вогнутую часть C12, которые предусмотрены в каждом листе 40 электротехнической стали. Выпуклая часть C11 выступает из листа 40 электротехнической стали в направлении укладки. Вогнутая часть C12 расположена на том участке каждого листа 40 электротехнической стали, который находится с задней стороны выпуклой части C11. Вогнутая часть C12 утоплена в направлении укладки относительно поверхности (первой поверхности) листа 40 электротехнической стали. Выпуклая часть C11 и вогнутая часть C12 формируются, например, посредством процесса прессования каждого листа 40 электротехнической стали. Здесь в каждом из N1 листов 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) и N2 листов 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77), один из двух смежных в направлении укладки листов 40 электротехнической стали называется первым листом 40 электротехнической стали, а другой называется вторым листом 40 электротехнической стали. Первая крепежная часть C1 образована выпуклой частью C11 первого листа 40 электротехнической стали, посаженной в вогнутую часть C12 второго листа 40 электротехнической стали. Когда выпуклая часть C11 садится в вогнутую часть C12 и образуется первая крепежная часть C1, относительное смещение между двумя смежными в направлении укладки листами 40 электротехнической стали регулируется.

Вторая крепежная часть C2 имеет такую же конфигурацию, как и у первой крепежной части C1. Вторая крепежная часть C2 включает в себя выпуклую часть C11 и вогнутую часть C12, которые предусмотрены в каждом листе 40 электротехнической стали. Вторая крепежная часть C2 образована выпуклой частью C11 первого листа 40 электротехнической стали, посаженной в вогнутую часть C12 второго листа 40 электротехнической стали. Когда выпуклая часть C11 садится в вогнутую часть C12 и образуется вторая крепежная часть C2, относительное смещение между этими двумя смежными в направлении укладки листами 40 электротехнической стали регулируется.

Формы выпуклой части C11 и вогнутой части C12 не ограничены конкретным образом. Дополнительно направление, в котором выступает выпуклая часть C11, и направление, в котором утоплена вогнутая часть C12, может представлять собой либо первую сторону D1, либо вторую сторону D2 в направлении укладки. Например, как и в сердечнике 21 статора по настоящему варианту осуществления, показанном на фиг. 6, и в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76), и в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) выпуклая часть C11 может выступать во вторую сторону D2, и вогнутая часть C12 может быть утоплена во вторую сторону D2. В этом случае в каждом из N1 листов 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) и N2 листов 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) выпуклая часть C11 и вогнутая часть C12 могут быть образованы в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней второй стороне D2. Тем не менее в проиллюстрированном примере, в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней второй стороне D2, образовано сквозное отверстие C13 вместо выпуклой части C11 и вогнутой части C12. В этом случае выпуклая часть C11 листа 40 электротехнической стали, смежного с тем листом 40 электротехнической стали, в котором образовано сквозное отверстие C13 с первой стороны D1, садится в сквозное отверстие C13. Соответственно в каждом из N1 листов 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) и N2 листов 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) два листа 40 электротехнической стали, расположенные на крайней второй

стороне D2, прикреплены друг к другу. Дополнительно, например, как и в сердечнике 21А статора по первому примеру модификации, показанному на фиг. 7, в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) выпуклая часть C11 может выступать во вторую сторону D2, и вогнутая часть C12 может быть утоплена во вторую сторону D2. Помимо этого, в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) выпуклая часть C11 может выступать в первую сторону D1, и вогнутая часть C12 может быть утоплена в первую сторону D1. В проиллюстрированном примере, в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) сквозное отверстие C13 образовано в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней второй стороне D2, вместо выпуклой части C11 и вогнутой части C12. Дополнительно в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) сквозное отверстие C13 образовано в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней первой стороне D1, вместо выпуклой части C11 и вогнутой части C12. Дополнительно, например, как и в сердечнике 21В статора по второму примеру модификации, показанному на фиг. 8, в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) выпуклая часть C11 может выступать в первую сторону D1, и вогнутая часть C12 может быть утоплена в первую сторону D1. Помимо этого, в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) выпуклая часть C11 может выступать во вторую сторону D2, и вогнутая часть C12 может быть утоплена во вторую сторону D2. В проиллюстрированном примере, в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76) сквозное отверстие C13 образовано в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней первой стороне D1, вместо выпуклой части C11 и вогнутой части C12. Дополнительно в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) сквозное отверстие C13 образовано в листе 40 электротехнической стали, расположенном на крайней второй стороне D2, вместо выпуклой части C11 и вогнутой части C12. Хотя это и не показано, и в N1 листах 40 электротехнической стали (в первом шихтованном теле 76), и в N2 листах 40 электротехнической стали (во втором шихтованном теле 77) выпуклая часть C11 может выступать в первую сторону D1, и вогнутая часть C12 может быть утоплена в первую сторону D1.

Как показано на фиг. 3, из множества листов 40 электротехнической стали N3 находящихся в центре в направлении укладки листов 40 электротехнической стали (третье шихтованное тело 78) проложены(о) между N1 листами 40 электротехнической стали (первым шихтованным телом 76) и N2 листами 40 электротехнической стали (вторым шихтованным телом 77) с обеих сторон в направлении укладки. N3 листов 40 электротехнической стали (третье шихтованное тело 78) образуют(ет) центральный участок 21с сердечника 21 статора. При условии, что общее число листов 40 электротехнической стали составляет N0, N0 получается как сумма N1, N2 и N3.

Как показано на фиг. 4, смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали, приклеенные друг к другу клеевой частью 41, не находятся в состоянии склеивания по всей поверхности. Эти листы 40 электротехнической стали приклеены друг к другу локально.

В настоящем варианте осуществления смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали приклеены друг к другу клеевой частью 41, предусмотренной вдоль периферийного края листа 40 электротехнической стали. В частности, смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали приклеены друг к другу первой клеевой частью 41а и второй клеевой частью 41b. Первая клеевая часть 41а предусмотрена вдоль внешнего периферийного края листа 40 электротехнической стали на виде сверху листа 40 электротехнической стали в направлении укладки. Вторая клеевая часть 41b предусмотрена вдоль внутреннего периферийного края листа 40 электротехнической стали на виде сверху листа 40 электротехнической стали в направлении укладки. Первая и вторая клеевые части 41а и 41b образованы в полосковой форме на виде сверху.

Здесь полосковая форма также включает в себя форму, в которой ширина полосы изменяется в середине. Например, форма, в которой круглые точки непрерывны в одном направлении без разделения, также включается в полосковую форму, простирающуюся в одном направлении. Дополнительно термин "она располагается вдоль периферийного края" включает в себя не только случай, в котором она абсолютно параллельна периферийному краю, но и случай, в котором она имеет наклон, например, в пределах 5 градусов относительно периферийного края.

Первая клеевая часть 41а располагается вдоль внешнего периферийного края листа 40 электротехнической стали. Первая клеевая часть 41а простирается непрерывно по всей окружности в окружном направлении. Первая клеевая часть 41а выполнена круглой формы на виде сверху первой клеевой части 41а в направлении укладки. Вторая клеевая часть 41b располагается вдоль внутреннего периферийного края листа 40 электротехнической стали. Вторая клеевая часть 41b простирается непрерывно по всей окружности (по всему периметру) в окружном направлении.

Вторая клеевая часть 41b включает множество зубчатых участков 44 и множество участков 45 спинки сердечника. Множество зубчатых участков 44 предусмотрены с интервалами в окружном направлении, и каждый зубчатый участок 44 располагается в каждой зубчатой части 23. Множество участков 45 спинки сердечника располагаются в части 22 спинки сердечника и соединяют смежные в окружном направлении зубчатые участки 44 между собой. Зубчатый участок 44 включает в себя пару первых участков 44а и второй участок 44b. Первые участки 44а располагаются с интервалами в окружном на-

правлении. Первый участок 44a простирается в радиальном направлении. Первый участок 44a простирается в полосковой форме в радиальном направлении. Второй участок 44b соединяет пару первых участков 44a между собой в окружном направлении. Второй участок 44b простирается в полосковой форме в окружном направлении.

В настоящем варианте осуществления все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют одинаковую форму на виде сверху. Форма на виде сверху клеевой части 41 означает общую форму клеевой части 41 на виде сверху листа 40 электротехнической стали, в котором имеется клеевая часть 41, в направлении укладки. Тот вариант, когда все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют одинаковую форму на виде сверху, включает в себя не только случай, в котором все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют полностью одинаковую форму на виде сверху, но и случай, в котором все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют практически одинаковую форму на виде сверху. Случай практически одинаковой формы - это случай, в котором все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют общую на 95% или более форму на виде сверху.

В настоящем варианте осуществления доля площади адгезии листа 40 электротехнической стали клеевой частью 41 составляет 1% или больше и 40% или меньше. В проиллюстрированном примере доля площади адгезии составляет 1% или больше и 20% или меньше, а, конкретно, 20%. Доля площади адгезии листа 40 электротехнической стали клеевой частью 41 представляет собой долю площади той области (клеевой области 42) первой поверхности, в которой имеется клеевая часть 41, по отношению к площади поверхности листа 40 электротехнической стали (в дальнейшем называемой первой поверхностью листа 40 электротехнической стали), которая обращена в направлении укладки. Область, в которой имеется клеевая часть 41, представляет собой ту область (клеевую область 42) первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой имеется клей, который отвержден без разделения. Площадь той области, в которой имеется клеевая часть 41, может быть получена, например, посредством фотографирования первой поверхности листа 40 электротехнической стали после расслоения и посредством анализа сфотографированного в результате изображения.

В настоящем варианте осуществления между листами 40 электротехнической стали доля площади адгезии листа 40 электротехнической стали клеевой частью 41 составляет 1% или больше и 20% или меньше. В обоих смежных в направлении укладки листах 40 электротехнической стали доля площади адгезии листов 40 электротехнической стали клеевой частью 41 составляет 1% или больше и 20% или меньше. В случае, в котором клеевая часть 41 предусмотрена на каждой из обеих сторон одного листа 40 электротехнической стали в направлении укладки, доля площади адгезии на каждой из обеих сторон листа 40 электротехнической стали составляет 1% или больше и 20% или меньше. При склеивании листов 40 электротехнической стали друг с другом клеевой частью 41 можно легко обеспечивать площадь адгезии (площадь соединения) по сравнению со случаем, в котором листы 40 электротехнической стали прикреплены друг к другу.

В настоящем варианте осуществления листы 40 электротехнической стали (каждый из N1 и N2 листов 40 электротехнической стали, первого шихтованного тела 76 и второго шихтованного тела 77), которые прикреплены друг к другу, не приклеены друг к другу. Другими словами, клеевая часть 41 не предусмотрена между прикрепленными друг к другу листами 40 электротехнической стали. Дополнительно в настоящем варианте осуществления листы 40 электротехнической стали (N3 листов 40 электротехнической стали), которые приклеены друг к другу, не прикреплены друг к другу. Другими словами, в листах 40 электротехнической стали, которые приклеены друг к другу, выпуклая часть C11 и вогнутая часть C12 (или сквозное отверстие C13) не посажены друг в друга. Т.е. регулирование относительного смещения между приклеенными друг к другу листами 40 электротехнической стали не реализуется, по меньшей мере, за счет посадки между выпуклой частью C11 и вогнутой частью C12 (или сквозным отверстием C13).

В настоящем варианте осуществления крепежные части C1 и C2 и клеевая часть 41 располагаются в тех положениях, где они не перекрывают друг друга на виде сверху и избегают друг друга. Крепежные части C1 и C2 и клеевая часть 41 располагаются со сдвигом друг от друга на виде сверху. Общая площадь крепежных частей C1 и C2 на виде сверху меньше общей площади клеевой части 41.

Здесь способ соединения на границе (в дальнейшем называемой первой границей B1) между N1 листами 40 электротехнической стали на первой стороне D1, которые соединены друг с другом посредством скрепления, и N3 листами 40 электротехнической стали в центре, которые соединены друг с другом посредством склеивания, может быть скреплением или может быть склеиванием. Другими словами, лист 40 электротехнической стали, расположенный на крайней второй стороне D2, из N1 листов 40 электротехнической стали, расположенных на первой стороне D1, и лист 40 электротехнической стали, расположенный на крайней первой стороне D1, из N3 листов 40 электротехнической стали, расположенных в центре, могут быть соединены друг с другом скреплением или могут быть соединены друг с другом склеиванием.

Дополнительно способ соединения на границе (в дальнейшем называемой второй границей B2) ме-

жду N2 листами 40 электротехнической стали на второй стороне D2, которые соединены друг с другом посредством скрепления, и N3 листов 40 электротехнической стали в центре, которые соединены друг с другом посредством склеивания, может быть скреплением или может быть склеиванием. Другими словами, лист 40 электротехнической стали, расположенный на крайней первой стороне D1, из N2 листов 40 электротехнической стали, расположенных на второй стороне D2, и лист 40 электротехнической стали, расположенный на крайней второй стороне D2, из N3 листов 40 электротехнической стали, расположенных в центре, могут быть соединены друг с другом скреплением или могут быть соединены друг с другом склеиванием.

В сердечнике 21 статора, показанном на фиг. 6, в сердечнике 21А статора, показанном на фиг. 7, и в сердечнике 21В статора, показанном на фиг. 8, смежные друг с другом листы 40 электротехнической стали соединены посредством склеивания на первой границе В1 и на второй границе В2. Здесь один из смежных друг с другом листов 40 электротехнической стали на каждой из первой границы В1 и второй границы В2 называется третьим листом 40 электротехнической стали, а другой называется четвертым листом 40 электротехнической стали. В третьем листе 40 электротехнической стали выпуклая часть С11, вогнутая часть С12 или сквозное отверстие С13 образована(о) в поверхности (первой поверхности), обращенной к четвертому листу 40 электротехнической стали. В четвертом листе 40 электротехнической стали ни одно из выпуклой части С11, вогнутой части С12 и сквозного отверстия С13 не образовано в поверхности (первой поверхности), обращенной к третьему листу 40 электротехнической стали. Поверхность четвертого листа 40 электротехнической стали является практически плоской. Здесь тот вариант, когда поверхность является практически плоской, включает в себя, например, случай, в котором поверхность листа 40 электротехнической стали образована с неровной формой, которая может неизбежно формироваться при изготовлении.

На обеих из первой границы В1 и второй границы В2 тот случай, в котором листы 40 электротехнической стали соединены друг с другом, является по существу основным. Тем не менее листы 40 электротехнической стали могут быть не соединены на границах В1 и В2 в ожидании усилия скрепления вследствие обмотки.

В случае соединения посредством скрепления можно улучшить размерную точность по сравнению с соединением посредством склеивания. Здесь из множества листов 40 электротехнической стали листы 40 электротехнической стали (N1 листов 40 электротехнической стали, первое шихтованное тело 76), расположенные(ое) на первой стороне D1 в направлении укладки, и листы 40 электротехнической стали (N2 листов 40 электротехнической стали, второе шихтованное тело 77), расположенные(ое) на второй стороне D2 в направлении укладки, прикреплены друг к другу. Поэтому можно улучшить точность формы каждого из участков, расположенных на первой стороне D1 и второй стороне D2 в направлении укладки (каждого из участков, расположенных снаружи в направлении укладки относительно центра в направлении укладки) в сердечнике 21 статора. Каждый из этих участков имеет большое влияние на внешнюю форму сердечника 21 статора по сравнению с участком, расположенным в центре сердечника 21 статора. Поэтому, повысив точность формы каждого из этих участков, в результате можно улучшить точность внешней формы сердечника 21 статора. Поэтому можно обеспечивать удобообрабатываемость сердечника 21 статора. Например, даже в случае, при котором вокруг сердечника 21 статора наматывается обмотка, можно намотать обмотку с высокой точностью и т.п. В настоящем варианте осуществления когда обмотка пропускается через паз между смежными в окружном направлении зубчатыми частями 23, в значительной степени достигается вышеуказанный функциональный эффект обеспечения удобообрабатываемости. Т.е., когда размерная точность паза повышена, можно легко наматывать обмотку вокруг зубчатых частей 23 в соответствии с проектом. Соответственно можно увеличить коэффициент заполнения обмотки в пазу. Как результат можно увеличить электрическую нагрузку в пазу.

В случае соединения посредством склеивания можно уменьшить деформацию, возникающую в листе 40 электротехнической стали, по сравнению с соединением посредством скрепления. Поскольку возникающая в листе 40 электротехнической стали деформация влияет на магнитные потери листа 40 электротехнической стали и магнитные свойства сердечника 21 статора, деформация предпочтительно является небольшой. Здесь из множества листов 40 электротехнической стали листы 40 электротехнической стали (N3 листов 40 электротехнической стали, третий шихтованный тел 78), расположенные в центре в направлении укладки, приклеены друг к другу. Поэтому можно в большей степени подавлять возникновение деформации по сравнению со случаем, в котором эти листы 40 электротехнической стали прикреплены друг к другу. Как результат можно улучшить магнитные свойства сердечника 21 статора.

Как показано на фиг. 3, N3 больше N1 и N2. Поэтому можно уменьшить долю числа соединенных посредством скрепления листов 40 электротехнической стали во всем сердечнике 21 статора. Как результат можно дополнительно улучшить магнитные свойства сердечника 21 статора. N1 и N2 равны. Поэтому можно уменьшить различие между размерной точностью на первой стороне D1 в направлении укладки и размерной точностью на второй стороне D2 в направлении укладки в сердечнике 21 статора. Соответственно можно дополнительно обеспечить удобообрабатываемость сердечника 21 статора.

Технический объем настоящего изобретения не ограничен вышеописанными вариантами осуществления, и могут вноситься различные модификации без отступления от сущности настоящего изобретения.

В вышеописанных вариантах осуществления крепежные части С1 и С2 и клеевая часть 41 располагаются в тех положениях, где они не перекрывают друг друга на виде сверху и избегают друг друга. Тем не менее крепежные части С1 и С2 и клеевая часть 41 могут перекрывать друг друга на виде сверху.

Форма сердечника статора не ограничена формами, показанными в вышеописанных вариантах осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника статора, толщина укладки, число пазов, соотношение размеров каждой из зубчатых частей 23 в окружном направлении и радиальном направлении, соотношение размеров между каждой из зубчатых частей 23 и частью 22 спинки сердечника в радиальном направлении и т.п. могут быть произвольно спроектированы согласно свойствам требуемого электродвигателя.

В роторе по вышеописанным вариантам осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 образует один магнитный полюс, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, один постоянный магнит 32 может образовывать один магнитный полюс, либо три или более постоянных магнита 32 могут образовывать один магнитный полюс.

В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан электродвигатель с постоянными магнитами, но конструкция электродвигателя не ограничена этим, как будет проиллюстрировано ниже, и в качестве конструкции электродвигателя также могут быть приспособлены различные известные конструкции, которые не проиллюстрированы ниже. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера синхронного электродвигателя был описан электродвигатель с постоянными магнитами, однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой реактивный электродвигатель или электродвигатель с электромагнитным возбуждением (двухобмоточный электродвигатель). В вышеописанных вариантах осуществления синхронный электродвигатель был описан в качестве примера электродвигателя переменного тока, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой асинхронный электродвигатель. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан электродвигатель переменного тока, однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электродвигатель постоянного тока. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан двигатель, однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электрический генератор.

В вышеописанных вариантах осуществления проиллюстрирован случай, в котором шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению применен в сердечнике статора, однако шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению также может применяться в сердечнике ротора.

Помимо этого, можно надлежащим образом заменять элементы конструкции в вышеописанных вариантах осуществления известными элементами конструкции без отступления от сущности настоящего изобретения, и вышеописанные примеры модификаций могут надлежащим образом комбинироваться.

Далее, проведено проверочное испытание для того, чтобы проверить вышеуказанные функциональные эффекты. Данное проверочное испытание было проведено посредством моделирования с использованием программного обеспечения. В качестве программного обеспечения использовано программное обеспечение моделирования электромагнитного поля JMAG, которое основано на методе конечных элементов и произведено компанией "JSOL Corporation". В качестве проверочного испытания проведены первое проверочное испытание и второе проверочное испытание.

Первое проверочное испытание.

В первом проверочном испытании проверяли функциональные эффекты, основанные на том факте, что листы электротехнической стали на обеих сторонах в направлении укладки прикреплены друг к другу, а листы электротехнической стали в центре в направлении укладки приклеены друг к другу. В этом проверочном испытании моделирования проведены для статоров по сравнительным примерам 1 и 2 и статора по примеру 1.

В качестве общего для статоров по сравнительным примерам 1 и 2 и статора по примеру 1 статор 20 согласно показанному на фиг. 1-6 варианту осуществления использовали в качестве базовой конструкции и изменяли следующие аспекты в отношении статора 20. А именно толщину листа электротехнической стали задали равной 0,25 мм, толщину укладки шихтованного сердечника задали равной 50 мм, а число листов электротехнической стали задали равным 200.

После этого в статоре по сравнительному примеру 1 200 листов электротехнической стали соединили друг с другом посредством скрепления во всех слоях. В статоре по сравнительному примеру 2 200 листов электротехнической стали соединили друг с другом посредством склеивания во всех слоях. В статоре по примеру 1 из 200 листов электротехнической стали, по 30 листов (по 15% от общего числа листов), расположенных на обеих сторонах в направлении укладки, соединили друг с другом посредством скрепления, а 140 листов (70% от общего числа листов), расположенных в центре в направлении укладки, соединили друг с другом посредством склеивания.

Для каждого из статоров по сравнительным примерам 1 и 2 и по примеру 1 подтверждали магнитные потери в расчете на лист электротехнической стали и размерную точность в качестве сердечника статора. Магнитные потери вычисляли посредством моделирования с использованием вышеуказанного

программного обеспечения. Размерную точность оценивали по величине отклонения от целевого размера в случае, при котором пять сердечников статора были изготовлены в каждом примере.

Результаты показаны в нижеприведенной табл. 1.

Таблица 1

	Сравнительный пример 1	Пример 1	Сравнительный пример 2
Способ соединения	Скрепление во всех слоях	Скрепление по обеим сторонам и склеивание по центру	Склеивание во всех слоях
Магнитные потери (Вт/кг)	27,4	25,0	24,0
Размерная точность	Превосходная	Благоприятная	Плохая

Исходя из вышеозначенного, в примере 1 наблюдалось улучшение магнитных потерь в 8,8% ($= (27,4 - 25,0) / 27,4$) и получен благоприятный результат относительно размерной точности по сравнению со сравнительным примером 1.

Второе проверочное испытание.

Во втором проверочном испытании проверяли различие в эффектах, основанных на различии числа прикрепленных друг к другу листов и числа приклеенных друг к другу листов. В этом проверочном испытании моделирования проведены для статоров по примерам 11-14.

В качестве общего для статоров по примерам 11-14, статор 20 согласно показанному на фиг. 1-6 варианту осуществления использовали в качестве базовой конструкции и изменяли следующие аспекты в отношении статора 20. А именно толщину листа электротехнической стали задали равной 0,25 мм, толщину укладки шихтованного сердечника задали равной 50 мм, а число листов электротехнической стали задали равным 200.

После этого статоры по примерам 11-14 задавали следующим образом. В статоре по примеру 11 из 200 листов электротехнической стали по 20 листов (по 10% от общего числа листов), расположенных на обеих сторонах в направлении укладки, соединили друг с другом посредством скрепления, а 160 листов (80% от общего числа листов), расположенных в центре в направлении укладки, соединили друг с другом посредством склеивания. В статоре по примеру 12, из 200 листов электротехнической стали, по 40 листов (по 20% от общего числа листов), расположенных на обеих сторонах в направлении укладки, соединили друг с другом посредством скрепления, а 120 листов (60% от общего числа листов), расположенных в центре в направлении укладки, соединили друг с другом посредством склеивания. В статоре по примеру 13, из 200 листов электротехнической стали, по 60 листов (по 30% от общего числа листов), расположенных на обеих сторонах в направлении укладки, соединили друг с другом посредством скрепления, и 80 листов (40% от общего числа листов), расположенных в центре в направлении укладки, соединили друг с другом посредством склеивания. В статоре по примеру 14, из 200 листов электротехнической стали, по 80 листов (по 40% от общего числа листов), расположенных на обеих сторонах в направлении укладки, соединили друг с другом посредством скрепления, а 40 листов (20% от общего числа листов), расположенных в центре в направлении укладки, соединили друг с другом посредством склеивания.

Результаты показаны в нижеприведенной табл. 2.

Таблица 2

	Пример 11	Пример 12	Пример 13	Пример 14
Доля скрепления (с одной стороны)	10%	20%	30%	40%
Доля склеивания	80%	60%	40%	20%
Магнитные потери (Вт/кг)	24,7	25,4	26,0	26,7
Размерная точность	Возможная	Благоприятная	Благоприятная	Благоприятная

Исходя из вышеозначенного, было подтверждено, что магнитные потери улучшались от примера 14 к примеру 11. Например, в примере 11 наблюдалось улучшение магнитных потерь в 7,5% ($= (26,7 - 24,7) / 26,7$) по сравнению с примером 14. Например, в примере 12 наблюдалось улучшение магнитных потерь в 4,9% ($= (26,7 - 25,4) / 26,7$) по сравнению с примером 14. С другой стороны, в примерах 12-14 были получены благоприятные результаты относительно размерной точности.

Исходя из этих результатов, было подтверждено, что является предпочтительным, чтобы число N1

листов электротехнической стали (первое шихтованное тело), расположенных на первой стороне в направлении укладки и прикрепленных друг к другу, число N_2 листов электротехнической стали (второе шихтованное тело), расположенных на второй стороне в направлении укладки и прикрепленных друг к другу, и число N_0 всех листов электротехнической стали имели следующую взаимосвязь. А именно было подтверждено, что является предпочтительным, чтобы отношения N_1 и N_2 к N_0 (N_1/N_0 и N_2/N_0) предпочтительно составляли 10% или больше и 40% или меньше, когда N_1 и N_2 равны ($N_1=N_2$). Кроме того, было подтверждено, что является более предпочтительным, чтобы каждое из вышеуказанных отношений составляло 20% или больше и 40% или меньше.

Промышленная применимость.

Согласно настоящему изобретению возможно улучшить магнитные свойства при обеспечении размерной точности внешней формы. Следовательно, промышленная применимость является большой.

Краткое описание ссылочных обозначений.

10 - Электродвигатель;

21, 21A, 21B - сердечник статора (шихтованный сердечник);

22 - часть спинки сердечника;

23 - зубчатая часть;

40 - лист электротехнической стали.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шихтованный сердечник, содержащий множество уложенных друг на друга листов электротехнической стали, причем из этого множества листов электротехнической стали как листы электротехнической стали, расположенные на первой стороне от центра сердечника в направлении укладки, так и листы электротехнической стали, расположенные на второй стороне от центра сердечника в направлении укладки, соединены друг с другом только крепежными частями, а листы электротехнической стали, расположенные в центре сердечника в направлении укладки, соединены друг с другом только клеевыми частями, причем каждая из крепежных частей состоит из выпуклой части и вогнутой части, которые образованы в листе электротехнической стали, при этом выпуклая часть листа электротехнической стали посажена в вогнутую часть соседнего листа электротехнической стали.

2. Шихтованный сердечник по п.1, в котором число листов электротехнической стали, расположенных в центре и приклеенных друг к другу, больше числа листов электротехнической стали, расположенных на первой стороне и соединенных друг с другом крепежными частями, и числа листов электротехнической стали, расположенных на второй стороне и соединенных друг с другом крепежными частями.

3. Шихтованный сердечник по п.1 или 2, в котором число листов электротехнической стали, расположенных на первой стороне и соединенных друг с другом крепежными частями, равно числу листов электротехнической стали, расположенных на второй стороне и соединенных друг с другом крепежными частями.

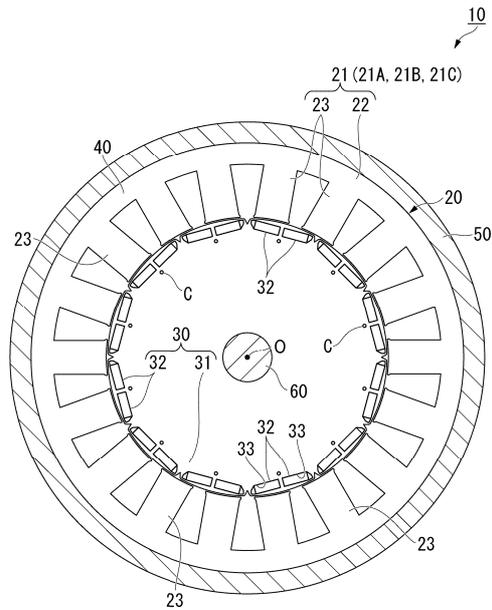
4. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-3, в котором каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые выступают из части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и расположены с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника.

5. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором средняя толщина клеевых частей составляет от 1,0 до 3,0 мкм.

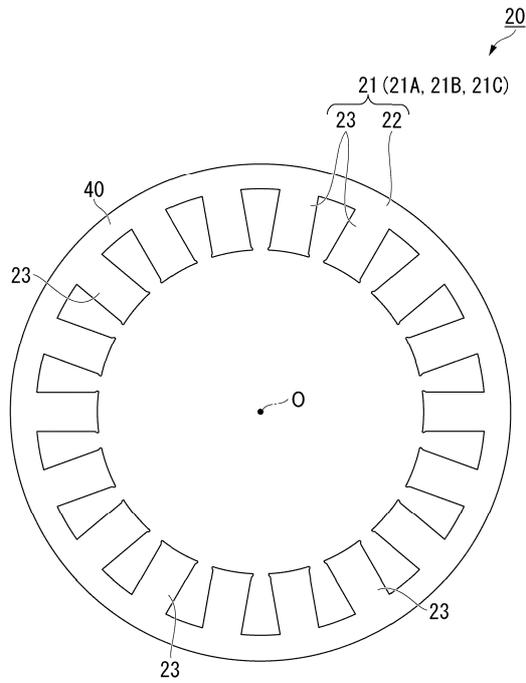
6. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-5, в котором средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей составляет от 1500 до 4500 МПа.

7. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-6, в котором клеевая часть представляет собой клеящий при комнатной температуре клей на акриловой основе, включающий SGA, выполненный из эластомерсодержащего клея на акриловой основе.

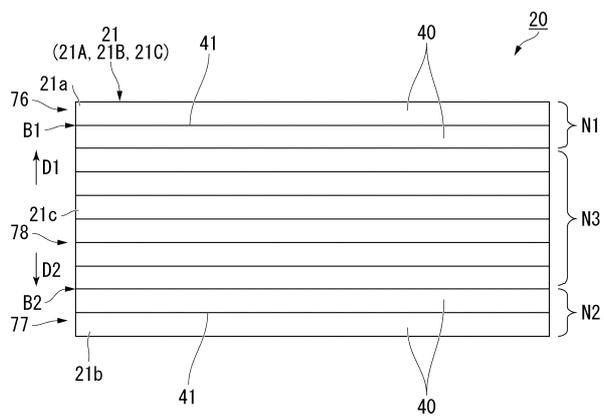
8. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп.1-7.



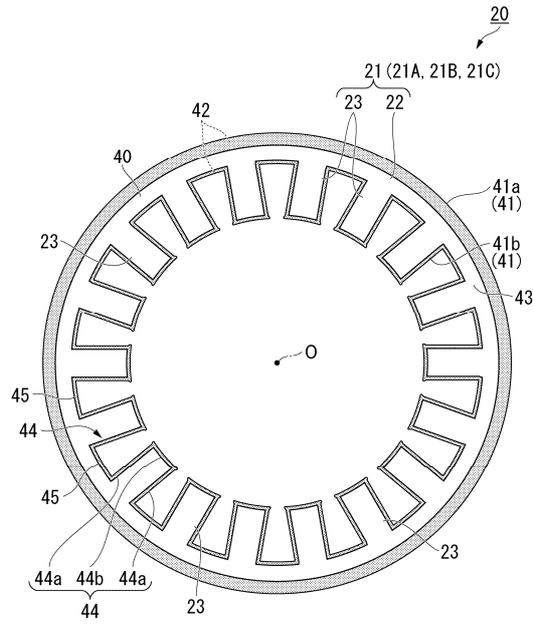
Фиг. 1



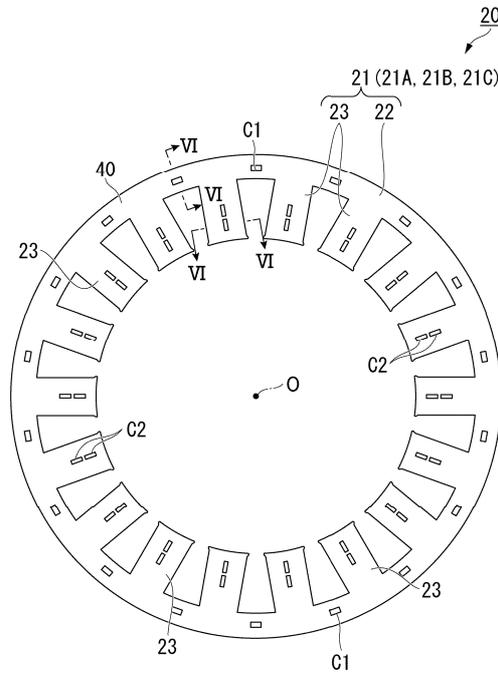
Фиг. 2



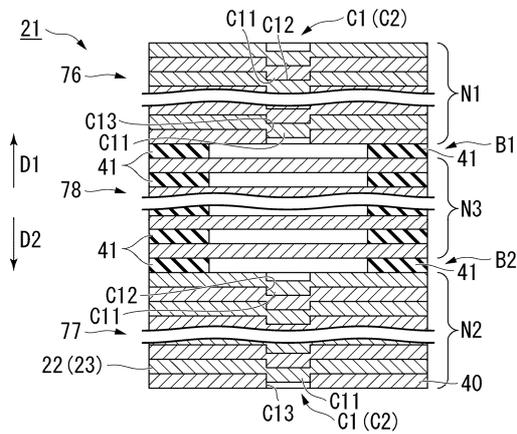
Фиг. 3



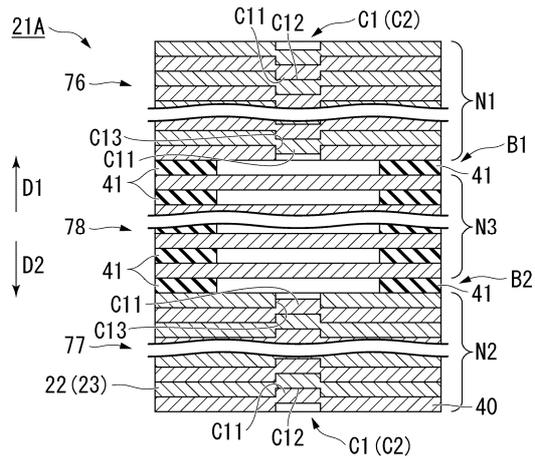
Фиг. 4



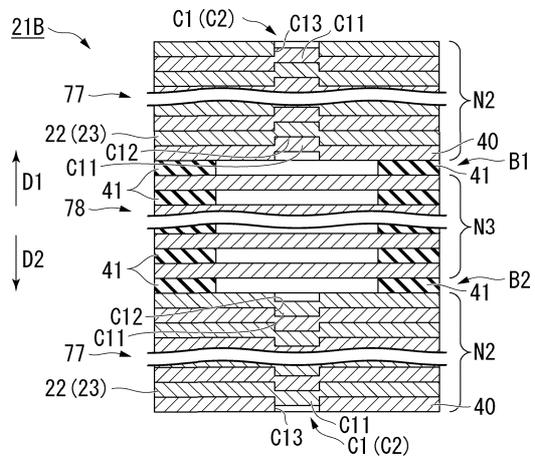
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

