

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 041716

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2022.11.25

(21) Номер заявки  
202192072

(22) Дата подачи заявки  
2019.12.17

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

---

(54) ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

---

(31) 2018-235855

(32) 2018.12.17

(33) JP

(43) 2021.11.09

(86) PCT/JP2019/049271

(87) WO 2020/129928 2020.06.25

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

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

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

(56) JP-A-201838119  
JP-A-200288107  
JP-A-2016171652  
JP-A-2003324869  
JP-A-2017204980

---

(57) Шихтованный сердечник включает в себя множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга и покрытых изоляционным покрытием на обеих поверхностях, и клеевую часть, предусмотренную между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки, соединяющую стальные листы друг с другом, при этом доля площади склеивания стальных листов посредством клеевой части равна 1-40%.

---

041716 B1

041716 B1

041716

B1

**Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к шихтованному сердечнику и к электродвигателю.

Данная заявка притязает на приоритет заявки на патент (Япония) номер 2018-235855, зарегистрированной 17 декабря 2018 года, содержимое которой включено в настоящий документ посредством отсылки.

**Уровень техники**

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

**Список библиографических ссылок**

Патентные документы.

Патентный документ 1.

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация № 2011-023523.

**Сущность изобретения**

Проблемы, разрешаемые изобретением.

Существует пространство для улучшения в совершенствовании магнитных свойств традиционного шихтованного сердечника.

Настоящее изобретение было выполнено с учетом вышеупомянутых обстоятельств, и его целью является совершенствование магнитных свойств.

Средство решения проблемы.

Чтобы достигать вышеуказанной цели, настоящее изобретение предлагает следующие средства.

(1) Первый аспект настоящего изобретения является шихтованным сердечником, включающим в себя множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга и покрытых изоляционным покрытием на обеих их поверхностях, и клеевую часть, предусмотренную между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и сконфигурированную, чтобы приклеивать листы электротехнической стали друг к другу, при этом доля площади склеивания листа электротехнической стали посредством клеевой части равна 1% или более и 40% или менее.

Когда листы электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки не закрепляются неким средством, они могут становиться относительно смещенными. С другой стороны, когда листы электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закрепляются, например, крепежом, листы электротехнической стали значительно натягиваются, и, таким образом, магнитные свойства шихтованного сердечника подвергаются значительному воздействию.

В шихтованном сердечнике согласно настоящему изобретению, листы электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки приклеиваются друг к другу посредством клеевых частей. Следовательно, возможно ограничивать относительное смещение между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки во всем множестве листов электротехнической стали. Здесь, доля площади склеивания листов электротехнической стали посредством клеевой части равна 1% или более. Следовательно, склеивание листов электротехнической стали посредством клеевой части гарантируется, и относительное смещение между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки может быть эффективно ограничено, даже когда, например, выполняется намотка в прорезь шихтованного сердечника. Кроме того, поскольку способ закрепления листов электротехнической стали не является прикреплением посредством крепежа, как описано выше, а закреплением посредством клеящего материала, натяжение, создаваемое в листе электротехнической стали, может быть ограничено. Вследствие вышесказанного, могут быть обеспечены магнитные свойства шихтованного сердечника.

Впрочем, сжимающее напряжение создается в листе электротехнической стали, когда клеевая часть отвердевает. Следовательно, лист электротехнической стали может также натягиваться посредством клеящего материала в клеевой части.

В шихтованном сердечнике согласно настоящему изобретению доля площади склеивания листа электротехнической стали посредством клеевой части равна 40% или менее. Следовательно, натяжение, создаваемое в листе электротехнической стали вследствие клеевой части, может быть уменьшено до низкого уровня. Следовательно, лучшие магнитные свойства для шихтованного сердечника могут быть обеспечены.

(2) В шихтованном сердечнике, описанном в (1), доля площади склеивания может быть 1% или более и 20% или менее.

Доля площади склеивания равна 20% или менее. Следовательно, натяжение, создаваемое в листе электротехнической стали вследствие клеевой части, может быть дополнительно ограничено.

(3) В шихтованном сердечнике, описанном в (1) или (2), клеевая часть может быть предусмотрена вдоль периферийного края листа электротехнической стали.

Клеевая часть размещается вдоль периферийного края листа электротехнической стали. Следовательно, например, вращение листов электротехнической стали может быть ограничено. Таким

образом, возможно легко применять намотку к прорези шихтованного сердечника и дополнительно обеспечивать магнитные свойства шихтованного сердечника.

(4) В шихтованном сердечнике, описанном в (3), область без склеивания листа электрической стали, в которой клеевая часть не предусмотрена, может быть сформирована между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой клеевая часть предусмотрена, и периферийным краем листа электротехнической стали.

(5) В шихтованном сердечнике, описанном в (4), клеевая часть может включать в себя первую клеевую часть, предусмотренную вдоль внешнего периферийного края листа электротехнической стали, и область без склеивания листа электротехнической стали может быть сформирована между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой первая клеевая часть предусмотрена, и внешним периферийным краем листа электротехнической стали.

(6) В шихтованном сердечнике, описанном в (4) или (5), клеевая часть может включать в себя вторую клеевую часть, предусмотренную вдоль внутреннего периферийного края листа электротехнической стали, и область без склеивания листа электротехнической стали может быть сформирована между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой вторая клеевая часть предусмотрена, и внутренним периферийным краем листа электротехнической стали.

Лист электротехнической стали, формирующий шихтованный сердечник, производится посредством вырубки листа электротехнической стали в качестве материала основания. Во время процесса вырубки натяжение вследствие процесса вырубки применяется к ширине, соответствующей толщине пластины листа электротехнической стали от периферийного края листа электротехнической стали внутрь листа электротехнической стали. Поскольку периферийный край листа электротехнической стали упрочняется посредством натяжения, маловероятно, что периферийный край листа электротехнической стали будет деформироваться и локально переворачиваться. Таким образом, деформация листа электротехнической стали маловероятно должна происходить, даже когда приклеивание к периферийному краю листа электротехнической стали не выполняется. Следовательно, даже когда область без склеивания формируется на периферийном крае листа электротехнической стали, деформация листа электротехнической стали может быть ограничена. Представляется возможным ограничивать применение излишнего натяжения к листу электротехнической стали посредством формирования области без склеивания таким способом. Следовательно, могут быть дополнительно обеспечены магнитные свойства шихтованного сердечника.

(7) В шихтованном сердечнике, описанном в каком-либо одном из (1)-(6), лист 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 размещаются с интервалами в направлении части спинки сердечника.

(8) В шихтованном сердечнике, описанном в (7), площадь склеивания части спинки сердечника посредством клеевой части может быть равна или больше площади склеивания зубчатой части посредством клеевой части.

Когда ширина (размер в окружном направлении) зубчатой части является более узкой по сравнению с шириной (размером в радиальном направлении) части спинки сердечника, магнитный поток концентрируется на зубчатой части, и плотность магнитного потока зубчатой части имеет тенденцию увеличиваться. Следовательно, когда натяжение применяется к листу электротехнической стали посредством клеевой части, и натяжение имеет равномерную величину, влияние на магнитные свойства зубчатой части является большим по сравнению с влиянием на магнитные свойства части спинки сердечника.

Площадь склеивания части спинки сердечника посредством клеевой части равна или больше площади склеивания зубчатой части посредством клеевой части. Следовательно, представляется возможным обеспечивать прочность склеивания всего шихтованного сердечника в части спинки сердечника, в то время как влияние на ухудшение магнитных свойств вследствие натяжения клеевой части в зубчатой части ограничивается.

(9) В шихтованном сердечнике, описанном в (8), лист электротехнической стали может включать в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые выступают внутрь от части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и размещаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника, клеевая часть может включать в себя первую клеевую часть, предусмотренную вдоль внешнего периферийного края листа электротехнической стали, и вторую клеевую часть, предусмотренную вдоль внутреннего периферийного края листа электротехнической стали, первое отношение, которое является отношением ширины фрагмента первой клеевой части, предусмотренной вдоль внешнего периферийного края части спинки сердечника, к ширине части спинки сердечника, может быть 33% или менее, и второе отношение, которое является отношением ширины фрагмента второй клеевой части, предусмотренной вдоль бокового края зубчатой части, к ширине зубчатой части, может быть 10% или менее.

(10) В шихтованном сердечнике, описанном в (9), первое отношение может быть 5% или более, а второе отношение может быть 5% или более.

(11) В шихтованном сердечнике, описанном в (9) или (10), первое отношение может быть равно или больше второго отношения.

Первое отношение равно 33% или менее, а второе отношение равно 10% или менее. Когда оба отношения являются высокими, доля площади склеивания становится высокой. Следовательно, доля площади склеивания может быть уменьшена до соответствующего значения или менее, например 40% или менее посредством сохранения обоих отношений соответственно небольшими.

Здесь, даже когда одно из первого отношения и второго отношения является очень высоким (например, более 50%), а другое является очень низким (например, 0%), сама доля площади склеивания может быть ограничена соответствующим значением или меньшим. Однако в этом случае, существует вероятность того, что склеивание может быть локально недостаточным в части спинки сердечника или в зубчатой части.

С другой стороны, в шихтованном сердечнике, первое отношение и второе отношение ниже некоторого значения, а одно из отношений является не очень высоким. Следовательно, представляется возможным легко обеспечивать прочность склеивания в каждой из части спинки сердечника и зубчатой части, в то время как доля площади склеивания ограничивается соответствующим значением или меньшим. Например, когда оба отношения равны 5% или более, представляется возможным легко обеспечивать хорошую прочность склеивания в каждой из части спинки сердечника и зубчатой части.

В целом, форма зубчатой части ограничивается согласно, например, числу полюсов и числу прорезей. Таким образом, нелегко регулировать ширину зубчатой части. С другой стороны, вышеописанное ограничение не возникает в части спинки сердечника, и ширина части спинки сердечника может быть легко отрегулирована. Кроме того, часть спинки сердечника должна обеспечивать прочность для шихтованного сердечника. Следовательно, ширина части спинки сердечника имеет склонность быть широкой.

Вследствие вышеупомянутого, можно сказать, что ширина части спинки сердечника имеет склонность быть шире по сравнению с шириной зубчатой части. Следовательно, магнитный поток широко рассеивается в части спинки сердечника в поперечном направлении, и плотность магнитного потока в части спинки сердечника имеет тенденцию быть более низкой по сравнению с плотностью магнитного потока в зубчатой части. Следовательно, даже когда натяжение возникает в листе электротехнической стали вследствие клеевой части, и натяжение возникает в части спинки сердечника, влияние на магнитные свойства становится меньшим по сравнению с тем, когда натяжение возникает в зубчатой части.

Когда первое отношение равно или больше второго отношения, можно сказать, что клеевая часть равномерно распределена в части спинки сердечника по сравнению с зубчатой частью. Здесь, как описано выше, когда натяжение возникает в части спинки сердечника, влияние на магнитные свойства меньше по сравнению с тем, когда натяжение возникает в зубчатой части. Таким образом, влияние на магнитные свойства, создаваемое на листе электротехнической стали, может быть ограничено до небольшой величины, в то время как доля площади склеивания обеспечивается посредством установления первого отношения равным или большим по сравнению со вторым отношением.

(12) В шихтованном сердечнике, описанном в любом одном из (1)-(11), средняя толщина клеевой части может быть 1,0-3,0 мкм.

(13) В шихтованном сердечнике, описанном в любом из (1)-(12), средний модуль Е упругости при растяжении клеевой части может составлять 1500-4500 МПа.

(14) В шихтованном сердечнике, описанном в любом из (1)-(13), клеевая часть может представлять собой клеевой при комнатной температуре клеящий материал на акриловой основе, включающий в себя SGA, изготовленный из эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе.

(13) Второй аспект настоящего изобретения представляет собой электродвигатель, включающий в себя шихтованный сердечник, описанном в любом из (1)-(12).

Преимущества изобретения.

Согласно настоящему изобретению, можно улучшать магнитные свойства.

#### **Краткое описание фигур**

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

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

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

Фиг. 4 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, включенного в электродвигатель, показанный на фиг. 1.

Фиг. 5 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, включенного в электродвигатель согласно первому модифицированному примеру электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 6 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, включенного в электродвигатель согласно второму модифицированному примеру электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 7 является укрупненным видом статора, показанного на фиг. 6.

Фиг. 8 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 100%.

Фиг. 9 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 80%.

Фиг. 10 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 60%.

Фиг. 11 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 40%.

Фиг. 12 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 20%.

Фиг. 13 является видом сверху листа электротехнической стали и клеевой части статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором доля площади склеивания равна 0%.

Фиг. 14 является видом сверху листа электротехнической стали статора, который является целью моделирования потерь в стали в проверочном испытании, и является видом сверху, показывающим состояние, в котором лист электротехнической стали является закрепленным и соединенным.

Фиг. 15 является графиком, показывающим результаты проверочного испытания.

#### **Варианты осуществления для реализации изобретения**

В дальнейшем в этом документе электродвигатель согласно варианту осуществления настоящего изобретения будет описан со ссылкой на чертежи. В варианте осуществления двигатель, в частности, электродвигатель переменного тока, более конкретно синхронный электродвигатель, и даже более конкретно, электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами будет приведен в пример в качестве электродвигателя. Этот тип электродвигателя надлежащим образом применяется, например, для электрического транспортного 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 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 приспособляться электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен за пределами статора 20. Дополнительно, в настоящем варианте осуществления, электродвигатель 10 является трехфазным электродвигателем переменного тока с 12 полюсами и 18 прорезями. Тем не менее, например, число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может надлежащим образом изменяться. Электродвигатель 10 может вращаться со скоростью вращения 1000 об/мин посредством приложения тока возбуждения, имеющего эффективное значение 10 А и частоту 100 Гц для каждой из фаз, например.

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

Часть 22 спинки сердечника формируется в кольцевой форме в виде сверху статора 20, когда рассматривается в осевом направлении.

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

Обмотка обматывается вокруг зубчатой части 23. Обмотка может представлять собой концентрированную обмотку или распределенную обмотку.

Ротор 30 располагается в статоре 20 (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 (замкнутую 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 формирует 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 с интервалом в  $30^\circ$  центрального угла, центрированного на центральной оси О.

В настоящем варианте осуществления, электродвигатель с внутренними постоянными магнитами приспособливается в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами. Множество сквозных отверстий 33, которые проходят через сердечник 31 ротора в осевом направлении, формируются в сердечнике 31 ротора. Множество сквозных отверстий 33 предусматриваются соответствующими множеству постоянных магнитов 32. Каждый из постоянных магнитов 32 прикрепляется к сердечнику 31 ротора в состоянии, в котором он размещается в соответствующем сквозном отверстии 33. Крепление каждого из постоянных магнитов 32 к сердечнику 31 ротора может быть реализовано, например, посредством приклеивания внешней поверхности постоянного магнита 32 и внутренней поверхности сквозного отверстия 33 с помощью клея или т.п. В качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами, электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами может использоваться вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

Как сердечник 21 статора, так и сердечник 31 ротора представляют собой шихтованные сердечники. Шихтованный сердечник формируется посредством укладки множества листов 40 электротехнической стали.

Толщина укладки каждого из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора, 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. 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 21 статора и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями. Здесь, внутренний диаметр сердечника 21 статора основывается на концевом фрагменте зубчатой части 23 сердечника 21 статора. Внутренний диаметр сердечника 21 статора является диаметром воображаемой окружности, вписанной в концевые фрагменты всех зубчатых частей 23.

Каждый из листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, формируется, например, посредством вырубки листа электротехнической стали в качестве материала основания. 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. Однако в качестве листа 40 электротехнической стали также представляется возможным использование листа электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой вместо листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. В качестве листа электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой, например, может использоваться полоса электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012.

Изоляционные покрытия предусматриваются на обеих поверхностях листа 40 электротехнической стали для того, чтобы улучшать возможность использования листа электротехнической стали и потери в стали шихтованного сердечника. Например, (1) неорганическое соединение, (2) органическая смола, (3) смесь неорганического соединения и органической смолы и т.п. могут быть нанесены в качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие. Примеры неорганического соединения включают в себя (1) комплексное соединение бихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. Примеры органической смолы включают в себя эпоксидную смолу, акриловую смолу, акрилстироловую смолу, полиэфирную смолу, силиконовую смолу, фтористую смолу и т.п.

Чтобы обеспечивать изоляционные рабочие характеристики между листами 40 электротехнической стали, укладываемыми 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, изоляционная способность насыщается по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым. Дополнительно, по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым, коэффициент заполнения уменьшается, и рабочие характеристики в качестве шихтованного сердечника ухудшаются. Следовательно, изоляционное покрытие должно быть тонким, насколько возможно, в диапазоне, в котором изоляционные рабочие характеристики обеспечиваются. Толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность электрического стального

листа 40) 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.

Когда лист 40 электротехнической стали становится более тонким, эффект улучшения потерь в стали постепенно насыщается. Дополнительно, по мере того, как лист электротехнической стали 40 становится более тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. Следовательно, 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, когда лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, обработка вырубки прессованием листа 40 электротехнической стали становится трудной. Следовательно, с учетом операции вырубки 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. Следовательно, с учетом характеристик потерь в стали листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,35 мм или меньше и более предпочтительно 0,20 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 или 0,25 мм. Толщина листа 40 электротехнической стали также включает в себя толщину изоляционного покрытия.

Множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, склеиваются посредством клеевой части 41. Клеевая часть 41 является клеящим материалом, который предусмотрен между листами 40 электротехнической части, соседними друг с другом в направлении укладки, и отверждается без разделения. В качестве клеящего материала, например, используется термоотверждающийся клеящий материал посредством полимерного связывания. В качестве состава клеящего материала, может применяться (1) акриловая смола, (2) эпоксидная смола, (3) состав, содержащий акриловую смолу и эпоксидную смолу, и т.п. В качестве такого клеящего материала радикально полимеризующийся клеящий материал или т.п. может быть использован в дополнение к термоотверждающемуся клеящему материалу, а с точки зрения производительности, желательно использовать 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. Типичные акриловые клеящие материалы включают в себя акриловый клеящий материал второго поколения (SGA) и т.п. Анаэробный клеящий материал, мгновенный клеящий материал и эластомерсодержащий акриловый клеящий материал могут использоваться, пока результаты настоящего изобретения не ухудшаются. Клеящий материал, упоминаемый здесь, ссылается на состояние перед отверждением и становится клеевой частью 41, после того как клеящий материал отверждается.

Средний модуль Е упругости при растяжении клеевой части 41 при комнатной температуре (20-30°C) составляет в диапазоне в 1500-4500 МПа. Когда средний модуль Е упругости при растяжении клеевой части 41 меньше 1500 МПа, возникает такая проблема, что жесткость шихтованного сердечника понижается. Следовательно, нижний предел среднего модуля Е упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 1500 МПа, и более предпочтительно 1800 МПа. Наоборот, когда средний модуль Е упругости при растяжении клеевой части 41 превышает 4500 МПа, возникает такая проблема, что изоляционное покрытие, сформированное на поверхности листа 40 электротехнической стали, отслаивается. Следовательно, верхний предел среднего модуля Е упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 4500 МПа, и более предпочтительно 3650 МПа.

Средний модуль Е упругости при растяжении измеряется посредством резонансного способа. В частности, модуль упругости при растяжении измеряется на основе JIS R 1602:1995.

Более конкретно, сначала изготавливается образец для измерения (не показан). Этот образец получается склеиванием двух листов 40 электротехнической стали с помощью клеящего материала, который должен быть измерен, и отверждения клеящего материала, чтобы формировать клеевую часть 41. Когда клеящий материал имеет термоотверждающийся тип, отверждение выполняется посредством нагрева и повышения давления в условиях нагрева и повышения давления в фактической эксплуатации. С другой стороны, когда клеящий материал является отверждаемым при комнатной температуре, оно выполняется посредством повышения давления при комнатной температуре.

Затем модуль упругости при растяжении этого образца измеряется посредством резонансного способа. Как описано выше, способ измерения модуля упругости при растяжении посредством резонансного способа выполняется на основе JIS R 1602:1995. Затем, модуль упругости при растяжении одной только клеевой части 41 может получаться 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, является равным среднему значению для всех шихтованных сердечников, это значение считается средним

модулем  $E$  упругости при растяжении. Состав задается таким образом, что средний модуль  $E$  упругости при растяжении едва ли изменяется в позиции укладки в направлении укладки или в угловой позиции вокруг осевого направления шихтованного сердечника. Следовательно, средний модуль  $E$  упругости при растяжении может задаваться равным значению, полученному посредством измерения в отвержденной клеевой части 41 в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

В качестве способа склеивания, например способ, в котором клеящий материал наносится на лист 40 электротехнической стали и затем склеивается посредством одного из нагрева и пакетирования сжатием, или того и другого. Нагревательный блок может быть любым блоком для нагрева в высокотемпературной ванне или электропечи, способом непосредственного возбуждения и т.п.

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

С другой стороны, когда толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила склеивания становится насыщенной. Дополнительно, по мере того, как клеевая часть 41 становится толстой, пространственный коэффициент уменьшается, и магнитные свойства, такие как потери в стали шихтованного сердечника, уменьшаются. Таким образом, 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 клеевой части 41.

Средняя толщина клеевой части 41 более предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Когда средняя толщина клеевой части 41 составляет менее 1,0 мкм, достаточная сила склеивания не может быть обеспечена, как описано выше. Следовательно, нижний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 1,0 мкм, и более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, когда средняя толщина клеевой части 41 становится толще 3,0 мкм, возникают такие проблемы, как значительное увеличение величины натяжения листа 40 электротехнической стали вследствие усадки во время затвердевания. Следовательно, верхний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 3,0 мкм, и более предпочтительно 2,6 мкм.

Средняя толщина клеевой части 41 является средним значением для всех шихтованных сердечников. Средняя толщина клеевой части 41 практически не изменяется в позиции укладки в направлении укладки и окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. Следовательно, средняя толщина клеевой части 41 может задаваться равной среднему значению числовых значений, измеряемых в десяти или более точках в окружном направлении в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

Средняя толщина клеевой части 41 может быть отрегулирована, например, посредством изменения количества нанесенного клеящего материала. Дополнительно, в случае термореактивного клеящего материала, средний модуль  $E$  упругости при растяжении клеевой части 41 может регулироваться, например, посредством изменения одного либо обоих из условий нагрева и создания повышенного давления, применяемых во время склеивания, и типа отверждающего агента.

В настоящем варианте осуществления, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, прикрепляются друг к другу с использованием крепления  $C$  (шканцев). Тем не менее, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, могут приклеиваться друг к другу посредством клеевой части 41.

Шихтованные сердечники, такие как сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, может формироваться посредством так называемой укладки витками.

Здесь, как показано на фиг. 3 и 4, в настоящем варианте осуществления, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки склеиваются друг с другом посредством клеевой части 41. В иллюстрированном примере листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки скрепляются только посредством клеящего материала и не скрепляются другими способами (например, крепежом или т.п.).

Как показано на фиг. 4, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки не склеиваются друг с другом по всем своим поверхностям. Эти листы 40 электротехнической стали только локально приклеиваются друг к другу.

В настоящем варианте осуществления листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки склеиваются друг с другом посредством клеевой части 41, предусмотренной вдоль периферийного края листа 40 электротехнической стали. В частности, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки склеиваются друг с другом посредством первой клеевой части 41a и второй клеевой части 41b. Первая клеевая часть 41a предусмотрена вдоль внешнего периферийного края листа 40 электротехнической стали в виде сверху листа 40 электротехнической стали, когда рассматривается в направлении укладки. Вторая клеевая часть 41b предусмотрена вдоль внутреннего периферийного края листа 40 электротехнической стали в виде сверху листа 40 электротехнической стали, когда рассматривается в направлении укладки. Каждая из первой и второй клеевых частей 41a и 41b формируется в полосковой форме в виде сверху.



Здесь, полосковая форма также включает в себя форму, в которой ширина полосы изменяется в середине. Например, форма, в которой круглые точки являются непрерывными в одном направлении без разделения, также включена в полосковую форму, которая проходит в одном направлении. Однако тот факт, что клеевая часть 41 существует вдоль периферийного края, не предполагает форму, в которой клеевая часть 41 является непрерывной в одном направлении. Например, случай, в котором множество клеевых частей 41 с промежутками размещаются в одном направлении, также учитывается. Однако в этом случае, предпочтительно, расстояние (длина в одном направлении) между парой клеевых частей 41, соседних друг с другом в одном направлении, является большим, и размер каждой из пары клеевых частей 41 (длина в одном направлении) также является большим.

Дополнительно, тот факт, что клеевая часть 41 находится вдоль периферийного края, включает в себя не только случай, в котором клеевая часть 41 предусмотрена без промежутка от периферийного края, но также случай, в котором клеевая часть 41 предусмотрена с промежутком относительно периферийного края листа 40 электротехнической стали. В этом случае, тот факт, что клеевая часть 41 находится вдоль периферийного края, означает, что клеевая часть 41 проходит практически параллельно целевого периферийного края. Другими словами, тот факт, что клеевая часть 41 находится вдоль периферийного края, включает в себя не только случай, в котором клеевая часть 41 находится полностью параллельно периферийному краю, но также случай, в котором клеевая часть 41 имеет наклон, например, 5° или меньше относительно периферийного края.

Первая клеевая часть 41a располагается вдоль внешнего периферийного края листа 40 электротехнической стали. Первая клеевая часть 41a проходит непрерывно по всей окружности в окружном направлении. Первая клеевая часть 41a формируется в кольцевой форме в виде сверху первой клеевой части 41a, когда рассматривается в направлении укладки.

Вторая клеевая часть 41b располагается вдоль внутреннего периферийного края листа 40 электротехнической стали. Вторая клеевая часть 41b проходит непрерывно по всей окружности в окружном направлении.

Вторая клеевая часть 41b включает в себя множество зубчатых частей 44 и множество частей 45 спинки сердечника. Множество зубчатых частей 44 предусматриваются с интервалами в окружном направлении и соответственно располагаются в зубчатых частях 23. Множество частей 45 спинки сердечника располагаются в части 22 спинки сердечника и соединяют зубчатые части 44 рядом друг с другом в окружном направлении.

Зубчатая часть 44 включает в себя пару первых частей 44a и вторую часть 44b. Первые части 44a располагаются с интервалом в окружном направлении. Первые части 44a проходят в радиальном направлении. Каждая из первых частей 44a проходит в полосковой форме в радиальном направлении. Вторая часть 44b соединяет пару первых частей 44a друг с другом в окружном направлении. Вторая часть 44b проходит в полосковой форме в окружном направлении.

В настоящем варианте осуществления, в виде сверху листа 40 электротехнической стали, клеевая часть 41 предусмотрена без промежутка от периферийного края листа 40 электротехнической стали, но настоящее изобретение не ограничивается этим. Например, как в статоре 20A согласно первому модифицированному примеру, показанному на фиг. 5, в виде сверху листа 40 электротехнической стали, клеевая часть 41 может быть снабжена промежутком относительно периферийного края листа 40 электротехнической стали. Т.е. область 43 без склеивания листа 40 электротехнической стали, в которой клеевая часть 41 не предусмотрена, может быть сформирована между областью 42 склеивания листа 40 электротехнической стали, в которой клеевая часть 41 предусмотрена, и периферийным краем листа 40 электротехнической стали. Область 42 склеивания листа 40 электротехнической стали, в которой клеевая часть 41 предусмотрена, означает область поверхности листа 40 электротехнической стали, обращенной в направлении укладки (далее в данном документе называемой первой поверхностью листа 40 электротехнической стали), на которой предусмотрен клеящий материал, отвержденный без разделения. Область 43 без склеивания листа 40 электротехнической стали, в которой не предусмотрена клеевая часть 41, означает область первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой не предусмотрен клеящий материал, отвержденный без разделения.

Здесь, тот факт, что клеевая часть 41 находится вдоль периферийного края, не включает в себя случай, в котором клеевая часть 41 предусмотрена с промежутком, превышающим некоторую ширину относительно периферийного края листа 40 электротехнической стали. В частности, клеевая часть 41 предусмотрена в диапазоне, который не превышает трехкратный размер, соответствующий толщине пластины листа 40 электротехнической стали, от периферийного края листа 40 электротехнической стали. Расстояние (ширина) между клеевой частью 41 и периферийным краем листа 40 электротехнической стали предпочтительно не больше толщины пластины листа 40 электротехнической стали, и может в 3 раза или менее быть больше толщины пластины. Когда расстояние является нулевым, клеевая часть 41 предусмотрена на периферийном крае листа 40 электротехнической стали без какого-либо промежутка.

В настоящем варианте осуществления, формы всех клеевых частей 41, предусмотренных между листами 40 электротехнической стали при виде сверху, являются идентичными. Форма клеевой части 41 в

виде сверху означает общую форму клеевой части 41 в виде сверху для листа 40 электротехнической стали, в котором клеевая часть 41 предусмотрена, когда рассматривается в направлении укладки. Тот факт, что все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют одинаковую форму в виде сверху, включает в себя не только случай, в котором клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют полностью одинаковую форму в виде сверху, но также случай, в котором они имеют практически одинаковую форму. Случай, в котором они имеют практически одинаковую форму, является случаем, в котором все клеевые части 41, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали, имеют общую форму на 95% или более в виде сверху.

В настоящем варианте осуществления, доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 1% или больше и 40% или меньше. В проиллюстрированном примере, доля площади склеивания равна 1% или больше и 20% или меньше и, конкретно, 20%. Доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 является отношением площади области (области 42 склеивания) в первой поверхности, в которой клеевая часть 41 предусмотрена, к площади первой поверхности листа 40 электротехнической стали. Область, в которой предусмотрена клеевая часть 41, представляет собой область (область 42 склеивания) первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой предусмотрен клеящий материал, который отвержден без разделения. Площадь области, в которой предусмотрена клеевая часть 41, может получаться, например, посредством фотографирования первой поверхности листа 40 электротехнической стали после расслоения и посредством анализа изображения сфотографированного результата.

В настоящем варианте осуществления, доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 между листами 40 электротехнической стали равна 1% или больше и 20% или меньше. В обоих листах 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки доля площади склеивания листов 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 1% или больше и 20% или меньше. Когда клеевые части 41 предоставляются на обеих сторонах листа 40 электротехнической стали в направлении укладки, доля площади склеивания на обеих сторонах листа 40 электротехнической стали равны 1% или более и 20% или менее.

Представляется возможным легко обеспечивать площадь склеивания (связанную область) посредством склеивания листа 40 электротехнической стали с помощью клеевой части 41 по сравнению со случаем, в котором лист 40 электротехнической стали закрепляется.

Дополнительно, в настоящем варианте осуществления, площадь склеивания части 22 спинки сердечника посредством клеевой части 41 (далее в данном документе называемая "первой площадью S1 склеивания") равна или больше площади склеивания зубчатой части 23 посредством клеевой части 41 (далее в данном документе называемой "второй площадью S2 склеивания"). Т.е.  $S1 > S2$ .

Здесь, первая площадь S1 склеивания является областью части 22 спинки сердечника на первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой предусмотрен клеящий материал, который отвержден без разделения. Вторая площадь S2 склеивания является областью зубчатой части 23 на первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой предусмотрен клеящий материал, который отвержден без разделения. Аналогично площади области, в которой клеевая часть 41 предусмотрена, первая площадь S1 склеивания и вторая площадь S2 склеивания получаются, например, посредством фотографирования первой поверхности листа 40 электротехнической стали после расслоения и посредством анализа изображения сфотографированных результатов.

Площадь склеивания листа 40 электротехнической стали посредством первой клеевой части 41a является S11. Во второй клеевой части 41b площадь склеивания листа 40 электротехнической части посредством части 45 спинки сердечника является S12a. Во второй клеевой части 41b площадь склеивания листа 40 электротехнической части посредством зубчатой части 44 является S12b. Площадь склеивания листа 40 электротехнической стали посредством первой клеевой части 41a является площадью области на первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой предусмотрена первая клеевая часть 41a. Во второй клеевой части 41b площадь склеивания листа 40 электротехнической стали посредством части 45 спинки сердечника является площадью области на части 45 спинки сердечника первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в котором предусмотрена вторая клеевая часть 41b. Во второй клеевой части 41b площадь склеивания листа 40 электротехнической стали посредством зубчатой части 44 является площадью области зубчатой части 44 на первой поверхности листа 40 электротехнической стали, в которой предусмотрена вторая клеевая часть 41b.

Когда вышеописанные S11, S12a и S12b используются, S1 и S2 представляются следующими уравнениями.

$$S1 = S11 + S12a,$$

$$S2 = S12b.$$

Кроме того, в настоящем варианте осуществления, площадь склеивания листа 40 электротехнической стали посредством первой клеевой части 41a является равной или большей по сравнению с площадью склеивания листа 40 электротехнической стали посредством второй клеевой части 41b. Т.е.  $S11 > S12a + S12b$ . В качестве предварительного условия в этом случае, например, одно или более из следующих (1) и (2) может быть упомянуто. (1) Длина полосы, сформированной первой клеевой

частью 41a, больше длины полосы, сформированной второй клеевой частью 41b. (2) Ширина полосы, сформированной первой клеевой частью 41a, больше ширины полосы, сформированной второй клеевой частью 41b.

В сердечнике 21 статора, когда листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки не закрепляются неким средством, они относительно смещаются. С другой стороны, когда листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закрепляются, например, прикреплением, листы 40 электротехнической стали значительно натягиваются, и, таким образом, магнитные свойства сердечника 21 статора подвергаются значительному воздействию.

С другой стороны, в сердечнике 21 статора согласно настоящему варианту осуществления, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки склеиваются друг с другом посредством клеевой части 41. Следовательно, возможно ограничивать относительное смещение между листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки во всем множестве листов 40 электротехнической стали. Здесь, доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 1% или более. Следовательно, склеивание посредством клеевой части 41 обеспечивается, и относительное смещение между листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки может быть эффективно ограничено, даже когда выполняется намотка в прорезь сердечника 21 статора. Кроме того, поскольку способ крепления листов 40 электротехнической стали не является креплением посредством крепежа, как описано выше, а креплением посредством клеящего материала, натяжение, создаваемое в листе 40 электротехнической стали может быть ограничено. Вследствие вышесказанного, могут быть обеспечены магнитные свойства сердечника 21 статора.

Впрочем, когда клеящий материал наносится на лист 40 электротехнической стали, сжимающее напряжение создается в листе 40 электротехнической стали, когда клеящий материал отверждается. Следовательно, когда клеевая часть 41 формируется посредством нанесения клеящего материала на лист 40 электротехнической стали, лист 40 электротехнической стали может натягиваться.

Однако в сердечнике 21 статора согласно настоящему варианту осуществления доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 40% или менее. Следовательно, натяжение, создаваемое в листе 40 электротехнической стали вследствие клеящего материала, может быть ограничено до низкого. Следовательно, магнитные свойства сердечника 21 статора могут быть дополнительно обеспечены.

Кроме того, доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 20% или менее. Следовательно, натяжение, создаваемое в листе 40 электротехнической стали вследствие клеящего материала, может быть дополнительно ограничено.

Клеевая часть 41 предусмотрена на области 42 склеивания, сформированной вдоль периферийного края листа 40 электротехнической стали. Следовательно, например, представляется возможным ограничивать вращение листов 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки. Таким образом, возможно легко применять намотку к прорези сердечника 21 статора и дополнительно обеспечивать магнитные свойства сердечника 21 статора. Следовательно, магнитные свойства сердечника 21 статора могут быть дополнительно обеспечены.

Когда ширина  $W1$  (размер в окружном направлении) зубчатой части 23 является более узкой по сравнению с шириной  $W2$  (размером в радиальном направлении) части 22 спинки сердечника, магнитный поток концентрируется на зубчатой части 23, и плотность магнитного потока зубчатой части 23 имеет тенденцию увеличиваться. Следовательно, когда натяжение применяется к стальному листу посредством клеящего материала, и натяжение имеет равномерную величину, влияние на магнитные свойства зубчатой части 23 больше, чем на магнитные свойства части 22 спинки сердечника.

Первая площадь  $S1$  склеивания равна или больше второй площади  $S2$  склеивания. Следовательно, представляется возможным обеспечивать прочность склеивания всего сердечника 21 статора в части 22 спинки сердечника, в то время как влияние на ухудшение магнитных свойств вследствие натяжения клеящего материала в зубчатой части 23 ограничивается.

Здесь, пока доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равно 1% или более и 40% или менее, форма второй клеевой части 41b не ограничивается формой, показанной в вышеописанном варианте осуществления. Например, вторая часть 44b зубчатой части 44 может быть опущена. В этом случае, влияние ухудшения магнитных свойств вследствие натяжения клеящего материала во второй части 44b зубчатой части 23, в которой плотность магнитного потока становится высокой, может быть заметно ограничено. В этом случае, например, доля площади склеивания всего листа 40 электротехнической стали может быть обеспечена посредством увеличения отношения площадей склеивания посредством первой клеевой части 41a.

Лист 40 электротехнической стали, формирующий сердечник 21 статора, производится вырубкой листа электротехнической стали в качестве основного материала. Во время процесса вырубки натяжение вследствие процесса вырубки применяется к ширине, соответствующей толщине пластины листа 40 электротехнической стали от периферийного края листа 40 электротехнической стали по направлению к внутренности листа 40 электротехнической стали (здесь, внутренность листа 40 электротехнической стали является областью между внешним периферийным краем и внутренним периферийным краем

листа 40 электротехнической стали). Поскольку периферийный край листа 40 электротехнической стали упрочняется посредством натяжения, маловероятно, что периферийный край листа 40 электротехнической стали деформируется, чтобы локально переворачиваться. Таким образом, деформация листа 40 электротехнической стали маловероятно должна происходить, даже когда приклеивание к периферийному краю листа 40 электротехнической стали не выполняется. Следовательно, даже когда область 43 без склеивания формируется на периферийном крае листа 40 электротехнической стали как в сердечнике 21 статора согласно первому модифицированному примеру, показанному на фиг. 5, деформация листа 40 электротехнической стали может быть ограничена. Представляется возможным ограничивать применение излишнего натяжения к листу 40 электротехнической стали посредством формирования области 43 без склеивания таким способом. Следовательно, могут быть дополнительно обеспечены магнитные свойства сердечника 21 статора. Когда рассматривается деформационное упрочнение вследствие натяжения, создаваемого во время вышеописанного процесса вырубки, ширина области 43 без склеивания предпочтительно является равной или меньшей по сравнению с толщиной пластины листа 40 электротехнической стали.

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

Форма сердечника статора не ограничена формой, показанной в вышеописанных вариантах осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника статора, толщина укладки, число прорезей, отношение размеров между окружным направлением и радиальным направлением зубчатой части 23, отношение размеров в радиальном направлении между зубчатой частью 23 и частью 22 спинки сердечника и т.п. могут произвольно рассчитываться согласно желаемым свойствам электродвигателя.

Например, число зубчатых частей 23 может быть большим, как в статоре 20I согласно второму модифицированному примеру, показанному на фиг. 6 и 7. Такой статор 20I может быть подходящим образом применен в форме, в которой обмотки намотаны распределенным образом. Когда обмотки наматываются распределенным образом, ширина  $W1$  зубчатой части 23 имеет тенденцию быть более узкой по сравнению со случаем, в котором обмотки наматываются концентрически.

Здесь, отношение ширины  $W2a$  фрагмента (самой первой клеевой части 41a в настоящем варианте осуществления) первой клеевой части 41a, предусмотренной вдоль внешнего периферийного края части 22 спинки сердечника, к ширине  $W2$  части 22 спинки сердечника называется первым отношением.

Обе ширины  $W2$  и  $W2a$  в получении первого отношения означают среднее значение каждой ширины. Ширина  $W2$  части 22 спинки сердечника, когда первое отношение получается, может быть, например, средним значением ширин трех точек с равными интервалами в окружном направлении в части 22 спинки сердечника (три точки через каждые  $120^\circ$  вокруг центральной оси O). Дополнительно, ширина  $W2a$  первой клеевой части 41a, когда первое отношение получается, может быть, например, средним значением ширин трех точек первой клеевой части 41a с равными интервалами в окружном направлении (три точки через каждые  $120^\circ$  вокруг центральной оси O).

Отношение ширины  $W1a$  фрагмента второй клеевой части 41b, предусмотренной вдоль бокового края зубчатой части 23, к ширине  $W1$  зубчатой части 23 называется вторым отношением. Боковой край зубчатой части 23 является фрагментом периферийного края зубчатой части 23, который обращен в окружном направлении. Фрагмент второй клеевой части 41b, предусмотренной вдоль бокового края зубчатой части 23, является первой частью 44a зубчатой части 44.

Обе ширины  $W1$  и  $W1a$  в получении второго отношения означают среднее значение каждой из ширин.

Ширина  $W1$  зубчатой части 23, когда получается второе отношение, может быть, например, средним значением ширин трех точек с равными интервалами в радиальном направлении в зубчатой части 23. Эти три точки могут быть, например, тремя точками, включающими в себя внутренний край зубчатой части 23 в радиальном направлении, внутренний край зубчатой части 23 в радиальном направлении и центр зубчатой части 23 в радиальном направлении.

Дополнительно, ширина  $W1a$  первой части 44a, когда второе отношение получается, может быть, например, средним значением ширин в каждой из трех точек с равными интервалами в радиальном направлении в первой части 44a. Три точки могут быть, например, тремя точками, включающими в себя внутренний край первой части 44a (зубчатой части 23) в радиальном направлении, внутренний край первой части 44a (зубчатой части 23) в радиальном направлении и центр первой части 44a (зубчатой части 23) в радиальном направлении.

Такое второе отношение определяется для каждой из зубчатых частей 23. В настоящем варианте осуществления вторые отношения для всех зубчатых частей 23 являются одинаковыми. Здесь, тот факт, что вторые отношения для всех зубчатых частей 23 являются одинаковыми, включает в себя случай, в котором вторые отношения для зубчатых частей 23 являются различными, но разница между ними является небольшой. Когда разница является небольшой, например второе отношение для каждой из зубчатых частей 23 содержится в диапазоне в пределах  $\pm 5\%$  относительно среднего значения для вторых

отношений. В этом случае, вторые отношения для всех зубчатых частей 23 означают среднее значение второго отношения для каждой из зубчатых частей 23.

В статоре 20I первое отношение равно 33% или менее. Кроме того, в иллюстрированном примере, первое отношение равно 5% или более.

Дополнительно, в статоре 20I, второе отношение равно 10% или менее. Кроме того, в иллюстрированном примере, второе отношение равно 5% или более. В настоящем варианте осуществления вторые отношения для всех зубчатых частей 23 равны 10% или менее и 5% или более.

В статоре 20I, первое отношение равно или больше второго отношения.

Первое отношение равно 33% или менее, а второе отношение равно 10% или менее. Когда оба отношения являются большими, доля площади склеивания становится выше. Следовательно, доля площади склеивания может быть уменьшена до соответствующего значения или менее, например 40% или менее посредством сохранения обоих отношений соответственно небольшими.

Здесь, даже когда одно из первого отношения и второго отношения является очень высоким (например, более 50%), а другое является очень низким (например, 0%), сама доля площади склеивания может быть ограничена соответствующим значением или меньшим. Однако в этом случае, существует вероятность того, что склеивание может быть локально недостаточным на части 22 спинки сердечника или зубчатой части 23.

С другой стороны, в сердечнике 21 статора, первое отношение и второе отношение ниже некоторого значения, а одно из отношений является не очень высоким. Следовательно, представляется возможным легко обеспечивать прочность склеивания в каждой из части 22 спинки сердечника и зубчатой части 23, в то время как доля площади склеивания ограничивается соответствующим значением или меньшим. Например, когда оба отношения равны 5% или более, представляется возможным легко обеспечивать хорошую прочность склеивания в каждой из части 22 спинки сердечника и зубчатой части 23.

В целом, форма зубчатой части 23 ограничивается согласно, например, числу полюсов и числу прорезей. Таким образом, нелегко регулировать ширину W1 зубчатой части 23. С другой стороны, вышеописанное ограничение не возникает в части 22 спинки сердечника, и ширина W2 части 22 спинки сердечника может быть легко отрегулирована. Кроме того, часть 22 спинки сердечника должна обеспечивать прочность для сердечника 21 статора. Следовательно, ширина W2 части 22 спинки сердечника имеет склонность быть широкой.

Вследствие вышеупомянутого, можно сказать, что ширина W2 части 22 спинки сердечника имеет склонность быть шире по сравнению с шириной W1 зубчатой части 23. Следовательно, магнитный поток широко рассеивается в части 22 спинки сердечника в поперечном направлении, и плотность магнитного потока в части 22 спинки сердечника имеет тенденцию быть более низкой по сравнению с плотностью магнитного потока в зубчатой части 23. Следовательно, даже когда натяжение возникает в листе 40 электротехнической стали вследствие клеевой части 41, и натяжение возникает в части 22 спинки сердечника, влияние на магнитные свойства становится меньшим по сравнению с тем, когда натяжение возникает в зубчатой части 23.

Когда первое отношение равно или больше второго отношения, можно сказать, что клеевая часть 41 равномерно распределена в части 22 спинки сердечника по сравнению с зубчатой частью 23. Здесь, как описано выше, когда натяжение возникает в части 22 спинки сердечника, влияние на магнитные свойства меньше по сравнению с тем, когда натяжение возникает в зубчатой части 23. Таким образом, влияние на магнитные свойства, создаваемое на листе 40 электротехнической стали, может быть ограничено до небольшого, в то время как доля площади склеивания обеспечивается посредством установления первого отношения равным или большим по сравнению со вторым отношением.

В роторе вышеописанного варианта осуществления, хотя набор из двух постоянных магнитов 32 формирует один магнитный полюс, настоящее изобретение не ограничивается 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, хотя электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами был описан в качестве примера электродвигателя, конструкция электродвигателя не ограничивается этим, как иллюстрировано ниже, и различные известные конструкции, не приведенные в пример ниже, могут также быть применены.

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

В вышеописанном варианте осуществления, хотя синхронный электродвигатель был описан в качестве примера электродвигателя переменного тока, настоящее изобретение не ограничивается этим. Например, электродвигатель может представлять собой индукционный электродвигатель.

В вышеописанном варианте осуществления, хотя электродвигатель переменного тока был описан в качестве примера электродвигателя, настоящее изобретение не ограничивается этим. Например, электродвигатель может представлять собой электродвигатель постоянного тока.

В вышеописанном варианте осуществления, хотя электродвигатель был описан в качестве примера электродвигателя, настоящее изобретение не ограничивается этим. Например, электродвигатель может представлять собой генератор.

В вышеописанном варианте осуществления, хотя случай, в котором шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению применяется к сердечнику статора, приводится в качестве примера, он может также быть применен к сердечнику ротора.

Кроме того, представляется возможным заменять компоненты в вышеописанном варианте осуществления хорошо известными компонентами при необходимости без отступления от духа настоящего изобретения, и вышеописанные модифицированные примеры могут быть соответствующим образом объединены.

Далее, проверочные испытания (первое проверочное испытание и второе проверочное испытание) для проверки вышеописанного действия и результатов были выполнены. Эти проверочные испытания были выполнены посредством моделирования с помощью программного обеспечения, за исключением проверки прочности склеивания, которая будет описана позже. В качестве программного обеспечения было использовано программное обеспечение моделирования электромагнитного поля на основе метода конечных элементов JMAG, произведенное корпорацией JSOL.

Первое проверочное испытание.

Фиг. 8-14 показывают статоры 20B-20G, которые были смоделированы в этом проверочном испытании. В каждом из статоров 20B-20G статор 20 согласно варианту осуществления, показанному на фиг. 1-4, был использован в качестве базовой конструкции, и следующие моменты изменяются относительно статора. Т.е. толщина пластины листа 40 электротехнической стали была задана в 0,25 мм или 0,20 мм. Дополнительно, как показано на фиг. 8-13, во всех статорах 20B-20G, имеющих два типа толщин пластины, доля площади склеивания каждого из листов 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 было сделано отличающимся друг от друга на 20% от 0 до 100% (12 типов всего).

Потери в стали каждого из листов 40 электротехнической стали, составляющих 12 типов статоров 20B-20G, были получены посредством вышеописанного моделирования. Дополнительно, в качестве цели сравнения, как в статоре 20H, показанном на фиг. 14, потери в стали листа 40 электротехнической стали в статоре 20H, в котором множество листов 40 электротехнической стали, все являются закрепленными, также получены. Что касается статора 20H, который должен сравниваться, потери в стали были получены для двух типов, когда толщина пластины была 0,25 мм или 0,20 мм. Статор 20H, который должен сравниваться, включает в себя множество креплений C1 и C2. Крепления C1 и C2 включают в себя первое крепление C1, предусмотренное на части 22 спинки сердечника, и второе крепление C2, предусмотренное на зубчатой части 23. Отношение площади, занимаемой креплениями C1 и C2, к первой поверхности листа 40 электротехнической стали, равно приблизительно 3,2%.

Результаты показаны в графике на фиг. 15. В графике на фиг. 15 горизонтальная ось является долей площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41. Вертикальная ось является значением (отношением потерь в стали), полученным делением потерь в стали листа 40 электротехнической стали в каждом из статоров 20B-20G на потери в стали листа 40 электротехнической стали в статоре 20H, который должен сравниваться (статор 20H имеет ту же толщину пластины листа 40 электротехнической стали). Когда потери в стали листа 40 электротехнической стали в каждом из статоров 20B-20G являются эквивалентными потерям в стали в статоре 20H, который должен сравниваться, отношение потерь в стали равно приблизительно 100%. Когда отношение потерь в стали становится меньшим, потери в стали листа 40 электротехнической стали становятся меньше, и магнитные свойства статоров 20B-20G являются превосходными.

В графике, показанном на фиг. 15, 12 типов статоров 20B-20G были разделены на две группы, и результаты каждой из групп были подытожены в качестве линейного графика. Шесть статоров 20B-20G, имеющих толщину пластины 0,25 мм листа 40 электротехнической стали, были назначены в качестве первой группы, и шесть статоров 20B-20G, имеющих толщину пластины 0,20 мм листа 40 электротехнической стали, были назначены в качестве второй группы.

Из графика, показанного на фиг. 15, может быть подтверждено, что статоры 20E-20G, в которых доля площади склеивания листа 40 электротехнической стали посредством клеевой части 41 равна 40% или меньше, имеют потери в стали, эквивалентные потерям в стали статора 20H, который должен сравниваться.

Второе проверочное испытание.

Это проверочное испытание является проверочным испытанием для первого отношения и второго отношения.

Каждый из статоров, смоделированных в этом проверочном испытании, имеет конструкцию статора 20I согласно второму модифицированному примеру, показанному на фиг. 6 и 7, в качестве базовой конструкции.

В каждом из статоров первое отношение и второе отношение были изменены посредством изменения формы клеевой части 41, в то же время сохраняя форму листа 40 электротехнической стали, какой она была. В частности, ширины W1a и W2a клеевой части 41 были сужены, чтобы изменять первое

отношение и второе отношение. В каждом из статоров клеевая часть 41 была размещена без промежутка относительно периферийного края листа 40 электротехнической стали.

Примеры 1-3 и сравнительный пример 1.

В каждом из статоров из примеров 1-3 и сравнительного примера 1 первое отношение было зафиксировано, и затем второе отношение было изменено. Затем, отношение областей склеивания и прочность склеивания были подтверждены для каждого из статоров.

Табл. 1 показывает результаты значений первого отношения и второго отношения, отношения площадей склеивания и прочности склеивания для каждого из статоров из примеров 1-3 и сравнительного примера 1.

Таблица 1

|                              | Пример 1 | Пример 2     | Пример 3     | Сравнительный пример 1 |
|------------------------------|----------|--------------|--------------|------------------------|
| Первое отношение, (%)        | 33       | 33           | 33           | 33                     |
| Второе отношение, (%)        | 5        | 7            | 10           | 13                     |
| Доля площади склеивания, (%) | 37       | 38           | 40           | 42                     |
| Прочность склеивания         | Хорошая  | Превосходная | Превосходная | Превосходная           |

В табл. 1 прочность склеивания была оценена в состоянии, в котором множество электродвигателей были изготовлены посредством нанесения обмотки в прорези, после того как сердечник статора был изготовлен. Пять сердечников статора были изготовлены для каждого из примеров. В это время, когда ни одна из части спинки сердечника и зубчатой части не подверглась воздействию во всех пяти сердечниках статора, т.е. и в части спинки сердечника, и в зубчатой части, когда сердечник статора не был расслоен (клеевая часть была повреждена, листы электротехнической стали рядом друг с другом были расслоены), она считалась превосходной. В результате намотки, только в одном из пяти сердечников статора, хотя расслоение сердечника статора произошло в части зубчатой части, она была оценена как хорошая, когда форма зубчатой части не подверглась воздействию во время завершения намотки. В результате намотки в двух или более из пяти сердечников статора, хотя расслоение сердечника статора произошло в зубчатой части, она была оценена как приемлемая, когда форма зубчатой части не подверглась воздействию во время завершения намотки. Другие случаи были оценены как неприемлемые.

В каждом из статоров из примеров 1-3 и сравнительного примера 1 первое отношение было задано в 33%. Затем, второе отношение было изменено.

Вследствие вышеуказанных результатов, когда первое отношение равно 33%, доля площади склеивания равна 40%, даже когда второе отношение равно 10% (пример 3). Однако когда второе отношение превысило 10%, например 13% (сравнительный пример 1), было подтверждено, что доля площади склеивания превысило 40%. Дополнительно, когда второе отношение стало 5% (пример 1), было подтверждено, что был сердечник статора, в котором расслоение зубчатой части произошло, и что прочность склеивания слегка подверглась воздействию.

Примеры 11-13 и сравнительный пример 11.

В каждом из статоров из примеров 11-13 и сравнительного примера 11 второе отношение было зафиксировано, и затем первое отношение было изменено. Затем, отношение областей склеивания и прочность склеивания были подтверждены для каждого из статоров.

Табл. 2 показывает результаты значений первого отношения и второго отношения, отношения площадей склеивания и прочности склеивания для каждого из статоров из примеров 11-13 и сравнительного примера 11.

Таблица 2

|                              | Пример 11 | Пример 12    | Пример 13    | Сравнительный пример 11 |
|------------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------------------|
| Первое отношение, (%)        | 4.9       | 6.6          | 33           | 36                      |
| Второе отношение, (%)        | 10        | 10           | 10           | 10                      |
| Доля площади склеивания, (%) | 12        | 13           | 40           | 43                      |
| Прочность склеивания         | Хорошая   | Превосходная | Превосходная | Превосходная            |

В табл. 2 критериями оценки для прочности склеивания были наличие или отсутствие расслоения верхней и нижней поверхностей сердечника статора, вызванного контактом между статором и кожухом, когда статор был вставлен в кожух, после того как статор был изготовлен, и степень расслоения. Пять статоров были изготовлены для каждого из примеров. Во время вставки статора в кожух, когда ни одна из части спинки сердечника и зубчатой части не подверглась воздействию во всех пяти статорах, т.е. в части спинки сердечника и в зубчатой части, когда сердечник статора не был расслоен (клеевая часть была повреждена, листы электротехнической стали рядом друг с другом были расслоены), она считалась превосходной. Во время вставки, только в одном из пяти статоров, хотя отслоение сердечника статора произошло в части спинки сердечника, она была оценена как хорошая, когда форма части спинки сердечника не подверглась воздействию во время завершения вставки. Во время вставки, в двух или более из пяти статоров, случай, в котором расслоение сердечника статора произошло в зубчатой части, и форма части спинки сердечника не была подвергнута воздействию во время завершения вставки, был оценен как приемлемый. Другие случаи были оценены как неприемлемые.

В каждом из статоров из примеров 11-13 и сравнительного примера 11 второе отношение было задано в 10%. Затем, первое отношение было изменено.

Вследствие вышеописанных результатов, когда второе отношение было 10%, доля площади склеивания равна 40%, даже когда второе отношение было 33% (пример 13). Однако когда первое отношение превысило 33%, например 36% (сравнительный пример 11), было подтверждено, что доля площади склеивания превысила 40%. Дополнительно, когда первое отношение стало 4,9% (пример 11), и статор был вставлен в кожух, было подтверждено, что верхняя поверхность части спинки сердечника была расслоена в некоторых из статоров, и, таким образом, прочность склеивания слегка подверглась воздействию.

Пример 21.

В статоре из примера 21 первое отношение было 6,6%, а второе отношение было 7%. Когда доля площади склеивания в этом статоре была подтверждена, она составила 12%.

Промышленная применимость.

Согласно настоящему изобретению, можно улучшать магнитные свойства. Следовательно, промышленная применимость является широкой.

#### Краткое описание ссылок с номерами

- 10 - электродвигатель,
- 21 - сердечник статора (шихтованный сердечник),
- 22 - часть спинки сердечника,
- 23 - зубчатая часть,
- 40 - лист электротехнической стали,
- 41 - клеевая часть,
- 42 - область склеивания,
- 43 - область без склеивания.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шихтованный сердечник, содержащий:

множество листов электротехнической стали, уложенных пакетом друг на друга с изоляционным покрытием на обеих их поверхностях; и

клеевую часть, размещенную между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и сконфигурированную, чтобы приклеивать листы электротехнической стали друг к другу,

при этом доля площади склеивания листа электротехнической стали посредством клеевой части равна 1% или более и 40% или менее,

при этом лист электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые выступают из упомянутой части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и размещаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника,

при этом клеевая часть включает в себя вторую клеевую часть, размещенную вдоль внутреннего периферийного края листа электротехнической стали,

причем вторая клеевая часть включает в себя множество зубчатых частей второй клеевой части и множество частей спинки сердечника второй клеевой части,

множество зубчатых частей второй клеевой части размещены с интервалами в упомянутом окружном направлении, и соответственно, располагаются во множестве упомянутых зубчатых частей, и

множество частей спинки сердечника второй клеевой части расположены в упомянутой кольцевой части спинки сердечника и соединяют зубчатые части второй клеевой части рядом друг с другом в упомянутом окружном направлении.



2. Шихтованный сердечник по п.1, при этом доля площади склеивания равна 1% или более и 20% или менее.

3. Шихтованный сердечник по п.1, при этом область без склеивания листа электротехнической стали, в которой клеевая часть не предусмотрена, формируется между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой клеевая часть предусмотрена, и периферийным краем листа электротехнической стали.

4. Шихтованный сердечник по п.3, при этом клеевая часть включает в себя первую клеевую часть, размещенную вдоль внешнего периферийного края листа электротехнической стали, и область без склеивания листа электротехнической стали формируется между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой первая клеевая часть предусмотрена, и внешним периферийным краем листа электротехнической стали.

5. Шихтованный сердечник по п.3 или 4, при этом область без склеивания листа электротехнической стали формируется между областью склеивания листа электротехнической стали, в которой вторая клеевая часть предусмотрена, и внутренним периферийным краем листа электротехнической стали.

6. Шихтованный сердечник по п.1, при этом площадь склеивания части спинки сердечника посредством клеевой части равна или больше площади склеивания зубчатой части посредством клеевой части.

7. Шихтованный сердечник по п.1, при этом лист электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество зубчатых частей, которые выступают внутрь из части спинки сердечника в радиальном направлении части спинки сердечника и размещаются с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника,

клеевая часть включает в себя первую клеевую часть, размещенную вдоль внешнего периферийного края листа электротехнической стали, и вторую клеевую часть, размещенную вдоль внутреннего периферийного края листа электротехнической стали,

первое отношение, которое является отношением ширины фрагмента первой клеевой части, размещенной вдоль внешнего периферийного края части спинки сердечника, к ширине части спинки сердечника, равно 33% или менее, и

второе отношение, которое является отношением ширины фрагмента второй клеевой части, размещенной вдоль бокового края зубчатой части, к ширине зубчатой части, равно 10% или менее.

8. Шихтованный сердечник по п.7, при этом первое отношение равно 5% или более, а второе отношение равно 5% или более.

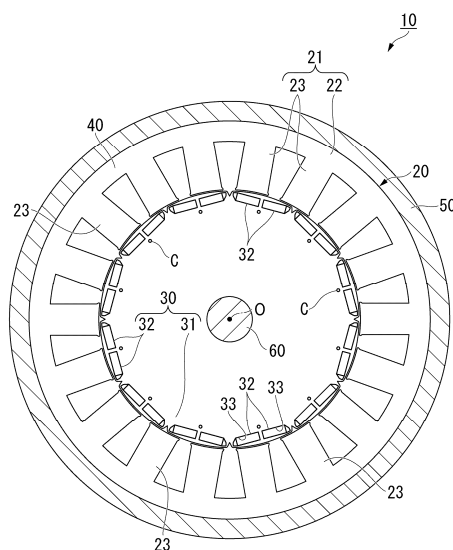
9. Шихтованный сердечник по п.7 или 8, при этом первое отношение равно или больше второго отношения.

10. Шихтованный сердечник по п.1, в котором средняя толщина клеевой части составляет 1,0-3,0 мкм.

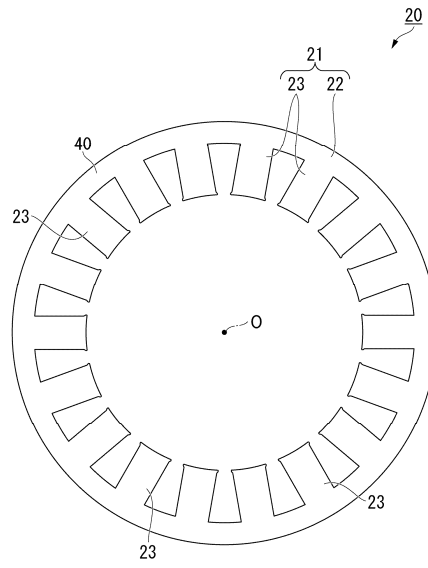
11. Шихтованный сердечник по п.1, в котором средний модуль Е упругости при растяжении клеевой части составляет 1500-4500 МПа.

12. Шихтованный сердечник по п.1, в котором клеевая часть представляет собой клеевой при комнатной температуре клеящий материал на акриловой основе, содержащий SGA, изготовленный из эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе.

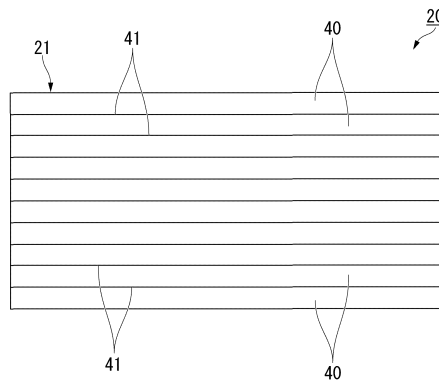
13. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп.1-12.



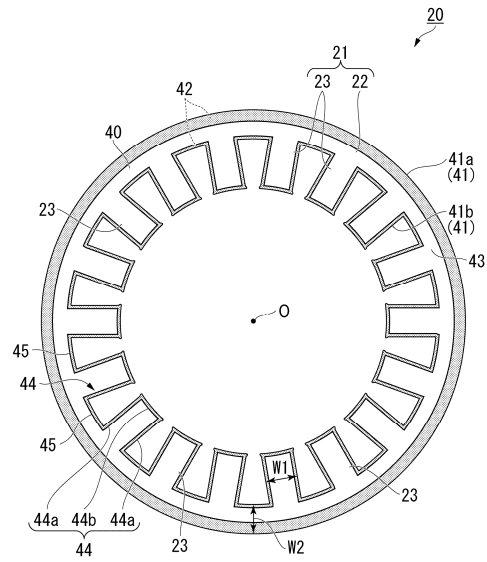
Фиг. 1



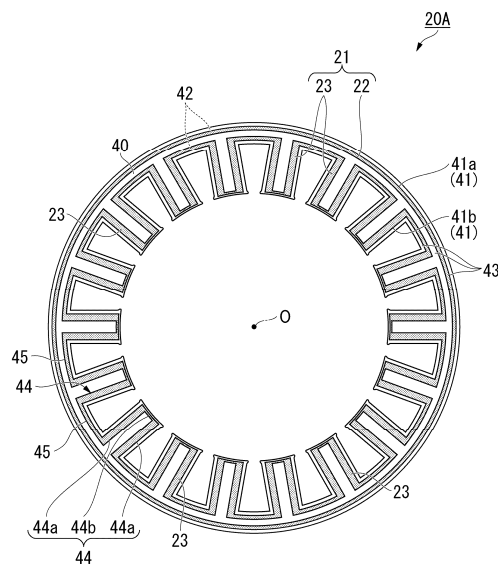
Фиг. 2



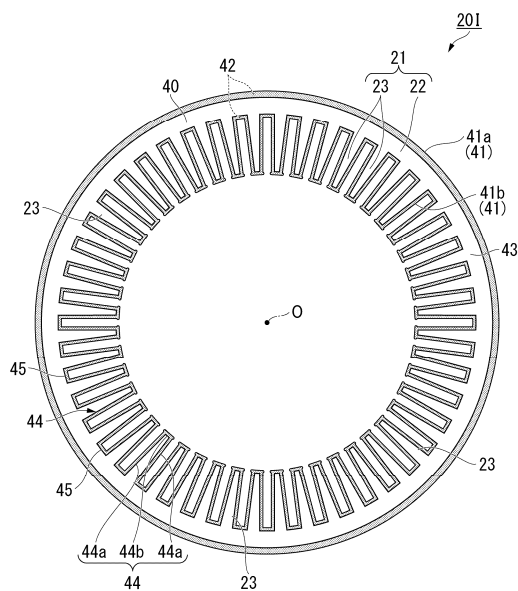
Фиг. 3



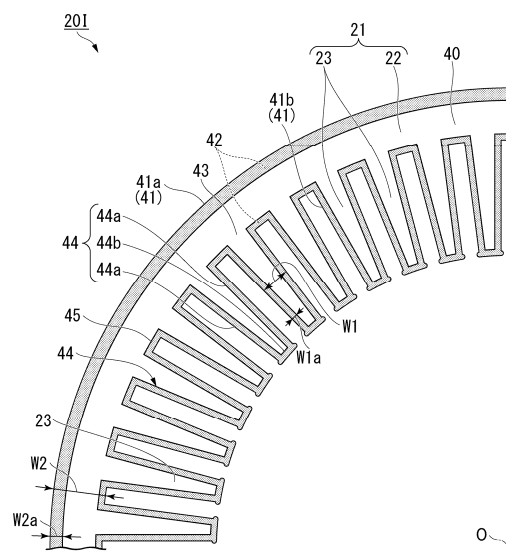
Фиг. 4



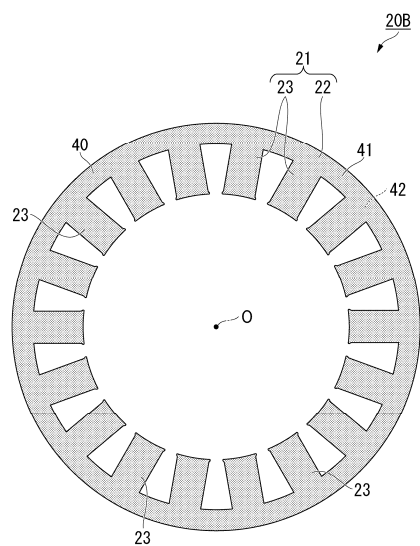
Фиг. 5



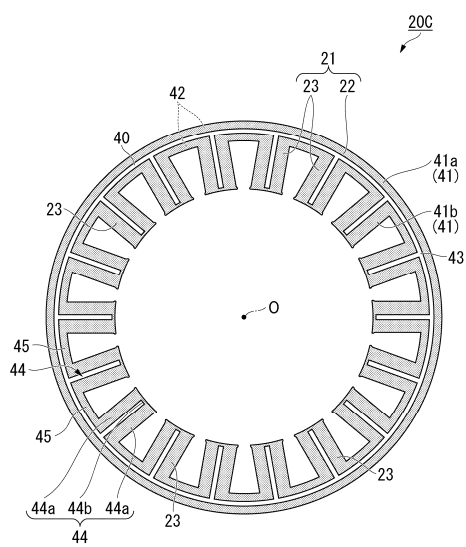
Фиг. 6



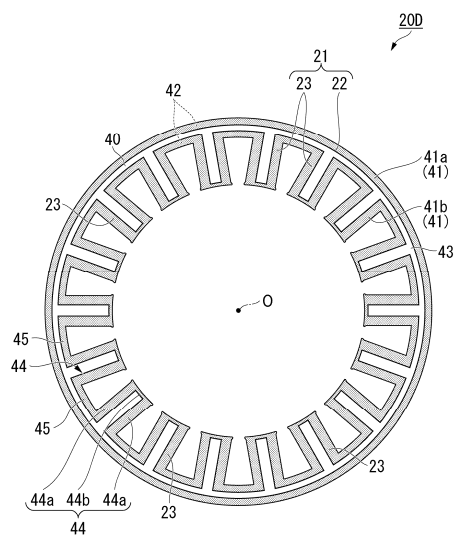
Фиг. 7



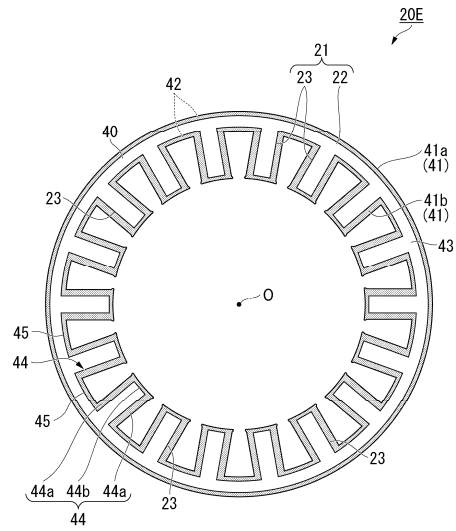
Фиг. 8



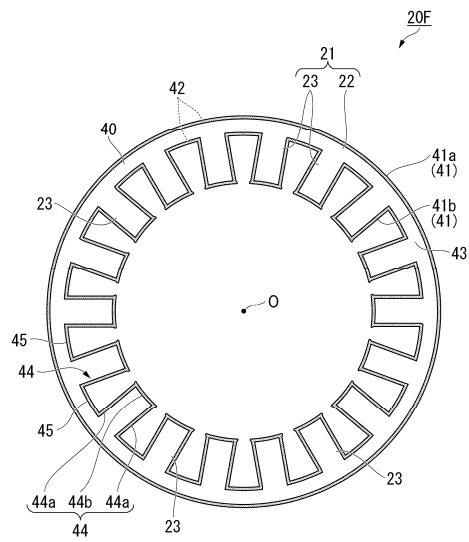
Фиг. 9



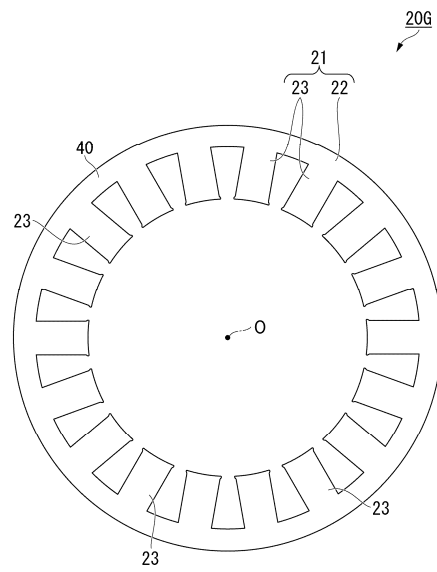
Фиг. 10



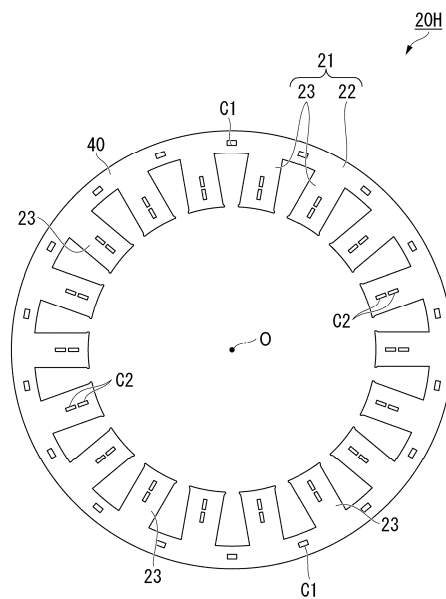
Фиг. 11



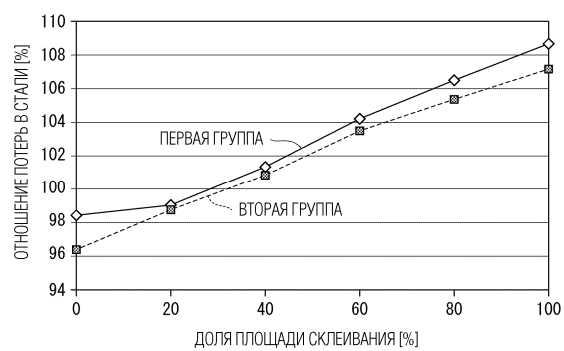
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

