

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042110**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.13

(21) Номер заявки
202192075

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(51) Int. Cl. **H02K 15/02** (2006.01)
H02K 1/18 (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)

(54) **ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ**

(31) **2018-235857**

(32) **2018.12.17**

(33) **JP**

(43) **2021.11.23**

(86) **PCT/JP2019/049294**

(87) **WO 2020/129942 2020.06.25**

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

(72) Изобретатель:
Хираяма Рюи, Такеда Кадзутоси (JP)

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

(56) **JP-A-200867459**

Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 53723/1990 (Laid-open No. 28743/1992) (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 06.03.1992 (1992-03-06), specification, page 1, line 20 to page 2, line 1, page 4, line 14 to page 5, line 7, fig. 2
JP-A-2006254530

(57) Шихтованный сердечник, включающий в себя множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга, и клеящие части, которые предоставляются между листами электротехнической стали рядом друг с другом в осевом направлении и приклеивают листы электротехнической стали друг к другу, при этом каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые проходят из части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и располагаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника, и каждая из зубчатых частей листов электротехнической стали имеет область склеивания, содержащую клеящую часть, имеющую ременную форму, проходящую в окружном направлении.

B1

042110

042110

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к шихтованному сердечнику и к электродвигателю.

Заявка на данный патент притязает на приоритет заявки на патент (Япония) номер 2018-235857, поданной 17 декабря 2018 г., содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Уровень техники

Традиционно, известен шихтованный сердечник, описанный в нижеприведенном патентном документе 1. В этом шихтованном сердечнике листы электротехнической стали рядом друг с другом в осевом направлении приклеиваются друг к другу.

Список библиографических ссылок

Патентные документы.

Патентный документ 1.

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация номер 2011-023523.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением.

Имеется запас для улучшения магнитных свойств традиционного шихтованного сердечника.

Настоящее изобретение осуществлено с учетом вышеизложенных обстоятельств, и цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы улучшить магнитные свойства шихтованного сердечника.

Средство решения проблемы.

(1) Один аспект настоящего изобретения представляет собой шихтованный сердечник, включающий в себя множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга, и клеевые части, которые предоставляются между листами электротехнической стали рядом друг с другом в осевом направлении и приклеивают листы электротехнической стали друг к другу, при этом каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубцов, которые проходят из части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и располагаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника, и каждый из зубцов листов электротехнической стали включает в себя область склеивания, содержащую клеевую часть, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении.

Согласно вышеуказанной конфигурации, каждый из зубцов листов электротехнической стали имеет область склеивания, содержащую клеевую часть, имеющую форму полосы. Поскольку клеевая часть, имеющая форму полосы, проходит в одном направлении, площадь приклеивания клеевой части может увеличиваться и повышать ее прочность склеивания по сравнению со случаем, в котором точечные клеевые части предоставляются прерывисто в идентичном диапазоне.

Натяжение вследствие усадки при отверждении клеящего материала возникает в области каждого из листов электротехнической стали в контакте с клеевой частью, и потери в стали каждого из листов электротехнической стали увеличиваются в этой области. Здесь, область каждого из листов электротехнической стали, в которых потери в стали увеличиваются вследствие натяжения, вызываемого посредством контакта с областью склеивания, называется "областью ухудшения характеристик". Согласно вышеуказанной конфигурации, поскольку клеевые части имеют формы полосы, протягивающиеся в окружном направлении, и предоставляются на зубцах, область ухудшения характеристик проходит в окружном направлении зубцов. Поскольку магнитный поток, протекающий через зубцы, находится в радиальном направлении, длина тракта магнитного потока, проходящего через область ухудшения характеристик, снижается вследствие области ухудшения характеристик, протягивающейся в окружном направлении. Следовательно, магнитное сопротивление каждому магнитному потоку в магнитной схеме уменьшается, и может предотвращаться ухудшение магнитных свойств шихтованного сердечника.

(2) Шихтованный сердечник согласно вышеуказанному (1) может иметь конфигурацию, в которой области склеивания формируются на стороне ближе к части спинки сердечника, чем к окрестности вершин зубцов.

Магнитный поток рассеивается и проходит из вершин зубцов в обе окружные стороны. По этой причине магнитный поток имеет тенденцию концентрироваться в обеих окружных концевых частях в окрестностях вершин зубцов. Если область ухудшения характеристик предоставляется в области, в которой концентрируется магнитный поток, потери в стали имеют тенденцию значительно увеличиваться. По этой причине, если область ухудшения характеристик предоставляется в окрестностях вершин зубцов, потери в стали имеют тенденцию увеличиваться. Согласно вышеуказанной конфигурации, поскольку области склеивания расположены на стороне ближе к части спинки сердечника, чем к окрестности вершин зубцов, область ухудшения характеристик может располагаться на большом расстоянии от области, имеющей высокую плотность магнитного потока, предотвращая за счет этого увеличение потерь в стали.

(3) Шихтованный сердечник согласно вышеуказанному (1) или вышеуказанному (2) может иметь конфигурацию, в которой размеры по ширине областей склеивания в радиальном направлении увеличиваются от окружных центральных частей зубцов к сторонам окружных концевых частей зубцов.

Магнитный поток рассеивается и проходит из вершин зубцов в обе окружные стороны. Кроме того, магнитный поток имеет тенденцию протекать по кратчайшему расстоянию. По этой причине плотность магнитного потока зубцов увеличивается к сторонам окружных концевых частей. Если варьирование

плотности магнитного потока зубцов увеличивается в окружном направлении, магнитные свойства шихтованного сердечника могут ухудшаться. Согласно вышеуказанной конфигурации, размеры по ширине областей склеивания в радиальном направлении увеличиваются от центральных частей зубцов к сторонам окружных концевых частей. Таким образом, длина области ухудшения характеристик в радиальном направлении становится большей от центральных частей зубцов к сторонам окружных концевых частей. По этой причине магнитное сопротивление зубцов увеличивается к внешней стороне в окружном направлении, и магнитный поток не протекает легко на сторонах окружных концевых частей. Как результат, варьирование плотности магнитного потока зубцов может предотвращаться, и плотность магнитного потока в зубцах может становиться однородной, за счет этого улучшая магнитные свойства шихтованного сердечника.

(4) Шихтованный сердечник согласно вышеуказанному (1) или вышеуказанному (2) может иметь конфигурацию, в которой области склеивания проходят в дугообразных формах в окружном направлении.

Согласно вышеуказанной конфигурации, поскольку клеевые части могут равномерно наноситься в окружном направлении, процесс изготовления может упрощаться.

(5) Шихтованный сердечник согласно вышеуказанным (1)-(4) может иметь конфигурацию, в которой клеевые части проходят по всем ширинам зубцов.

Согласно вышеуказанной конфигурации, поскольку клеевые части проходят по всем ширинам зубцов, прочность склеивания между зубцами может легко обеспечиваться.

(6) В шихтованном сердечнике согласно любому из вышеуказанных (1)-(5) средняя толщина клеевых частей может составлять 1,0-3,0 мкм.

(7) В шихтованном сердечнике согласно любому из вышеуказанных (1)-(6) средний модуль Е упругости при растяжении клеевых частей может составлять 1500-4500 МПа.

(8) В шихтованном сердечнике согласно любому из вышеуказанных (1)-(7) клеевые части могут представлять собой клеевые при комнатной температуре клеящие материалы на акриловой основе, содержащие SGA, изготовленный из эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе.

(9) В шихтованном сердечнике согласно любому из вышеуказанных (1)-(8) точка плавления каждой из клеевых частей может составлять 180°C или выше.

(10) Электродвигатель согласно одному аспекту настоящего изобретения представляет собой электродвигатель, включающий в себя шихтованный сердечник согласно любому из вышеуказанных (1)-(9).

Поскольку электродвигатель, имеющий вышеуказанную конфигурацию, имеет шихтованный сердечник, имеющий превосходные магнитные свойства, энергоэффективность электродвигателя может увеличиваться.

Преимущества изобретения

Согласно настоящему изобретению, магнитные свойства шихтованного сердечника могут улучшаться.

Краткое описание фигур

Фиг. 1 является видом в сечении электродвигателя согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 является видом сверху статора, включенного в электродвигатель, показанный на фиг. 1.

Фиг. 3 является видом спереди статора, включенного в электродвигатель, показанный на фиг. 1.

Фиг. 4 является схематичным видом листа электротехнической стали и области склеивания статора, показанного на фиг. 2 и 3.

Фиг. 5 является схематичным видом области склеивания статора модифицированного примера 1.

Фиг. 6 является схематичным видом области склеивания статора модифицированного примера 2.

Фиг. 7 является схематичным видом области склеивания статора модифицированного примера 3.

Фиг. 8 является схематичным видом области склеивания статора модифицированного примера 4.

Фиг. 9 является схематичным видом области склеивания статора модифицированного примера 5.

Фиг. 10 является графиком, показывающим результаты моделирования потерь в стали моделей номер 1-4.

Фиг. 11 является схематичным видом сердечника статора модели номер 4 в качестве сравнительного примера.

Варианты осуществления для реализации изобретения

В дальнейшем в этом документе описывается электродвигатель согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения со ссылкой на чертежи. Кроме того, в настоящем варианте осуществления, в качестве электродвигателя, в качестве примера описывается электродвигатель, а именно, электродвигатель переменного тока, более конкретно, синхронный электродвигатель, и еще более конкретно, электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами. Этот тип электродвигателя надлежащим образом используется, например, для электротранспортного средства.

Как показано на фиг. 1 и 2 электродвигатель 10 включает в себя статор 20, ротор 30, кожух 50 и вращательный вал 60. Статор 20 и ротор 30 размещаются в кожухе 50. Статор 20 прикрепляется к кожуху 50.

В электродвигателе 10 настоящего варианта осуществления, например, ток возбуждения, имеющий эффективное значение в 10 А и частоту в 100 Гц, прикладывается к каждой фазе статора 20, и наряду с этим, ротор 30 и вращательный вал 60 вращаются на частоте вращения в 1000 об/мин.

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 за пределами статора 20. Дополнительно, в настоящем варианте осуществления, электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока, имеющий 12 полюсов и 18 прорезей. Тем не менее, например, число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может надлежащим образом изменяться.

Статор 20 включает в себя сердечник 21 статора (шихтованный сердечник) и обмотки (не показаны).

Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество зубцов 23. Осевое направление (направление центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "осевым направлением", радиальное направление (направление, ортогональное к центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "радиальным направлением", и окружное направление (направление оборота вокруг центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "окружным направлением" ниже.

Часть 22 спинки сердечника имеет кольцевую форму при виде сверху статора 20 при просмотре из осевого направления.

Множество зубцов 23 проходят внутрь в радиальном направлении из части 22 спинки сердечника (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении). Множество зубцов 23 располагаются с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления 18 зубцов 23 предоставляются через каждые 20° центрального угла, центрированного на центральной оси О. Множество зубцов 23 формируются с возможностью иметь идентичную форму и идентичный размер между собой.

Обмотки наматываются вокруг зубцов 23. Обмотки могут представлять собой концентрированные обмотки или распределенные обмотки.

Ротор 30 располагается в статоре 20 (в сердечнике 21 статора) в радиальном направлении. Ротор 30 включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32.

Сердечник 31 ротора формируется с возможностью иметь кольцевую форму (охватывающую кольцевую форму), расположенную коаксиально со статором 20. Вращательный вал 60 располагается в сердечнике 31 ротора. Вращательный вал 60 прикрепляется к сердечнику 31 ротора.

Множество постоянных магнитов 32 прикрепляются к сердечнику 31 ротора. В настоящем варианте осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 формируют один магнитный полюс. Множество наборов постоянных магнитов 32 размещаются с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления 12 наборов (24 всего) постоянных магнитов 32 предоставляются через каждые 30° центрального угла, центрированного на центральной оси О.

В настоящем варианте осуществления электродвигатель с внутренними постоянными магнитами используется в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами. Множество сквозных отверстий 33, которые проходят через сердечник 31 ротора в осевое направление, формируются в сердечнике 31 ротора. Множество сквозных отверстий 33 предоставляются таким образом, что они соответствуют множеству постоянных магнитов 32. Каждый постоянный магнит 32 прикрепляется к сердечнику 31 ротора в состоянии, в котором он располагается в соответствующем сквозном отверстии 33. Прикрепление каждого постоянного магнита 32 к сердечнику 31 ротора может реализовываться, например, посредством предоставления склеивания между внешней поверхностью постоянного магнита 32 и внутренней поверхностью сквозного отверстия 33 с помощью клеящего материала и т.п. Кроме того, в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами, электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами может использоваться вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

Шихтованный сердечник.

Как показано на фиг. 3, сердечник 21 статора представляет собой шихтованный сердечник. Сердечник 21 статора формируется посредством наслаивания множества листов 40 электротехнической стали. Таким образом, сердечник 21 статора включает в себя множество листов 40 электротехнической стали, наслаиваемых в осевом направлении.

Дополнительно, толщина укладки сердечника 21 статора, например, составляет 50,0 мм. Внешний диаметр сердечника 21 статора, например, составляет 250,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 21 статора, например, составляет 165,0 мм. Тем не менее, эти значения представляют собой примеры, и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 21 статора не ограничены этими значениями. Здесь, внутренний диаметр сердечника 21 статора измеряется с верхушками зубцов 23 сердечника 21 статора в качестве опорных элементов. Внутренний диаметр сердечника 21 статора представляет

собой диаметр виртуальной окружности, вписываемой в верушки всех зубцов 23.

Каждый лист 40 электротехнической стали, формирующий сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, формируется, например, посредством вырубki листа электротехнической стали, служащего 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 лист электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры используется в качестве листа 40 электротехнической стали. В качестве листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры, например, может использоваться полоса электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры по JIS C 2552:2014.

Тем не менее, в качестве листа 40 электротехнической стали, также можно использовать лист электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой вместо листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. В качестве листа электротехнической стали с ориентированным зерном, например, может использоваться полоса электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012.

Изоляционные покрытия предоставляются на обеих поверхностях листа 40 электротехнической стали, чтобы улучшать обрабатываемость листа электротехнической стали и потери в стали шихтованного сердечника. В качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие, например, может использоваться (1) неорганическое соединение, (2) органический полимер, (3) смесь неорганического соединения и органического полимера и т.п. В качестве неорганического соединения может, например, иллюстрироваться, например, (1) комплексное соединение бихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. В качестве органического полимера может примерно иллюстрироваться эпоксидная смола, акриловая смола, акрил-стирольная смола, полиэфирная смола, силиконовая смола и фтористая смола.

Чтобы обеспечивать изоляционные рабочие характеристики между листами 40 электротехнической стали, уложенными друг на друга, толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали), предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше.

С другой стороны, эффект изоляции насыщается по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым. Дополнительно, по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым, пространственный коэффициент изоляционного покрытия в сердечнике 21 статора увеличивается, и магнитные свойства сердечника 21 статора ухудшаются. Следовательно, изоляционное покрытие может быть максимально возможно тонким при одновременном обеспечении рабочих характеристик изоляции. Толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну сторону листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше и 5 мкм или меньше, и более предпочтительно 0,1 мкм или больше и 2 мкм или меньше.

По мере того, как лист 40 электротехнической стали становится более тонким, эффект улучшения потерь в стали постепенно насыщается. Дополнительно, по мере того, как лист 40 электротехнической стали становится более тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. По этой причине толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,10 мм или больше с учетом эффекта улучшения потерь в стали и затрат на изготовление.

С другой стороны, если лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, обработка вырубki прессованием листа 40 электротехнической стали становится затруднительной. По этой причине с учетом обработки вырубki прессованием 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 толстым, потери в стали увеличиваются. По этой причине с учетом характеристик потерь в стали листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,35 мм или меньше, более предпочтительно 0,20 мм или 0,25 мм.

С учетом вышеуказанных аспектов, толщина каждого листа 40 электротехнической стали, например, составляет 0,10 мм или больше и 0,65 мм или меньше, предпочтительно 0,10 мм или больше и 0,35 мм или меньше, и более предпочтительно 0,20 мм или 0,25 мм. Кроме того, толщина листа 40 электротехнической стали также включает в себя толщину изоляционного покрытия.

Множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, приклеиваются друг к другу посредством клеевой части 41. Клеевая часть 41 представляет собой клеящий материал, который предоставляется между листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в осевом направлении и отверждается без разделения. В качестве клеящего материала, например, используется термореактивный клеящий материал посредством полимерного связывания. В качестве состава клеящего материала, может использоваться (1) акриловая смола, (2) эпоксидная смола, (3) состав, содержащий акриловую смолу и эпоксидную смолу, и т.п. В качестве такого клеящего материала, клеящий материал на основе радикальной полимеризации и т.п. может использоваться в дополнение к термореактивному клеящему материалу, и с точки зрения производительности, предпочтительно используется отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал. Отверждаемый при комнатной температуре клеящий

материал отверждается при 20-30°C. В качестве отверждаемого при комнатной температуре клеящего материала, акриловый клеящий материал является предпочтительным. Типичный акриловый клеящий материал включает в себя акриловый клеящий материал второго поколения (SGA) и т.п. Любое из анаэробного клеящего материала, мгновенного клеящего материала и эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе может использоваться в пределах диапазона, в котором преимущества настоящего изобретения не нарушаются. Кроме того, клеящий материал, упомянутый в данном документе, представляет собой клеящий материал в состоянии до отверждения и становится клеевой частью 41 после того, как клеящий материал отверждается.

Средний модуль E упругости при растяжении клеевой части 41 при комнатной температуре (20-30°C) составляет в диапазоне в 1500-4500 МПа. Если средний модуль E упругости при растяжении клеевой части 41 меньше 1500 МПа, возникает такая проблема, что жесткость шихтованного сердечника понижается. По этой причине нижний предел среднего модуля E упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 1500 МПа, более предпочтительно 1800 МПа. Наоборот, если средний модуль E упругости при растяжении клеевой части 41 превышает 4500 МПа, имеется проблема отслаивания изоляционного покрытия, сформированного на поверхности листа 40 электротехнической стали. По этой причине верхний предел среднего модуля E упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 4500 МПа, более предпочтительно 3650 МПа.

Дополнительно, средний модуль E упругости при растяжении измеряется посредством резонансного способа. В частности, модуль упругости при растяжении измеряется в соответствии с JIS R 1602:1995.

Более конкретно, сначала изготавливается образец для измерения (не показана). Этот образец получается посредством склеивания между двумя листами 40 электротехнической стали с использованием клеящего материала, который представляет собой цель измерений, и их отверждения, с тем чтобы формировать клеевую часть 41. В случае, в котором клеящий материал является термореактивным, отверждение выполняется посредством нагрева и создания повышенного давления в нем при условиях нагрева и создания повышенного давления в фактической обработке. С другой стороны, в случае, в котором клеящий материал имеет отверждаемый при комнатной температуре тип, отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре.

Помимо этого, модуль упругости при растяжении этого образца измеряется с использованием резонансного способа. Как описано выше, способ измерения модуля упругости при растяжении с использованием резонансного способа выполняется в соответствии с JIS R 1602:1995. Далее, модуль упругости при растяжении только клеевой части 41 получается посредством удаления влияния самого листа 40 электротехнической стали из модуля упругости при растяжении (измеренного значения) образца посредством вычисления.

Поскольку модуль упругости при растяжении, полученный из образца таким образом, равен среднему значению всего шихтованного сердечника, это значение рассматривается в качестве среднего модуля E упругости при растяжении. Состав задается таким образом, что средний модуль E упругости при растяжении практически не изменяется в позиции наплавления в осевом направлении или в окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине средний модуль E упругости при растяжении может задаваться равным значению, полученному посредством измерения клеевой части 41 после отверждения в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

Электродвигатель вырабатывает тепло при работе. По этой причине, когда точка плавления клеевой части 41 является низкой, клеевая часть 41 расплавляется вследствие тепла, вырабатываемого посредством электродвигателя, и форма области 42 склеивания изменяется, так что требуемый эффект не может получаться. Обычно, изоляционное покрытие (эмаль) предоставляется на поверхности обмотки, наматываемой вокруг сердечника 21 статора. Теплостойкая температура этого покрытия, например, составляет приблизительно 180°C. По этой причине общий электродвигатель приводится в действие при 180°C или ниже. Таким образом, электродвигатель может нагреваться приблизительно вплоть до 180°C. В настоящем варианте осуществления точка плавления клеевой части 41 предпочтительно составляет 180°C или выше. Дополнительно, точка плавления клеевой части 41 более предпочтительно составляет 200°C или выше с учетом коэффициента надежности и с учетом того факта, что имеется часть, в которой температура является локально высокой.

В качестве способа склеивания, например, может использоваться способ, с которым клеящий материал наносится на листы 40 электротехнической стали, и затем они склеиваются посредством нагрева, связывания под давлением либо и того, и другого. Кроме того, нагревательное средство может представлять собой любое средство, такое как нагрев в высокотемпературной ванне или в электрической печи либо способ непосредственной подачи питания.

Чтобы получать стабильную и достаточную прочность склеивания, толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше.

С другой стороны, если толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила склеивания насыщается. Дополнительно, по мере того, как клеевая часть 41 становится более толстой, ее пространственный коэффициент уменьшается, и магнитные свойства, такие как потери в стали шихтованного сердечника, ухудшаются. Следовательно, толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше и

100 мкм или меньше, и более предпочтительно 1 мкм или больше и 10 мкм или меньше.

Дополнительно, в вышеприведенном описании, толщина клеевой части 41 указывает среднюю толщину клеевой части 41.

Средняя толщина клеевой части 41 более предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Если средняя толщина клеевой части 41 меньше 1,0 мкм, достаточная прочность склеивания не может обеспечиваться, как описано выше. По этой причине нижний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 1,0 мкм, более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, если средняя толщина клеевой части 41 становится больше 3,0 мкм, возникают такие проблемы, как значительное увеличение величины натяжения листа 40 электротехнической стали вследствие теплового отверждения. По этой причине верхний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 3,0 мкм, более предпочтительно 2,6 мкм. Средняя толщина клеевой части 41 является средним значением всего шихтованного сердечника.

Средняя толщина клеевой части 41 практически не изменяется в позиции наслаивания в осевом направлении и в окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине средняя толщина клеевой части 41 может задаваться равной среднему значению числовых значений, измеряемых в 10 или более точек в окружном направлении в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

Кроме того, средняя толщина клеевой части 41 может регулироваться посредством изменения, например, количества наносимого клеящего материала. Дополнительно, например, в случае терморезактивного клеящего материала, средний модуль Е упругости при растяжении клеевых частей 41 может регулироваться посредством изменения одного либо обоих из условий нагрева и создания повышенного давления, применяемых во время склеивания, и типа отверждающего агента.

Далее описываются взаимосвязи между листами 40 электротехнической стали, клеевыми частями 41 и областями 42 склеивания со ссылкой на фиг. 4.

Как показано на фиг. 4, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в осевом направлении не подвергаются полному поверхностному склеиванию. Эти листы 40 электротехнической стали локально приклеиваются друг к другу. Клеевые части 41 предоставляются во множестве зубцов 23 листов электротехнической стали. Зубцы 23 приклеиваются друг к другу вследствие клеевых частей 41. Таким образом, множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются друг к другу за счет клеевых частей 41.

Области 42 склеивания и области без склеивания (пустые области) формируются на поверхностях листов 40 электротехнической стали, обращенных к осевому направлению (в дальнейшем называются "первыми поверхностями листа 40 электротехнической стали"). Области 42 склеивания представляют собой области на первых поверхностях листов 40 электротехнической стали, на которых предоставляются клеевые части 41. Более конкретно, области 42 склеивания представляют собой области первых поверхностей листов 40 электротехнической стали, на которых предоставляются отвержденные клеящие материалы. Области без склеивания представляют собой области на первых поверхностях листов электротехнической стали, на которых не предоставляются клеевые части 41.

Одна клеевая часть 41 предоставляется в одном зубце 23. Согласно настоящему варианту осуществления, клеевые части 41, соответственно, предоставляются на множестве зубцов 23. По этой причине множество клеевых частей 41 предоставляются дискретно в окружном направлении в качестве всех листов 40 электротехнической стали. Как результат, листы 40 электротехнической стали могут прикрепляться друг к другу симметрично.

Клеевая часть 41 образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении. Следовательно, область 42 склеивания также образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении, аналогично клеевой части 41. Таким образом, область 42 склеивания проходит в направлении, ортогональном к направлению, в котором проходит зубец 23. Размер по ширине области 42 склеивания является однородным по всей длине области 42 склеивания. Дополнительно, область 42 склеивания расположена около верхушки зубца 23. Здесь, окрестность верхушки зубца 23 представляет собой диапазон от верхушки зубца 23 до 1/10 радиальной длины зубца 23 вдоль радиальной длины зубца 23.

Кроме того, в настоящем описании изобретения направление, в котором проходит зубец 23 (т.е. радиальное направление) может называться "направлением длины зубца 23", и направление, ортогональное к направлению длины, может называться "направлением ширины зубца 23".

Дополнительно, в настоящем описании изобретения "форма полосы" в качестве формы, в которой проходит клеевая часть 41, указывает то, что форма проходит в одном направлении, и ее ширина равна или превышает 1,5% внешнего диаметра сердечника 21 статора. Посредством формирования ширины клеевой части 41 таким образом, что она равна или превышает 1,5% внешнего диаметра сердечника 21 статора, прочность склеивания между листами 40 электротехнической стали может обеспечиваться в достаточной степени.

Кроме того, в настоящем варианте осуществления описывается случай, в котором размер по ширине области 42 склеивания является однородным по всей длине области 42 склеивания. Тем не менее, размер по ширине области 42 склеивания не обязательно должен быть однородным. В качестве примера, обе

концевые части области 42 склеивания в направлении ширины могут наматываться и протягиваться в направлении длины.

Клеевая часть 41 имеет практически прямоугольную форму, продольное направление которой является ортогональным к радиальному направлению при виде сверху. Согласно настоящему варианту осуществления, посредством формирования клеевой части 41 таким образом, что она имеет форму, проходящую в одном направлении, площадь приклеивания клеевой части 41 может увеличиваться, чтобы повысить прочность склеивания по сравнению со случаем, в котором клеевые части 41, имеющие точечную форму, прерывисто предоставляются в идентичном диапазоне.

Посредством увеличения размера $d1$ по ширине клеевой части 41, клеевая часть 41 может легко формироваться в процессе изготовления. Дополнительно, посредством уменьшения размера $d1$ по ширине клеевой части 41, ухудшение потерь в стали всего листа 40 электротехнической стали может предотвращаться без вызывания большого локального натяжения в листе 40 электротехнической стали вследствие механического напряжения при сжатии клеящего материала.

Кроме того, размер $d1$ по ширине клеевой части 41 представляет собой размер клеевой части 41, образующей форму полосы в поперечном направлении, и представляет собой размер клеевой части 41 в радиальном направлении в настоящем варианте осуществления. В настоящем варианте осуществления, поскольку область 42 склеивания представляет собой область, в которой клеевая часть 41 предоставляется на первой поверхности листа 40 электротехнической стали, размер по ширине области 42 склеивания и размер по ширине клеевой части 41 являются идентичными.

Клеевая часть 41 проходит по всей ширине зубца 23. Согласно настоящему варианту осуществления, поскольку клеевая часть 41 образует форму полосы, проходящую по всей ширине зубца 23, прочность склеивания между зубцами 23 легко обеспечивается.

В настоящем варианте осуществления клеящий материал усаживается при отверждении. По этой причине натяжение вследствие усадки при отверждении клеящего материала возникает в области листа 40 электротехнической стали в контакте с областью 42 склеивания, и потери в стали листа 40 электротехнической стали увеличиваются в области. Здесь, в первой поверхности листа 40 электротехнической стали, область, в которой потери в стали увеличиваются вследствие натяжения, возникающего в результате контакта с клеевой частью 41, называется "областью 29 ухудшения характеристик". Область 29 ухудшения характеристик представляет собой область, которая перекрывает область 42 склеивания при просмотре из осевого направления. Область 29 ухудшения характеристик имеет более высокое магнитное сопротивление, чем другие области (области без ухудшения характеристик).

В настоящем подробном описании, увеличение значения потерь в стали может называться "ухудшением потерь в стали".

Магнитный поток B формируется на листе 40 электротехнической стали посредством тока, протекающего через обмотку (не показана) статора 20. Магнитный поток B формирует магнитную схему, которая проходит через зубец 23 и часть 22 спинки сердечника. Магнитный поток B проходит в радиальном направлении в зубце 23.

Согласно настоящему варианту осуществления, область 42 склеивания формируется в зубце 23 с формой полосы, протягивающейся в окружном направлении. Следовательно, область 29 ухудшения характеристик формируется в зубце 23 с формой полосы, протягивающейся в окружном направлении. Как описано выше, магнитный поток B протекает в зубце 23 в радиальном направлении. По этой причине, посредством формирования области 42 склеивания, имеющей форму полосы, проходящую в окружном направлении в зубце 23, длина тракта магнитного потока B , проходящего через область 29 ухудшения характеристик, сокращается. Как результат, магнитное сопротивление магнитному потоку B в магнитной схеме снижается, так что магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться по сравнению со случаем, в котором листы электротехнической стали прикрепляются друг к другу посредством крепления.

В настоящем варианте осуществления сердечник 31 ротора представляет собой шихтованный сердечник, аналогично сердечнику 21 статора. Таким образом, сердечник 31 ротора включает в себя множество листов электротехнической стали, наслаиваемых в своем направлении толщины. В настоящем варианте осуществления толщина укладки сердечника 31 ротора равна толщине укладки сердечника 21 статора, например, 50,0 мм. Внешний диаметр сердечника 31 ротора, например, составляет 163,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 31 ротора, например, составляет 30,0 мм. Тем не менее, эти значения представляют собой примеры, и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями.

В настоящем варианте осуществления множество листов электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, прикрепляются друг к другу посредством крепления C (шкантов, см. фиг. 1). Тем не менее, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, могут приклеиваться друг к другу посредством клеевых частей.

Кроме того, шихтованные сердечники, такие как сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, могут формироваться посредством так называемой укладки витками.

Модифицированный пример 1.

Далее описываются клеевая часть 141 и область 142 склеивания модифицированного примера 1, которые могут использоваться в вышеописанном варианте осуществления, со ссылкой на фиг. 5. Кроме того, компоненты с аспектами, идентичными аспектам в вышеописанном варианте осуществления, обозначаются посредством идентичных позиций с номерами, и их описания опускаются.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, зубец 23 имеет область 142 склеивания, содержащую клеевую часть 141, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении. Клеевая часть 141 настоящего модифицированного примера главным образом отличается от клеевой части 141 вышеописанного варианта осуществления, тем, что область 142 склеивания располагается около базового конца зубца 23.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, область 142 склеивания образует форму полосы, проходящую линейно вдоль окружного направления. Размер по ширине области 142 склеивания является однородным по всей длине области 142 склеивания. Область (область 129 ухудшения характеристик), в которой потери в стали увеличиваются вследствие натяжения, возникающего в результате контакта с областью 142 склеивания, формируется в листе 40 электротехнической стали. Согласно настоящему модифицированному примеру, поскольку длина тракта магнитного потока В, проходящего через область 129 ухудшения характеристик, сокращается, магнитное сопротивление магнитному потоку В в магнитной схеме уменьшается, так что магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться.

Магнитный поток В рассеивается и проходит из верхушки зубца 23 в обе окружные стороны. По этой причине, около верхушки зубца 23, магнитный поток В концентрируется в обеих окружных концевых частях, и плотность магнитного потока имеет тенденцию увеличиваться. Если область ухудшения характеристик предоставляется в области, имеющей высокую плотность магнитного потока, увеличение потерь в стали имеет тенденцию быть значительным. По этой причине, если область 129 ухудшения характеристик предоставляется около верхушки зубца 23, потери в стали имеют тенденцию увеличиваться. Область 142 склеивания настоящего модифицированного примера формируется около базового конца зубца 23. Таким образом, область 142 склеивания формируется на стороне ближе к части 22 спинки сердечника, чем к окрестности верхушки зубца 23. По этой причине область 129 ухудшения характеристик может располагаться на большом расстоянии от области, имеющей высокую плотность магнитного потока, так что увеличение потерь в стали может предотвращаться. Как результат, магнитное сопротивление магнитному потоку В в магнитной схеме снижается, так что магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться. Если область 142 склеивания располагается на базовой концевой стороне относительно 1/2 всей длины зубца 23, может получаться вышеуказанный эффект, и если область 142 склеивания располагается на базовой концевой стороне относительно 1/3 всей длины зубца 23, вышеуказанный эффект может получаться в более значительной степени.

Модифицированный пример 2.

Далее описываются клеевая часть 241 и область 242 склеивания модифицированного примера 2, которые могут использоваться в вышеописанном варианте осуществления, со ссылкой на фиг. 6. Кроме того, компоненты с аспектами, идентичными аспектам в вышеописанном варианте осуществления, обозначаются посредством идентичных ссылок с номерами, и их описания опускаются.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, зубец 23 имеет область 242 склеивания, содержащую клеевую часть 241, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении. Клеевая часть 241 настоящего модифицированного примера главным образом отличается от клеевой части 241 вышеописанного варианта осуществления тем, что область 242 склеивания формируется практически по центру зубца 23 в направлении длины.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, поскольку область 242 склеивания образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении, длина тракта магнитного потока В, проходящего через область 229 ухудшения характеристик, может сокращаться. Как результат, магнитное сопротивление магнитному потоку В в магнитной схеме снижается, так что магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться. Кроме того, область 242 склеивания настоящего модифицированного примера является однородной по всей длине области 242 склеивания.

Дополнительно, поскольку область 242 склеивания настоящего модифицированного примера расположена на стороне ближе к части 22 спинки сердечника, чем к окрестности верхушки зубца 23, аналогично области 242 склеивания модифицированного примера 1, увеличение потерь в стали может предотвращаться. Как результат, магнитное сопротивление магнитному потоку В в магнитной схеме снижается, так что магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться.

Модифицированный пример 3.

Далее описываются клеевая часть 341 и область 342 склеивания модифицированного примера 3, которые могут использоваться в вышеописанном варианте осуществления, со ссылкой на фиг. 7. Кроме того, компоненты с аспектами, идентичными аспектам в вышеописанном варианте осуществления, обозначаются посредством идентичных ссылок с номерами, и их описания опускаются.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, зубец 23 имеет область 342 склеивания, содержащую клеевую часть 341, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении. Область

342 склеивания настоящего модифицированного примера является аналогичной конфигурации области 242 склеивания модифицированного примера 2. Согласно сердечнику 21 статора, имеющему клеевую часть 341 настоящего модифицированного примера, могут получаться эффекты, идентичные эффектам сердечника 21 статора, имеющего клеевую часть 241 модифицированного примера 2. Область 342 склеивания настоящего модифицированного примера отличается от области 242 склеивания модифицированного примера 2 тем, что размер по ширине не является однородным по всей длине области 342 склеивания.

Обе концевые части области 342 склеивания в направлении ширины настоящего модифицированного примера имеют искривленную форму. Обе концевые части области 342 склеивания в направлении ширины отделяются друг от друга от окружной центральной части зубца 23 к сторонам окружных концевых частей зубца 23. По этой причине размер по ширине области 342 склеивания в радиальном направлении увеличивается от окружной центральной части в направлении зубца 23 к сторонам окружных концевых частей зубца 23. Область 342 склеивания имеет наименьший размер по ширине в окружной центральной части зубца 23.

Как показано на фиг. 4, магнитный поток В рассеивается и проходит из верхушки зубца 23 в обе окружные стороны. Дополнительно, магнитный поток В имеет тенденцию протекать таким образом, что он проходит кратчайшее расстояние. По этой причине плотность магнитного потока зубца 23 имеет тенденцию увеличиваться к сторонам окружных концевых частей. Если варьирование плотности магнитного потока зубца 23 увеличивается в окружном направлении, магнитные свойства сердечника 21 статора могут ухудшаться.

Согласно настоящему модифицированному примеру, размер по ширине области 342 склеивания в радиальном направлении увеличивается от центральной части зубца 23 к сторонам окружных концевых частей. Таким образом, длина области 391 ухудшения характеристик в радиальном направлении увеличивается от центральной части зубца 23 к сторонам концевых частей в направлении ширины. По этой причине магнитное сопротивление зубца 23 увеличивается к сторонам окружных концевых частей, и маловероятно, что магнитный поток В должен протекать на сторонах окружных концевых частей. Таким образом, варьирование плотности магнитного потока в окружном направлении зубца 23 может предотвращаться, и плотность магнитного потока в зубце 23 может становиться однородной. Как результат, магнитные свойства шихтованного сердечника могут улучшаться.

Модифицированный пример 4.

Далее описываются клеевая часть 441 и область 442 склеивания модифицированного примера 4, которые могут использоваться в вышеописанном варианте осуществления, со ссылкой на фиг. 8. Кроме того, компоненты с аспектами, идентичными аспектам в вышеописанном варианте осуществления, обозначаются посредством идентичных ссылок с номерами, и их описания опускаются.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, область 442 склеивания, содержащая клеевую часть 441, имеющую форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении, предоставляется в зубце 23. Дополнительно, клеевая часть 441 настоящего модифицированного примера главным образом отличается от вышеописанного варианта осуществления тем, что множество (три) областей 442 склеивания, размещаемых в направлении протягивания, формируются в зубце 23. Множество областей 442 склеивания размещаются в непосредственной близости от центра в направлении длины зубца 23 к базовой концевой стороне.

Как показано в настоящем модифицированном примере, множество областей 441 склеивания могут предоставляться для каждого зубца 23 в вышеописанном варианте осуществления и в каждом модифицированном примере. Даже в этом случае, могут получаться эффекты вариантов осуществления и модифицированных примеров, и помимо этого, прочность склеивания между листами 40 электротехнической стали может увеличиваться.

В случае, в котором множество областей 442 склеивания предоставляются в одном зубце 23, размер по ширине области 442 склеивания предпочтительно меньше интервального размера между смежными областями 442 склеивания. Как результат, можно предотвращать натяжение листа электротехнической стали вследствие множества областей 442 склеивания, за счет этого предотвращая ухудшение (увеличение) потерь в стали листа электротехнической стали.

Модифицированный пример 5.

Далее описываются клеевая часть 541 и область 542 склеивания модифицированного примера 5, которые могут использоваться в вышеописанном варианте осуществления, со ссылкой на фиг. 9. Кроме того, компоненты с аспектами, идентичными аспектам в вышеописанном варианте осуществления, обозначаются посредством идентичных ссылок с номерами, и их описания опускаются.

Аналогично вышеописанному варианту осуществления, область 542 склеивания, содержащая клеевую часть 541, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении, предоставляется в зубце 23. Клеевая часть 541 настоящего модифицированного примера главным образом отличается от вышеописанного варианта осуществления тем, что область 542 склеивания проходит в дугообразной форме в окружном направлении. Поскольку клеевая часть 541 настоящего модифицированного примера может равномерно наноситься в окружном направлении, процесс изготовления может упрощаться.

Кроме того, объем настоящего изобретения не ограничен вышеописанным вариантом осуществления и модифицированными примерами, и различные изменения могут вноситься в него без отступления от сущности настоящего изобретения.

В сердечнике статора вышеописанного варианта осуществления и его модифицированных примеров множество листов электротехнической стали прикрепляются друг к другу в клеевой части, предоставленной в зубце. Тем не менее, листы электротехнической стали могут прикрепляться друг к другу не только в зубце, но также и в части спинки сердечника. В этом случае часть спинки сердечника может содержать крепежную часть, или часть спинки сердечника может содержать отдельную клеевую часть. Дополнительно, листы электротехнической стали могут привариваться и прикрепляться друг к другу в дополнение к закреплению за счет склеивания вследствие клеевой части. Таким образом, эффекты настоящего варианта осуществления могут получаться независимо от способа закрепления части спинки сердечника.

Форма сердечника статора не ограничена формой, показанной в вышеуказанном варианте осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника 21 статора, толщина укладки, число прорезей, соотношение размеров зубца 23 между в окружном направлении и в радиальном направлении, соотношение размеров в радиальном направлении между зубцом 23 и частью 22 спинки сердечника и т.п. могут произвольно рассчитываться в соответствии с требуемыми свойствами электродвигателя.

В роторе вышеприведенного варианта осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 формирует один магнитный полюс, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, один постоянный магнит 32 может формировать один магнитный полюс, либо три или более постоянных магнита 32 могут формировать один магнитный полюс.

В вышеописанном варианте осуществления электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера электродвигателя, но, как проиллюстрировано ниже, конструкция электродвигателя не ограничена этим, и также могут использоваться различные известные конструкции, не проиллюстрированные ниже.

В вышеописанном варианте осуществления электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера синхронного электродвигателя, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой реактивный электродвигатель или электродвигатель на электромагнитном поле (двухобмоточный электродвигатель).

В вышеописанном варианте осуществления синхронный электродвигатель описывается в качестве примера электродвигателя переменного тока, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой асинхронный электродвигатель.

В вышеописанном варианте осуществления электродвигатель переменного описывается в качестве примера электродвигателя, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электродвигатель постоянного тока.

В вариантах осуществления электродвигатель описывается в качестве примера электродвигателя, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой генератор.

В вышеописанном варианте осуществления показан случай, в котором шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению применяется к сердечнику статора, но он также может применяться к сердечнику ротора.

Помимо этого, можно заменять компоненты в варианте осуществления и в его модифицированных примерах известными компонентами надлежащим образом, и вышеуказанные модифицированные примеры могут комбинироваться друг с другом надлежащим образом без отступления от сущности настоящего изобретения.

Пример.

Проверочное испытание проведено для того, чтобы проверять предотвращение ухудшения потерь в стали листов электротехнической стали вследствие механического напряжения при сжатии клеевой части. Это проверочное испытание выполнено посредством моделирования с использованием программного обеспечения. В качестве программного обеспечения, использовано JMAG, программное обеспечение моделирования электромагнитного поля на основе конечно-элементного способа, созданное компанией JSOL Corporation. В качестве модели, используемой для моделирования, предполагаются сердечники статора (шихтованные сердечники) моделей номер 1-4, описанных ниже. В качестве листов электротехнической стали, используемых для каждой модели, используются листы электротехнической стали, изготовленные посредством вырубki тонких листов, имеющих толщину листа в 0,25 мм и толщину листа в 0,20 мм. Форма листа электротехнической стали является идентичной форме, показанной на фиг. 2.

Конструкция закрепления листов электротехнической стали отличается между сердечниками статора моделей номер 1-3 и сердечником статора модели номер 4. В сердечниках статора моделей номер 1-3 клеевая часть предоставляется между листами электротехнической стали, и к листы электротехнической стали прикрепляются за счет склеивания друг к другу. С другой стороны, в сердечнике статора модели номер 4 листы электротехнической стали прикрепляются друг к другу посредством крепления.

Область склеивания модели номер 1 соответствует области 42 склеивания, показанной на фиг. 4. Области склеивания модели номер 1 формируются во множестве зубцов, и каждая область склеивания образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении около верхушки зубца.

Область склеивания модели номер 2 соответствует области 142 склеивания, показанной на фиг. 5. Области склеивания модели номер 2 формируются во множестве зубцов, и каждая область склеивания образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении около базового конца зубца.

Область склеивания модели номер 3 соответствует области 242 склеивания, показанной на фиг. 6. Области склеивания модели номер 3 формируются во множестве зубцов, и каждая область склеивания образует форму полосы, проходящую линейно в окружном направлении в центре зубца в направлении длины.

Сердечник 1021 статора модели номер 4 показывается на фиг. 11. Сердечник 1021 статора формируется посредством наслаивания листов 40 электротехнической стали, имеющих идентичную форму, в качестве сердечника 21 статора вышеописанного варианта осуществления в направлении толщины. Сердечник 1021 статора отличается от сердечника 21 статора вышеописанного варианта осуществления тем, что листы 40 электротехнической стали крепятся и прикрепляются друг к другу. Таким образом, листы 40 электротехнической стали сердечника 1021 статора прикрепляются друг к другу посредством крепления 1042 (шкантов). Крепление 1042 расположено в зубце 23.

Для каждой модели фиг. 10 показывает результаты вычисления потерь в стали листа электротехнической стали, вычисленных посредством программного обеспечения моделирования. Дополнительно, в потерях в стали (по вертикальной оси) из результатов вычисления, показанных на фиг. 10, потери в стали модели номер 4 задаются равными 1,0, и потери в стали другой модели выражаются как их отношение относительно потерь в стали модели номер 4.

Как показано на фиг. 10, подтверждается то, что сердечники статора моделей номер 1-3 имеют меньшие значения потерь в стали, чем значения потерь в стали сердечника статора модели номер 4.

Сердечник статора модели номер 1 имеет большие потери в стали, чем сердечники статора модели номер 2 и модели номер 3. В сердечнике статора модели номер 1, как показано на фиг. 4, считается, что поскольку область склеивания располагается около верхушки зубца, потери в стали увеличены, поскольку область ухудшения характеристик предоставляется в области, имеющей высокую плотность магнитного потока. С другой стороны, в сердечниках статора модели номер 2 и модели номер 3, как показано на фиг. 5 и 6, считается, что область ухудшения характеристик может располагаться на большом расстоянии от области, имеющей высокую плотность магнитного потока, и увеличение потерь в стали предотвращается.

Промышленная применимость

Согласно настоящему изобретению, магнитные свойства могут улучшаться. Следовательно, он обеспечивает широкую промышленную применимость.

Краткое описание ссылок с номерами

- 10 - электродвигатель;
- 20 - статор;
- 21 - сердечник статора (шихтованный сердечник);
- 22 - часть спинки сердечника;
- 23 - зубец;
- 40 - лист электротехнической стали;
- 41, 141, 241, 341 - клеевая часть;
- 42, 142, 242, 342 - область склеивания;
- d1 - размер по ширине;
- B - магнитный поток.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шихтованный сердечник, содержащий множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга, причем в каждом из листов электротехнической стали сформирована кольцевая часть спинки сердечника и множество зубцов, которые проходят из кольцевой части спинки сердечника в радиальном направлении и располагаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника; и

области склеивания, предусмотренные на поверхности каждого из зубцов, между соседними в осевом направлении листами электротехнической стали так, чтобы склеивать листы электротехнической стали друг с другом,

каждая область склеивания содержит клеевую часть, имеющую форму полосы, проходящую в окружном направлении, с шириной, равной или превышающей 1.5% внешнего диаметра кольцевой части спинки сердечника.

2. Шихтованный сердечник по п.1, в котором области склеивания формируются на зубцах ближе к кольцевой части спинки сердечника, чем к вершинам зубцов.

3. Шихтованный сердечник по п.1 или 2, в котором размеры по ширине областей склеивания в радиальном направлении увеличиваются от окружных центральных частей зубцов в направлении к сторонам окружных концевых частей зубцов.

4. Шихтованный сердечник по п.1 или 2, в котором области склеивания имеют дугообразную форму в окружном направлении.

5. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором клеевые части проходят по всем ширинам зубцов.

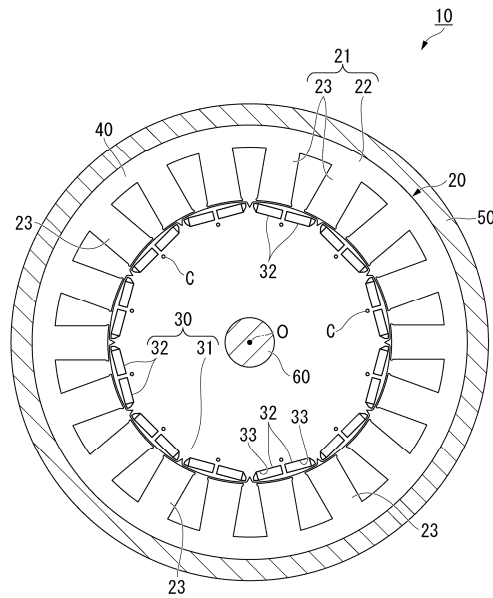
6. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-5, в котором средняя толщина клеевых частей составляет 1,0-3,0 мкм.

7. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-6, в котором средний модуль Е упругости при растяжении клеевых частей составляет 1500-4500 МПа.

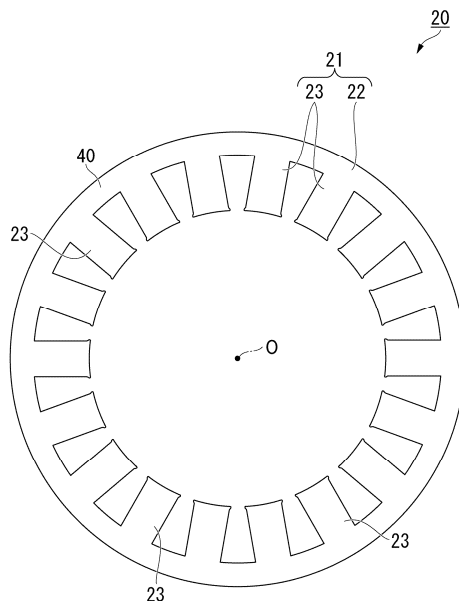
8. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-7, в котором клеевые части представляют собой клеевые при комнатной температуре клеящие материалы на акриловой основе, содержащие акриловый клеящий материал второго поколения, изготовленный из эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе.

9. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-8, в котором точка плавления каждой из клеевых частей составляет 180°C или выше.

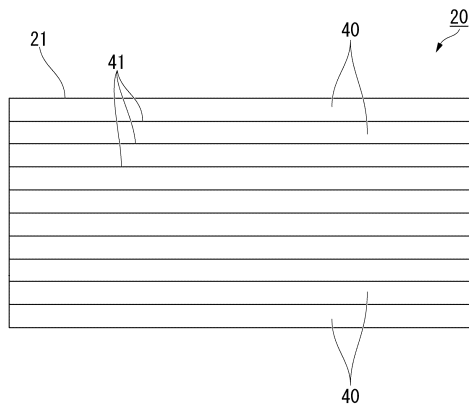
10. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп.1-9.



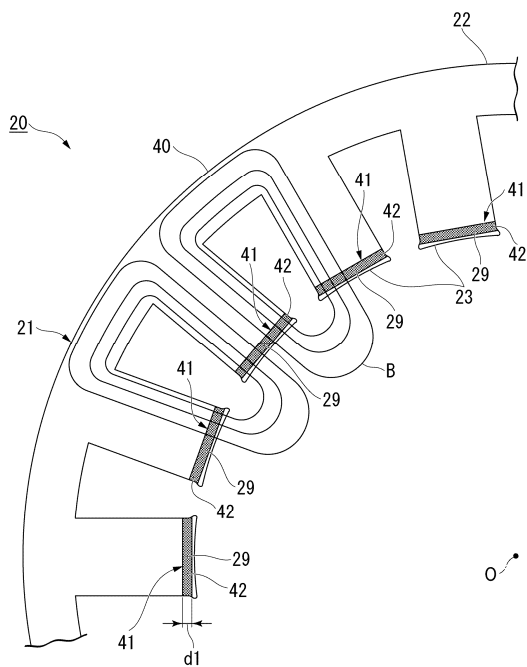
Фиг. 1



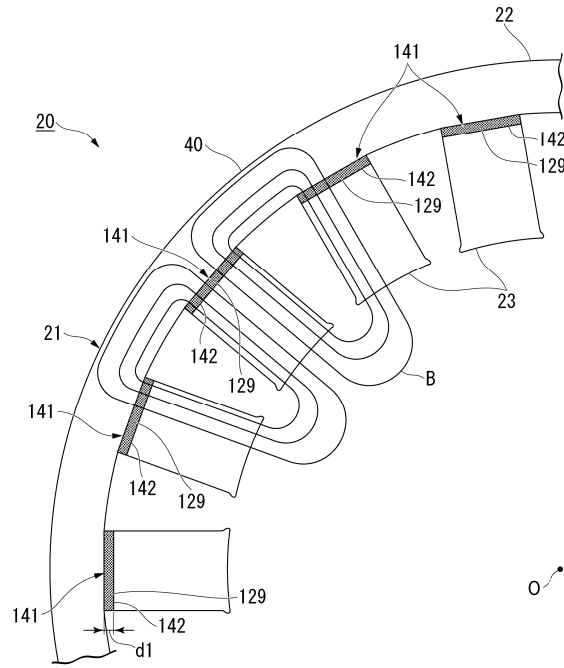
Фиг. 2



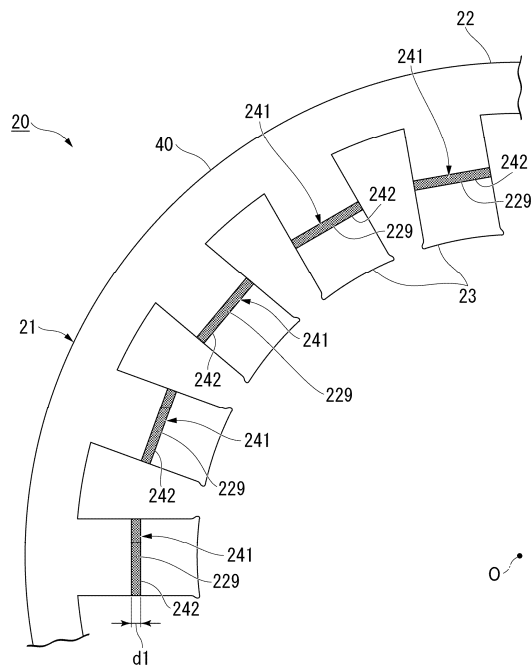
Фиг. 3



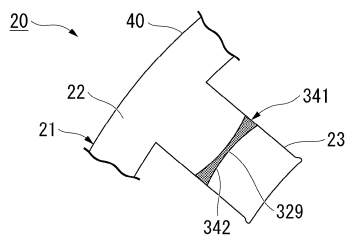
Фиг. 4



Фиг. 5

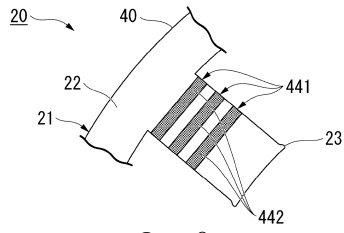


Фиг. 6

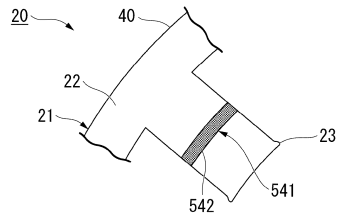


Фиг. 7

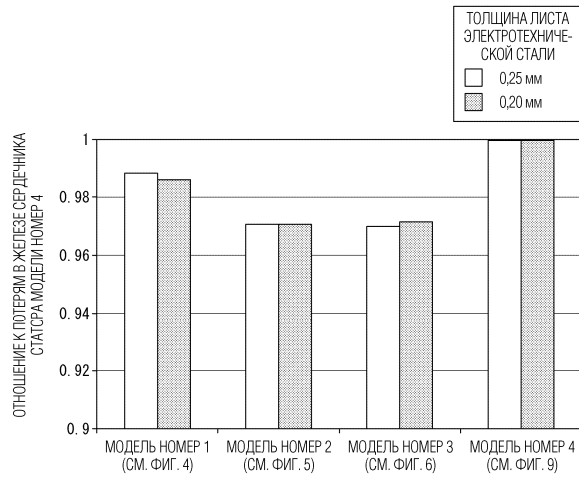
042110



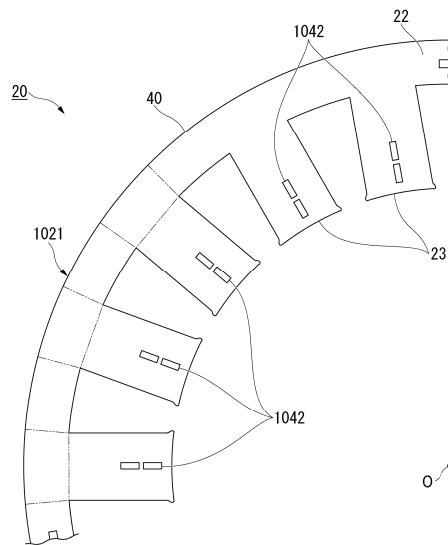
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

