

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042581**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.01

(21) Номер заявки
202192060

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(51) Int. Cl. **H02K 1/18** (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01)
H01F 27/245 (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)
H02K 1/04 (2006.01)
H02K 1/30 (2006.01)
H02K 15/02 (2006.01)

(54) КЛЕЕНО-ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК, СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

(31) **2018-235871**

(32) **2018.12.17**

(33) **JP**

(43) **2021.12.31**

(86) **PCT/JP2019/049316**

(87) **WO 2020/129951 2020.06.25**

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

(72) Изобретатель:
**Фудзии Хироясу, Такатани Синсукэ,
Такеда Кадзутоси (JP)**

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

(56) JP-A-201711863
JP-A-2016140134
JP-A-2003200404
WO-A1-2014102915
JP-A-2015180150
JP-A-201677053

(57) Клеено-шихтованный сердечник включает в себя множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга и обе поверхности которых покрыты изоляционным покрытием; и клеевую часть, которая предусматривается между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и приклеивает листы электротехнической стали друг к другу, при этом клеящий материал, формирующий клеевую часть, содержит органический полимер и неорганический наполнитель, в котором 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 0,2-3,5 мкм, при этом 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 10,0 мкм или меньше, при этом количество неорганического наполнителя составляет 5-50 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.

B1**042581****042581****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к клеено-слоистому сердечнику, способу его изготовления и электродвигателю.

Данная заявка притязает на приоритет заявки на патент (Япония) № 2018-235871, зарегистрированной 17 декабря 2018 г., содержимое которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Предпосылки создания изобретения

Традиционно известен клеено-шихтованный сердечник, используемый в электродвигателях, трансформаторах и т.п. Клеено-шихтованный сердечник имеет конфигурацию, в которой множество тонких листов электротехнической стали уложены пакетом поверх и объединяются друг с другом посредством клеящего материала. В клеено-слоистом сердечнике затруднительно поддерживать плоскостность в соответствии с увеличением числа многоярусных листов электротехнической стали. В клеено-слоистом сердечнике, имеющем плохую плоскостность, клеено-шихтованный сердечник может не стоять вертикально, клеено-шихтованный сердечник может быть наклонен, точность клеено-шихтованного сердечника может быть не стабильной и магнитные свойства клеено-слоистого сердечника поэтому могут ухудшаться.

Чтобы решить эти проблемы, например, патентный документ 1 предлагает клеено-шихтованный сердечник, в котором листы электротехнической стали приклеиваются друг к другу посредством клеящего материала, содержащего эпоксидную смолу и каучуковый компонент, и количество клеящего материала, выдавливаемого из внешнего окружного участка листа электротехнической стали, снижается. Клеено-шихтованный сердечник по патентному документу 1 предназначен для повышения точности толщины пленки клеевой части.

Список библиографических ссылок

Патентные документы.

Патентный документ 1.

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация № 2014-096429.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением.

Тем не менее в клеено-слоистом сердечнике патентного документа 1 по-прежнему имеется запас для дополнительного улучшения плоскостности и повышения коэффициента заполнения.

Настоящее изобретение осуществлено в свете вышеописанных обстоятельств, и цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять клеено-шихтованный сердечник, допускающий дополнительное улучшение плоскостности и повышение коэффициента заполнения, способ его изготовления и электродвигатель.

Средство решения проблемы.

Считается, что расширение или сжатие клеевой части может подавляться, когда неорганический наполнитель смешивается с клеевой частью для приклеивания листов электротехнической стали друг к другу.

Когда расширение клеевой части подавляется, нетрудно повышать коэффициент заполнения клеено-слоистого сердечника. Увеличение коэффициента заполнения клеено-слоистого сердечника означает увеличение доли листа электротехнической стали в поперечном сечении клеено-слоистого сердечника в направлении укладки. Это означает, что силовые линии магнитного поля могут формироваться при высокой плотности, когда силовые линии магнитного поля формируются в клеено-слоистом сердечнике посредством возбуждения от тока в обмотке. Таким образом, увеличение коэффициента заполнения клеено-слоистого сердечника означает улучшение магнитных свойств клеено-слоистого сердечника.

Когда 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя, содержащегося в клеевой части, является небольшим, считается, что клеено-шихтованный сердечник может легко устанавливаться вертикально, может легко уплотняться и увеличивать коэффициент заполнения.

Тем не менее авторы настоящего изобретения обнаружили, что плоскостность клеено-слоистого сердечника определяется не только посредством 50%-ного размера частиц (центрального размера частиц) неорганического наполнителя или среднего размера частиц неорганического наполнителя (среднего арифметического размера частиц всех частиц неорганического наполнителя), но также и посредством 90%-ного размера частиц неорганического наполнителя или максимального размера частиц неорганического наполнителя. Таким образом, авторы настоящего изобретения обнаружили, что плоскостность клеено-слоистого сердечника определяется посредством компонента, имеющего большой размер частиц в совокупности частиц неорганического наполнителя.

Считается, что крупные частицы доминируют над зазорами между листами электротехнической стали, когда "крупные частицы" присутствуют в совокупности частиц неорганического наполнителя, даже когда 50%-ный размер частиц или средний размер частиц неорганического наполнителя является небольшим.

Авторы настоящего изобретения провели тщательное изучение, чтобы разрешить вышеописанные проблемы. Как результат, авторы настоящего изобретения обнаружили, что плоскостность клеено-слоистого сердечника может дополнительно улучшаться и коэффициент заполнения клеено-слоистого

сердечника может повышаться посредством уменьшения 50%-ного размера частиц неорганического наполнителя, содержащегося в клеевой части, и уменьшения 90%-ного размера частиц неорганического наполнителя, содержащегося в клеевой части, и так осуществили настоящее изобретение.

Таким образом, настоящее изобретение имеет следующие аспекты.

(1) Первый аспект настоящего изобретения представляет собой клеено-шихтованный сердечник, включающий в себя множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга и обе поверхности которых покрыты изоляционным покрытием; и клеевую часть, которая предусматривается между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и приклеивает листы электротехнической стали друг к другу, при этом клеящий материал, формирующий клеевую часть, содержит органический полимер и неорганический наполнитель, в котором 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 0,2-3,5 мкм, при этом 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 10,0 мкм или меньше, при этом количество неорганического наполнителя составляет 5-50 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.

(2) В клеено-слоистом сердечнике согласно вышеуказанному (1) максимальный размер частиц неорганического наполнителя может составлять 30,0 мкм или меньше.

(3) В клеено-слоистом сердечнике согласно вышеуказанному (1) или (2) неорганический наполнитель может содержать одно или более, выбранное из оксида металла и гидроксида металла.

(4) В клеено-слоистом сердечнике согласно любому из вышеуказанного (1)-(3) неорганический наполнитель может содержать одно или более, выбранное из гидроксида алюминия и оксида алюминия.

(5) Клеено-шихтованный сердечник согласно любому из вышеуказанного (1)-(4) может быть предназначен для статора.

(6) Второй аспект настоящего изобретения представляет собой способ изготовления клеено-слоистого сердечника согласно любому из вышеуказанного (1)-(5), при котором повторяют операция нанесения клеящего материала на часть поверхности листа электротехнической стали, укладки листа электротехнической стали на другой лист электротехнической стали, пакетирования сжатием листов электротехнической стали и формирования клеевой части.

(7) Третий аспект настоящего изобретения представляет собой электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник согласно любому из вышеуказанного (1)-(5).

Преимущества изобретения.

Согласно клеено-слоистому сердечнику настоящего изобретения можно дополнительно улучшать плоскостность и повышать коэффициент заполнения.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 является видом в сечении электродвигателя, включающего в себя клеено-шихтованный сердечник согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 является видом сбоку клеено-слоистого сердечника, показанного на фиг. 1.

Фиг. 3 является видом в сечении А-А по фиг. 2.

Фиг. 4 является видом сбоку, показывающим схематичную конфигурацию устройства для изготовления клеено-слоистого сердечника.

Варианты осуществления для реализации изобретения

В дальнейшем в настоящем документе описывается клеено-шихтованный сердечник согласно варианту осуществления настоящего изобретения и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник, со ссылкой на чертежи. Дополнительно в этом варианте осуществления в качестве примера описывается электродвигатель в качестве электродвигателя, а именно электродвигатель переменного тока, более конкретно синхронный электродвигатель, еще более конкретно электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами. Такой электродвигатель надлежащим образом используется, например, в электротранспортном средстве и т.п.

Как показано на фиг. 1, 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 этом варианте осуществления электродвигатель 10 имеет тип с внутренним ротором, в котором ротор 30 расположен на внутренней части статора 20. Тем не менее электродвигатель 10 может иметь тип с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен за пределами статора 20. Дополнительно в этом варианте осуществления электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока с 12-полюсами и 18 прорезями. Тем не менее число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может изменяться надлежащим образом.

Электродвигатель 10 может вращаться при частоте вращения в 1000 об/мин, например, посредством приложения тока возбуждения, имеющего эффективное значение в 10 А и частоту в 100 Гц, к каждой фазе.

Статор 20 включает в себя сердечник 21 статора и обмотку (не показана).

Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23. В дальнейшем в этом документе направление центральной оси О сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "осевым направлением", радиальное направление (направ-

ление, ортогональное к центральной оси О) сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "радиальным направлением" и окружное направление (направление, чтобы двигаться по орбите вокруг центральной оси О) сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "окружным направлением".

Часть 22 спинки сердечника формируется в охватывающей кольцевой форме при виде сверху, когда статор 20 рассматривается из осевого направления.

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 размещаются с равными интервалами в окружном направлении. В этом варианте осуществления восемнадцать зубчатых частей 23 предоставляются с интервалами центральных углов в 20° вокруг центральной оси О. Множество зубчатых частей 23 формируются с возможностью иметь идентичную форму и идентичный размер.

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

Ротор 30 располагается на внутренней стороне радиального направления относительно статора 20 (сердечника 21 статора). Ротор 30 включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32.

Сердечник 31 ротора имеет кольцевую форму (замкнутую кольцевую форму) с возможностью размещаться 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 этом 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 этом варианте осуществления двенадцать наборов (двадцать четыре всего) постоянных магнитов 32 предоставляются с интервалами центральных углов в 30° вокруг центральной оси О.

В этом варианте осуществления электродвигатель с внутренними постоянными магнитами используется в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами.

Множество сквозных отверстий 33, проникающих 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 при расположении в соответствующем сквозном отверстии 33. Каждый постоянный магнит 32 может прикрепляться к сердечнику 31 ротора, например, так что внешняя поверхность постоянного магнита 32 и внутренняя поверхность сквозного отверстия 33 приклеиваются друг к другу посредством клеящего материала. Дополнительно в качестве постоянного магнитного электродвигателя электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами может использоваться вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

Как сердечник 21 статора, так и сердечник 31 ротора представляют собой клеено-слоистые сердечники. Как показано на фиг. 2, статор 20 формируется посредством укладки пакетом множества листов 40 электротехнической стали.

В статоре 20 клеевая часть 41 для склеивания этих листов 40 электротехнической стали предусматривается между листами 40 электротехнической стали, которые являются смежными друг с другом в направлении укладки, и листы 40 электротехнической стали приклеиваются друг к другу посредством клеевой части 41. Таким образом, в статоре 20 множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, уложены пакетом, при этом клеевая часть 41 размещается между ними.

Толщина многослойной пластины каждого 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 наслаивания, внешний диаметр или внутренний диаметр сердечника 21 статора и толщина наслаивания, внешний диаметр или внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями. Здесь внутренний диаметр сердечника 21 статора основан на вершине зубчатой части 23 сердечника 21 статора. Внутренний диаметр сердечника 21 статора представляет собой диаметр виртуальной окружности, вписываемой в вершины 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. Известные листы электротехнической стали могут использоваться в качестве листов 40 электротехнической стали. Химический состав листов 40 электротехнической стали не ограничен конкретным образом. В этом 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 лист электротехнической стали с ориентированной зеренной структуры может использоваться вместо листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. В качестве листа электротехнической стали с ориентированной зеренной структуры может использоваться полоса электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012.

Чтобы улучшать обрабатываемость листа электротехнической стали или потери в стали слоистого сердечника, изоляционное покрытие предусматривается на обеих поверхностях листа 40 электротехнической стали. В качестве материала, составляющего изоляционное покрытие, например, может наноситься (1) неорганическое соединение, (2) органический полимер, (3) смесь неорганического соединения и органического полимера и т.п. Примеры неорганического соединения включают в себя (1) комплексное соединение бихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния, (3) фосфат и т.п. Примеры органического полимера включают в себя эпоксидную смолу, акриловую смолу, акриловую стирольную смолу, полиэфирную смолу, силиконовую смолу, фторсмолу и т.п.

Органический полимер может быть идентичным или отличающимся от органического полимера, содержащегося в клеящем материале, описанном ниже.

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

С другой стороны, эффект изоляции становится насыщенным, по мере того как изоляционное покрытие становится толстым. Дополнительно, по мере того как изоляционное покрытие становится толстым, коэффициент заполнения уменьшается и рабочие характеристики в качестве клеено-слоистого сердечника ухудшаются. Таким образом, изоляционное покрытие должно быть максимально возможно тонким в диапазоне, допускающем обеспечение 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. Толщина изоляционного покрытия более предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше и 2 мкм или меньше.

Толщина изоляционного покрытия может измеряться, например, посредством наблюдения поверхности среза листа 40 электротехнической стали, разрезаемого в направлении толщины, с помощью микроскопа и т.п.

По мере того как лист 40 электротехнической стали становится тонким, эффект улучшения потерь в стали постепенно становится насыщенным. Дополнительно затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются по мере того, как лист 40 электротехнической стали становится тонким. 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, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,65 мм или меньше с учетом обработки вырубки прессованием листа 40 электротехнической стали.

Дополнительно потери в стали увеличиваются по мере того, как лист 40 электротехнической стали становится толстым. Следовательно, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,35 мм или меньше, более предпочтительно 0,25 мм или меньше и еще более предпочтительно 0,20 мм или меньше с учетом характеристик потерь в стали листа 40 электротехнической стали.

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

Толщина листа 40 электротехнической стали может измеряться, например, посредством микрометра и т.п.

Как показано на фиг. 3, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, уложены пакетом, при этом клеевая часть 41 размещается между ними. Клеевая часть 41 формируется в части 22 спинки сердечника и зубчатой части 23 сердечника 21 статора. Клеевая часть 41 формируется из внутренней окружности части 22 спинки сердечника внутрь в радиальном направлении (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении) в качестве клеевых частей 41a, 41b и 41c. Множество зубчатых частей 23, соответственно, содержат клеевые части 41b и 41c. Клеевая часть 41a формируется в каждой части 22 спинки сердечника в позиции, соответствующей множеству зубчатых частей 23.

Клеевая часть 41 представляет собой слой, который формируется посредством клеящего материала, содержащего органический полимер и неорганический наполнитель.

Органический полимер, составляющий клеящий материал, не ограничен конкретным образом, и его примеры включают в себя полиолефиновую смолу, акриловую смолу, полиуретановую смолу, эпоксидную смолу, полиамидную смолу, полиимидную смолу, полиэфирную смолу, силиконовую смолу и фтор-

смолю.

В качестве органического полимера акрилмодифицированная эпоксидная смола, полученная посредством привитой полимеризации акриловой смолы на эпоксидной смоле, является предпочтительной с точки зрения простого увеличения прочности склеивания клеевой части 41.

Примеры эпоксидной смолы включают в себя эпоксидные смолы, полученные посредством конденсации эпихлоргидрина и бисфенола в присутствии щелочного катализатора, эпоксидные смолы, полученные посредством конденсации эпихлоргидрина и бисфенола в низкомолекулярную эпоксидную смолу в присутствии щелочного катализатора и подвергания низкомолекулярной эпоксидной смолы и бисфенола в реакцию полиприсоединения и т.п. Здесь "низкомолекулярная эпоксидная смола" означает эпоксидную смолу, имеющую среднечисловой молекулярный вес, меньший 1200.

Эпоксидная смола может представлять собой эпоксиэфирную смолу, в которой комбинируется двухвалентная карбоновая кислота. Примеры двухвалентной карбоновой кислоты включают в себя янтарную кислоту, адипиновую кислоту, пимелиновую кислоту, азелаиновую кислоту, себациновую кислоту, додекандиоевую кислоту, гексагидрофталевую кислоту и т.п.

Примеры бисфенола включают в себя бисфенол А, бисфенол F, бисфенол AD и т.п., и бисфенол А и бисфенол F являются предпочтительными.

Примеры щелочного катализатора включают в себя гидрооксид натрия, гидрооксид калия и т.п.

Один тип этих эпоксидных смол может использоваться отдельно либо два или более типов могут использоваться в комбинации.

Среднечисловой молекулярный вес эпоксидной смолы предпочтительно составляет 1200-8000, более предпочтительно 2000-7000 и еще более предпочтительно 2500-7000. Когда среднечисловой молекулярный вес эпоксидной смолы равен или выше нижнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда среднечисловой молекулярный вес эпоксидной смолы равен или меньше верхнего предельного значения, нетрудно увеличивать стабильность клеевой части 41.

Среднечисловой молекулярный вес эпоксидной смолы может измеряться посредством эксклюзионной хроматографии по размеру (SEC), описанной в JIS K 7252-1:2008, с использованием полистирола в качестве стандартного вещества.

Количество эпоксидной смолы предпочтительно составляет, например, 30-90% по массе, более предпочтительно 40-80% по массе и еще более предпочтительно 50-70% по массе относительно полной массы клеящего материала. Когда количество эпоксидной смолы равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда количество эпоксидной смолы равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно ослаблять натяжение, сформированное в листе 40 электротехнической стали.

Примеры акриловой смолы включают в себя акриловую смолу, полученную посредством полимеризации или сополимеризации по меньшей мере одной кислоты, выбранной из ненасыщенных карбоновых кислот, таких как акриловая кислота, метакриловая кислота, малеиновая кислота, итаконовая кислота и кротоновая кислота, акриловую смолу, полученную посредством сополимеризации по меньшей мере одного мономера, выбранного из ненасыщенных карбоновых кислот, и по меньшей мере одного мономера, выбранного из следующих радикально полимеризующихся ненасыщенных мономеров и т.п.

Примеры радикально полимеризующихся ненасыщенных мономеров включают в себя

(1) гидроксиалкиловые сложные эфиры акриловой кислоты или метакриловой кислоты с 1-8 атомами углерода, такие как 2-гидроксиэтилакрилат, 2-гидроксиэтилметакрилат, гидроксипропилакрилат и гидроксипропилметакрилат,

(2) алкиловые сложные эфиры или циклоалкиловые сложные эфиры акриловой кислоты или метакриловой кислоты с 1-24 атомами углерода, такие как метилакрилат, метилметакрилат, этилакрилат, этилметакрилат, n-бутилакрилат, n-бутилметакрилат, изобутилакрилат, изобутилметакрилат, трет-бутилакрилат, трет-бутилметакрилат, циклогексилакрилат, циклогексилметакрилат, 2-этилгексилакрилат, 2-этилгексилметакрилат, лаурилакрилат, лаурилметакрилат, стеарилакрилат, стеарилметакрилат и децилакрилат,

(3) функциональные акриламиды или функциональные метакриламиды, такие как акриламид, метакриламид, N-метилакриламид, N-этилакриламид, диацетонакриламид, N-метилолакриламид, N-метилолметакриламид, N-метилолметакриламид и N-бутоксиметилакриламид,

(4) ароматические виниловые мономеры, такие как стирол, винилтолуол и α -метилстирол,

(5) алифатические виниловые мономеры, такие как винилацетат, винилпропионат, акрилонитрил и метакрилонитрил и т.п.

Предпочтительные комбинации вышеуказанных ненасыщенных мономеров включают в себя, например, комбинацию метилметакрилата, 2-этилгексилакрилата и акриловой кислоты, комбинацию стирола, метилметакрилата, этилакрилата и метакриловой кислоты, комбинацию стирола, этилакрилата и метакриловой кислоты, комбинацию метилметакрилата, этилакрилата и акриловой кислоты и т.п.

Среднечисловой молекулярный вес акриловой смолы предпочтительно составляет 5000-100000, более предпочтительно составляет 6000-80000 и еще более предпочтительно составляет 7000-60000. Когда среднечисловой молекулярный вес акриловой смолы равен или выше нижнего предельного значения,

нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда среднечисловой молекулярный вес акриловой смолы равен или меньше верхнего предельного значения, нетрудно подавлять высокую вязкость клеящего материала и уплотнять клеевую часть 41.

Среднечисловой молекулярный вес акриловой смолы может измеряться посредством способа, идентичного способу для среднечислового молекулярного веса эпоксидной смолы.

Количество акриловой смолы предпочтительно составляет, например, 10-40% по массе, более предпочтительно 15-35% по массе и еще более предпочтительно 20-30% по массе относительно полной массы клеящего материала. Когда количество акриловой смолы равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда количество акриловой смолы равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно подавлять высокую вязкость клеящего материала и уплотнять клеевую часть 41. Следовательно, нетрудно подавлять натяжение клеено-шихтованного сердечника.

Акрилмодифицированная эпоксидная смола (в дальнейшем в этом документе, также называемая "привитым продуктом"), полученная, например, посредством привитой полимеризации акриловой смолы на эпоксидной смоле, может получаться посредством подвергания вышеописанного радикально полимеризующегося ненасыщенного мономера реакции привитой полимеризации для высокомолекулярной эпоксидной смолы в присутствии генератора радикалов, такого как перекись бензоила в растворе на основе органического растворителя. Здесь "высокомолекулярная эпоксидная смола" означает эпоксидную смолу, имеющую среднечисловой молекулярный вес в 1200 или больше.

Генератор радикалов, используемый в реакции привитой полимеризации, предпочтительно составляет 3-15 частей по массе относительно 100 частей по массе содержания твердых веществ радикально полимеризующегося ненасыщенного мономера.

Реакция привитой полимеризации может выполняться, например, посредством добавления радикально полимеризующегося ненасыщенного мономера, который равномерно смешивается с генератором радикалов, в раствор на основе органического растворителя высокомолекулярной эпоксидной смолы, нагретый при 80-150-градусов в течение 1-3 ч, и поддержания температуры в течение 1-3 ч.

Органический растворитель, используемый в реакции привитой полимеризации, может представлять собой любой органический растворитель, который растворяет высокомолекулярную эпоксидную смолу и радикально полимеризующийся ненасыщенный мономер и может смешиваться с водой.

Примеры такого органического растворителя включают в себя спиртовой растворитель, такой как изопропанол, бутиловый спирт, 2-гидрокси-4-метилпентан, 2-этилгексильный спирт, циклогексанол, этиленгликоль, диэтиленгликоль, 1,3-бутиленгликоль, простой моноэтиловый эфир этиленгликоля, простой монобутиловый эфир этиленгликоля и простой метилэтиловый эфир диэтиленгликоля, кетоновый растворитель, такой как ацетоновый и метилэтилкетон, целлозольвовый растворитель и карбитоловый растворитель. Дополнительно также может использоваться инертный органический растворитель, который является несмешивающимся с водой, и примеры такого органического растворителя включают в себя ароматические углеводороды, такие как толуол и ксилол, и сложные эфиры, такие как этилацетат и бутилацетат.

Когда клеящий материал содержит эпоксидную смолу, отверждающий агент может представлять собой широко используемый отверждающий агент на основе эпоксидной смолы. В качестве отверждающего агента на основе эпоксидной смолы, например, может использоваться по меньшей мере один, выбранный из полиаминовых отверждающих агентов, таких как алифатические полиамины, алициклические полиамины, ароматические полиамины, полиамидные полиамины и модифицированные полиамины; отверждающих агентов на основе кислотного ангидрида, таких как монофункциональный кислотный ангидрид (фталевый ангидрид, гексагидрофталевый ангидрид, метитетрагидрофталевый ангидрид, метигексагидрофталевый ангидрид, метилнадиловый ангидрид, хлорэндиктовый ангидрид и т.п.), бифункциональные кислотные ангидриды (пиромеллитовый ангидрид, ангидрид бензофенонтетракарбоновой кислоты, этиленгликоль-бис-(ангидротримат), метилциклогексентетракарбоновая кислота и т.п.) и ангидрид свободной кислоты (тримеллитовый ангидрид, полиазелаиновый ангидрид и т.п.); метилоловых групп с начальным содержанием конденсатов, таких как новолачная или резольная феноловая смола, карбамидная смола и меламинавая смола; и скрытых отверждающих агентов.

Примеры скрытого отверждающего агента включают в себя дициандиамида, меламин, дигидразид органической кислоты, аминимид, кетимин, третичный амин, имидазольную соль, аминую соль трифторида бора, микрокапсульный отверждающий агент (вещество, в котором отверждающий агент инкапсулируется в микрокапсулах, сформированных из казеина и т.п., и микрокапсулы разрываются посредством нагрева и создания повышенного давления, чтобы выполнять реакцию отверждения со смолой), отверждающий агент с использованием молекулярных сит (вещество, в котором отверждающий агент адсорбируется на поверхности адсорбционного соединения, которое высвобождает адсорбированные молекулы посредством нагрева и подвергается реакции отверждения со смолой) и т.п.

В качестве отверждающего агента на основе эпоксидной смолы новолачная феноловая смола (феноловая новолачная смола) является предпочтительной с точки зрения легкого увеличения прочности склеивания клеевой части 41. Здесь "новолачная феноловая смола" означает смолу, полученную посред-

ством подвергания фенолов и альдегидов реакции конденсации с использованием кислотного катализатора.

Примеры фенолов включают в себя фенол.

Примеры альдегидов включают в себя формальдегид.

Примеры кислотного катализатора включают в себя щавелевую кислоту и соли двухвалентных металлов.

Новолачная феноловая смола является твердой при комнатной температуре (25°C) и классифицируется в качестве термопластической смолы. В новолачной феноловой смоле $-\text{CH}_2\text{OH}$ группы практически не связываются с фенольными ядрами (ароматическими кольцами), составляющими феноловую смолу.

Количество отверждающего агента на основе эпоксидной смолы предпочтительно составляет 1-20% по массе, например, относительно полной массы клеящего материала. Когда количество отверждающего агента на основе эпоксидной смолы равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда количество отверждающего агента на основе эпоксидной смолы равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно увеличивать стабильность клеевой части 41.

Клеящий материал может содержать эластомер. Примеры эластомера включают в себя натуральный каучук и синтетический каучук, и синтетический каучук является предпочтительным.

Примеры синтетического каучука включают в себя полибутадиеновый синтетический каучук, нитриловый синтетический каучук и хлоропреновый синтетический каучук.

Примеры синтетического каучука полибутадиена включают в себя изопреновый каучук (IR), бутадиеновый каучук (BR), стиролбутадиеновый каучук (SBR), полиизобутилен (бутилкаучук, IIR) и этиленпропилендиеновый каучук (EPDM).

Примеры нитрилового синтетического каучука включают в себя акрилонитрилбутадиеновый каучук (NBR) и акриловый каучук (ACM).

Примеры хлоропренового синтетического каучука включают в себя хлоропреновый каучук (CR).

В качестве синтетического каучука может использоваться уретановый каучук, силиконовый каучук, фторкаучук (FKM), хлорсульфонированный полиэтилен (CSM), эпихлоргидриновый каучук (ECO) и т.п. в дополнение к вышеприведенным примерам.

В качестве эластомера SBR, EPDM и NBR являются предпочтительными с точек зрения превосходной теплостойкости и простого ослабления натяжения, сформированного в листе 40 электротехнической стали.

Один тип эластомера может использоваться отдельно либо два или более типов могут использоваться в комбинации.

Количество эластомера предпочтительно составляет 5-30% по массе относительно полной массы клеящего материала. Когда количество эластомера равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно ослаблять натяжение, сформированное в листе 40 электротехнической стали.

Когда количество эластомера равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41.

Количество органического полимера предпочтительно составляет, например, 40-95% по массе, более предпочтительно 50-90% по массе и еще более предпочтительно 60-80% по массе относительно полной массы клеящего материала. Когда количество органического полимера равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно увеличивать прочность склеивания клеевой части 41. Когда количество органического полимера равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно подавлять высокую вязкость клеящего материала и уплотнять клеевую часть 41. Следовательно, нетрудно подавлять натяжение клеено-шихтованного сердечника.

Примеры неорганического наполнителя включают в себя оксиды металлов, такие как оксид алюминия (α -оксид алюминия), оксид цинка, оксид титана, оксид кальция, оксид магния, оксид железа и оксид олова; гидроксиды металла, такие как гидроксид алюминия (гипс), гидроксид кальция и гидроксид магния; кремнийсодержащие вещества, такие как диоксид кремния, диатомовая земля, силикат кальция и тальк; сульфаты, такие как сульфат кальция, сульфат магния и сульфат бария и т.п.

Один тип неорганического наполнителя может использоваться отдельно либо два или более типов могут использоваться в комбинации.

В качестве неорганического наполнителя одно или более, выбранное из оксидов металлов и гидроксидов металла, является предпочтительным, одно или более, выбранное из гидроксида алюминия и оксида алюминия, является более предпочтительным, и гидроксид алюминия является еще более предпочтительным с точки зрения низких затрат и легкой доступности.

50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 0,2-3,5 мкм, предпочтительно составляет 0,4-3,0 мкм, а более предпочтительно составляет 0,6-2,5 мкм. Когда 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя равен или выше нижнего предельного значения, нетрудно подавлять расширение или сжатие клеевой части 41. Когда 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя равен или меньше верхнего предельного значения, нетрудно увеличивать коэффициент заполнения клеено-шихтованного сердечника.

Когда неорганический наполнитель представляет собой оксид металла, 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 1,0-3,5 мкм, более предпочтительно составляет 1,5-3,2 мкм и еще более предпочтительно составляет 2,0-3,0 мкм.

Когда неорганический наполнитель представляет собой гидроксид металла, 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 0,2-3,0 мкм, более предпочтительно составляет 0,5-2,5 мкм и еще более предпочтительно составляет 1,0-2,0 мкм.

90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 10,0 мкм или меньше, предпочтительно 8,0 мкм или меньше и еще более предпочтительно 6,0 мкм или меньше. Когда 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя равен или меньше верхнего предельного значения, нетрудно уплотнять клеевую часть 41. Следовательно, нетрудно подавлять натяжение клеено-шихтованного сердечника. Нижнее предельное значение 90%-ного размера частиц неорганического наполнителя не ограничено конкретным образом, но составляет практически 2,0 мкм.

Когда неорганический наполнитель представляет собой оксид металла, 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 10,0 мкм или меньше, более предпочтительно составляет 9,5 мкм или меньше и еще более предпочтительно составляет 9,0 мкм или меньше.

Когда неорганический наполнитель представляет собой гидроксид металла, 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 9,0 мкм или меньше, более предпочтительно составляет 8,0 мкм или меньше и еще более предпочтительно составляет 7,0 мкм или меньше.

В настоящем описании изобретения, 50%-ный размер частиц и 90%-ный размер частиц представляют размер частиц на основе объема в кумулятивном распределении частиц по размерам. 50%-ный размер частиц и 90%-ный размер частиц могут измеряться посредством использования устройства для измерения распределения частиц по размерам на основе лазерной дифракции/рассеяния. 50%-ный размер частиц представляет размер частиц, когда интегрированное количество занимает 50% на основе объема в кумулятивной кривой размеров частиц распределения частиц по размерам, измеряемого с использованием устройства для измерения распределения частиц по размерам на основе лазерной дифракции/рассеяния. 90%-ный размер частиц представляет размер частиц, когда интегрированное количество занимает 90% на основе объема в кумулятивной кривой размеров частиц распределения частиц по размерам, измеряемого с использованием устройства для измерения распределения частиц по размерам на основе лазерной дифракции/рассеяния.

90%-ный размер частиц неорганического наполнителя может регулироваться посредством способа предоставления возможности неорганическому наполнителю проходить через сито, имеющее конкретное отверстие, способа классификации на основе силы ветра и т.п.

Максимальный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 30,0 мкм или меньше, более предпочтительно 20,0 мкм или меньше и еще более предпочтительно 10,0 мкм или меньше. Когда максимальный размер частиц неорганического наполнителя равен или меньше верхнего предельного значения, нетрудно уплотнять клеевую часть 41. Следовательно, нетрудно подавлять натяжение клеено-шихтованного сердечника.

Нижнее предельное значение максимального размера частиц неорганического наполнителя не ограничено конкретным образом, но составляет практически 3,0 мкм.

Когда неорганический наполнитель представляет собой оксид металла, максимальный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 20,0 мкм или меньше, более предпочтительно 15,0 мкм или меньше и еще более предпочтительно 10,0 мкм или меньше.

Когда неорганический наполнитель представляет собой гидроксид металла, максимальный размер частиц неорганического наполнителя предпочтительно составляет 15,0 мкм или меньше, более предпочтительно 10,0 мкм или меньше и еще более предпочтительно 8,0 мкм или меньше.

Максимальный размер частиц неорганического наполнителя может измеряться с использованием устройства для измерения распределения частиц по размерам на основе лазерной дифракции/рассеяния. Максимальный размер частиц неорганического наполнителя задается посредством максимального значения всех частиц, измеряемых с использованием устройства для измерения распределения частиц по размерам на основе лазерной дифракции/рассеяния.

Максимальный размер частиц неорганического наполнителя может регулироваться посредством способа предоставления возможности неорганическому наполнителю проходить через сито, имеющее конкретное отверстие, способа классификации на основе силы ветра и т.п.

Количество неорганического наполнителя составляет 5-50 частей по массе, предпочтительно 5-40 частей по массе, более предпочтительно 5-30 частей по массе и еще более предпочтительно 10-30 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера. Когда количество неорганического наполнителя равно или выше нижнего предельного значения, нетрудно подавлять расширение или сжатие клеевой части 41. Когда количество неорганического наполнителя равно или меньше верхнего предельного значения, нетрудно увеличивать коэффициент заполнения клеено-шихтованного сердечника.

Когда неорганический наполнитель представляет собой оксид металла, количество неорганического наполнителя предпочтительно составляет 10-50 частей по массе, более предпочтительно 15-40 частей по

массе и еще более предпочтительно 20-30 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.

Когда неорганический наполнитель представляет собой гидроксид металла, количество неорганического наполнителя предпочтительно составляет 5-45 частей по массе, более предпочтительно 10-40 частей по массе и еще более предпочтительно 15-35 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.

Клеящий материал этого варианта осуществления может содержать произвольный компонент в дополнение к органическому полимеру и неорганическому наполнителю. Примеры произвольного компонента включают в себя проводящие вещества, добавки для предотвращения ржавления, такие как умеренно растворимый хромат, красящие пигменты (например, конденсированные полициклические органические красители, фталоцианиновые органические красители и т.п.), окрашивающие красители (например, азокрасители, азокрасители на основе металлокомплексных солей и т.п.), вспомогательную добавку для осаждения, улучшитель дисперсности, пеноподавляющий агент и т.п.

Эти произвольные компоненты могут использоваться отдельно либо в комбинации по два или более.

Когда клеящий материал содержит произвольный компонент, количество произвольного компонента предпочтительно составляет 1-10 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.

В качестве клеящего материала этого варианта осуществления, также может использоваться клеящий материал на основе радикальной полимеризации и т.п., отличный от термореактивного клеящего материала. С точки зрения производительности, отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал является предпочтительным. Отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал отверждается при 20-30°C. В качестве отверждаемого при комнатной температуре клеящего материала акриловый клеящий материал является предпочтительным. В качестве характерного акрилового клеящего материала и т.п. известен акриловый клеящий материал второго поколения (SGA). Все из анаэробного клеящего материала, мгновенного клеящего материала и эластомерсодержащего акрилового клеящего материала может использоваться при условии, что преимущества настоящего изобретения не нарушаются. Дополнительно клеящий материал, упомянутый в данном документе, означает состояние перед отверждением. Когда клеящий материал отверждается, получается клеевая часть 41.

Средний модуль E упругости при растяжении при комнатной температуре (20-30°C) клеевой части 41 задается в диапазоне 1500-4500 МПа. Когда средний модуль E упругости при растяжении клеевой части 41 меньше 1500 МПа, возникает такая проблема, что жесткость шихтованного сердечника уменьшается. Следовательно, нижнее предельное значение среднего модуля E упругости при растяжении клеевой части 41 задается равным 1500 МПа, а более предпочтительно 1800 МПа. Напротив, когда средний модуль E упругости при растяжении клеевой части 41 превышает 4500 МПа, возникает такая проблема, что изоляционное покрытие, сформированное на поверхности листа 40 электротехнической стали, отслаивается. Следовательно, верхнее предельное значение среднего модуля E упругости при растяжении клеевой части 41 задается равным 4500 МПа, а более предпочтительно 3650 МПа.

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

Более конкретно, сначала подготавливается образец для измерений (не показан). Этот образец может получаться посредством склеивания двух листов 40 электротехнической стали посредством клеящего материала, который представляет собой объект для измерений, и отверждения клеящего материала, с тем чтобы формировать клеевую часть 41. Когда клеящий материал имеет термореактивный тип, это отверждение выполняется посредством нагрева и создания повышенного давления при условиях нагрева и создания повышенного давления в фактической операции. С другой стороны, когда клеящий материал имеет отверждаемый при комнатной температуре тип, это отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре.

Затем модуль упругости при растяжении для этого образца измеряется посредством резонансного способа. Способ измерения модуля упругости при растяжении согласно резонансному способу выполняется на основе JIS R 1602:1995, как описано выше. 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, становится равным среднему значению целого шихтованного сердечника, это значение рассматривается в качестве среднего модуля E упругости при растяжении. Структура среднего модуля E упругости при растяжении задается таким образом, что позиция укладки в направлении укладки или окружная позиция вокруг центральной оси шихтованного сердечника является почти неизменной. Следовательно, средний модуль E упругости при растяжении может задаваться равным значению, полученному посредством измерения в отвержденной клеевой части 41 в верхней конечной позиции сердечника статора.

В качестве способа склеивания, например, может использоваться способ нанесения клеящего мате-

риала на лист 40 электротехнической стали и склеивания листов электротехнической стали посредством одного или обоих из нагрева и укладки прессованием. Дополнительно 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, когда толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила склеивания становится насыщенной. Дополнительно, по мере того как клеевая часть 41 становится толстой, поверхностного коэффициента уменьшается, и магнитные свойства, такие как потери в стали клеено-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 предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Когда средняя толщина клеевой части 41 меньше 1,0 мкм, достаточная сила склеивания может обеспечиваться, как описано выше. Следовательно, нижнее предельное значение средней толщины клеевой части 41 составляет 1,0 мкм, а более предпочтительно 1,2 мкм. Напротив, когда средняя толщина клеевой части 41 становится большей 3,0 мкм, возникает такая проблема, что величина натяжения листа 40 электротехнической стали существенно увеличивается вследствие усадки при отверждении во время затвердевания. Следовательно, верхнее предельное значение средней толщины клеевой части 41 составляет 3,0 мкм, а более предпочтительно 2,6 мкм.

Средняя толщина клеевой части 41 является средним значением клеено-шихтованного сердечника в целом. Средняя толщина клеевой части 41 является почти неизменной в зависимости от позиции укладки в направлении укладки или окружной позиции вокруг центральной оси клеено-шихтованного сердечника. Следовательно, средняя толщина клеевой части 41 может задаваться равной среднему значению числовых значений, измеряемых в десяти или более позиций в окружном направлении в верхней конечной позиции клеено-шихтованного сердечника.

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

В этом варианте осуществления множество листов 40 электротехнической стали, составляющих сердечник 31 ротора, прикрепляются друг к другу посредством крепления С (шканца). Тем не менее множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, могут приклеиваться друг к другу посредством клеевой части 41.

Дополнительно клеено-шихтованный сердечник, такой как сердечник 21 статора или сердечник 31 ротора, может формироваться посредством так называемой укладки витками.

В дальнейшем в этом документе описывается способ изготовления клеено-шихтованного сердечника согласно варианту осуществления настоящего изобретения со ссылкой на чертежи.

Сердечник 21 статора может изготавливаться посредством повторения операции нанесения клеящего материала на часть поверхности листа 40 электротехнической стали, укладки листа электротехнической стали на другой лист электротехнической стали, пакетирования сжатием листов электротехнической стали и формирования клеевой части 41.

В дальнейшем в этом документе описывается способ изготовления сердечника 21 статора с использованием устройства 100 для изготовления, показанного на фиг. 4.

Во-первых, в дальнейшем описывается устройство 100 для изготовления. В устройстве 100 для изготовления, исходный стальной лист Р вырубается многократно таким образом, что он постепенно изменяется на форму листа 40 электротехнической стали при подаче из катушки Q (рулона) в направлении стрелки F, клеящий материал наносится на предварительно определенную позицию нижней поверхности вторых и последующих листов 40 электротехнической стали и вырубленные листы 40 электротехнической стали последовательно уложены друг на друга и пакетируются сжатием.

Как показано на фиг. 4, устройство 100 для изготовления включает в себя вырубочную станцию 110 первой ступени, которая является ближайшей к катушке Q, вырубочную станцию 120 второй ступени, которая располагается таким образом, что она находится близко к стороне выхода в направлении транспортировки исходного стального листа Р относительно вырубочной станции 110, и станцию 130 для нанесения клеевого покрытия, которая располагается таким образом, что она находится ближе к стороне выхода относительно вырубочной станции 120.

Вырубочная станция 110 включает в себя стационарную пресс-форму 111, которая располагается ниже исходного стального листа Р, и верхнюю пресс-форму 112, которая располагается выше исходного стального листа Р.

Вырубочная станция 120 включает в себя стационарную пресс-форму 121, которая располагается

ниже исходного стального листа Р, и верхнюю пресс-форму 122, которая располагается выше исходного стального листа Р.

Станция 130 для нанесения клеевого покрытия включает в себя аппликатор 131, имеющий множество инжекторов, расположенных согласно рисунку нанесения клеящего материала.

Устройство 100 для изготовления дополнительно включает в себя укладочную станцию 140, которая располагается в позиции на стороне выхода станции 130 для нанесения клеевого покрытия. Укладочная станция 140 включает в себя нагревательное устройство 141, стационарную пресс-форму 142 для придания внешней формы, теплоизоляционный элемент 143, верхнюю пресс-форму 144 для придания внешней формы и пружину 145.

Нагревательное устройство 141, стационарная пресс-форма 142 для придания внешней формы и теплоизоляционный элемент 143 располагаются ниже исходного стального листа Р. С другой стороны, верхняя (позитивная) пресс-форма 144 для придания внешней формы и пружина 145 располагаются выше исходного стального листа Р.

В устройстве 100 для изготовления исходный стальной лист Р сначала последовательно подается в направлении стрелки F по фиг. 4 из катушки Q. Затем исходный стальной лист Р сначала вырубается посредством вырубочной станции 110. Затем этот исходный стальной лист Р вырубается посредством вырубочной станции 120. Посредством этих процессов вырубки, исходный стальной лист Р может иметь форму листа 40 электротехнической стали, имеющего часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23, показанных на фиг. 3 (этап вырубки). Тем не менее, поскольку стальной лист не полностью вырубается в этот момент, процесс переходит к следующему этапу в направлении стрелки F. В станции 130 для нанесения клеевого покрытия следующего этапа клеящий материал, поданный из каждого инжектора аппликатора 131, наносится в точечной форме (этап нанесения).

Затем исходный стальной лист Р подается в укладочную станцию 140 вырубается посредством верхней (позитивной) пресс-формы 144 для придания внешней формы и укладывается пакетом с высокой точностью (этап укладки). Во время укладки лист 40 электротехнической стали принимает постоянное давление из пружины 145. Когда этап вырубки, этап нанесения и этап укладки, описанные выше, повторяются последовательно, предварительно определенное число листов 40 электротехнической стали могут укладываться пакетом. Железный сердечник, который формируется посредством укладки листов 40 электротехнической стали таким образом, нагревается, например, до 60-200°C посредством нагревательного устройства 141. Клеящий материал отверждается посредством нагрева таким образом, что клеевая часть 41 формируется (этап отверждения).

За счет вышеуказанных этапов сердечник 21 статора полностью подготавливается.

Как описано выше, в электродвигателе и клеено-слоистом сердечнике согласно этому варианту осуществления, множество листов электротехнической стали, обе поверхности которых покрываются изоляционным покрытием, укладываются пакетом и листы электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки приклеиваются друг к другу посредством клеевой части, сформированной посредством клеящего материала, содержащего органический полимер и неорганический наполнитель. Поскольку листы электротехнической стали приклеиваются друг к другу посредством клеевой части, можно получать достаточную прочность склеивания. Поскольку клеевая часть содержит неорганический наполнитель, можно подавлять расширение или сжатие клеевой части.

Помимо этого, каждая клеевая часть содержит 5-50 частей по массе неорганического наполнителя, 50%-ный размер частиц которых составляет 0,2-3,5 мкм и 90%-ный размер частиц которых составляет 10,0 мкм или меньше относительно 100 частей по массе органического полимера. Следовательно, электродвигатель и клеено-шихтованный сердечник согласно этому варианту осуществления могут легко уменьшать зазор между листами электротехнической стали. Как результат, можно дополнительно улучшать плоскостность клеено-шихтованного сердечника и повышать коэффициент заполнения клеено-шихтованного сердечника.

Клеено-шихтованный сердечник согласно этому варианту осуществления дополнительно может улучшать плоскостность и повышать коэффициент заполнения. Следовательно, клеено-шихтованный сердечник согласно этому варианту осуществления является подходящим в качестве клеено-шихтованного сердечника для статора (сердечника статора). Клеено-шихтованный сердечник может использоваться в качестве сердечника ротора.

Объем настоящего изобретения не ограничен вышеуказанным вариантом осуществления и различные модификации могут вноситься без отступления от сущности настоящего изобретения.

Форма сердечника статора не ограничена формой, показанной в вышеуказанном варианте осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника статора, толщина многослойной пластины, число прорезей, соотношение размеров между окружным направлением и радиальным направлением зубчатой части 23, соотношение размеров между зубчатой частью 23 и частью 22 спинки сердечника в радиальном направлении и т.п. могут произвольно рассчитываться согласно характеристике требуемого электродвигателя.

В роторе вышеуказанного варианта осуществления один набор из двух постоянных магнитов 32 формирует один магнитный полюс, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, один по-

стоянный магнит 32 может формировать один магнитный полюс и три или более постоянных магнита 32 могут формировать один магнитный полюс.

В вышеуказанном варианте осуществления описывается пример, в котором электродвигатель представляет собой электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами, но конструкция электродвигателя не ограничена этим, как показано ниже. Конструкция электродвигателя дополнительно может использовать различные известные конструкции (не показаны ниже).

В вышеуказанном варианте осуществления описывается пример, в котором синхронный электродвигатель представляет собой электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой реактивный электродвигатель или электродвигатель на электромагнитном поле (двухобмоточный электродвигатель).

В вышеуказанном варианте осуществления описывается пример, в котором электродвигатель переменного тока представляет собой синхронный электродвигатель, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой асинхронный электродвигатель.

В вышеуказанном варианте осуществления описывается пример, в котором электродвигатель представляет собой электродвигатель переменного тока, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электродвигатель постоянного тока.

В вышеуказанном варианте осуществления описывается пример, в котором электродвигатель представляет собой электродвигатель, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой генератор.

В вышеуказанном варианте осуществления в качестве примера иллюстрируется случай, в котором шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению применяется к сердечнику статора, но шихтованный сердечник также может применяться к сердечнику ротора.

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

Примеры.

Примеры 1-6, сравнительные примеры 1-4.

Лист с толщиной 0,25 мм подготовлен, раствор для обработки изоляционного покрытия, содержащий металлический фосфат и эмульсию на основе акриловой смолы, наносится на обе поверхности листа, лист обжигается при 300°C и формируется изоляционное покрытие в 0,8 мкм в расчете на одну поверхность.

Лист, имеющий сформированное изоляционное покрытие, намотан, чтобы формировать катушку Q. Катушка Q устанавливается на устройстве 100 для изготовления, и исходный стальной лист P подается из катушки Q в направлении стрелки F. Одна пластина (лист 40 электротехнической стали), имеющая кольцевую форму с внешним диаметром 300 мм и внутренним диаметром 240 мм и имеющая восемнадцать прямоугольных зубчатых частей с длиной 30 мм и шириной 15 мм, сформированных на внутренней радиальной стороне, формируется посредством вырубки с использованием устройства 100 для изготовления (этап вырубки).

Затем клеящий материал, имеющий состав, показанный в таблице, наносится в точках таким образом, что 5 мг клеящего материала наносятся в каждой позиции, показанной на фиг. 3, в то время как вырубленные листы электротехнической стали последовательно подаются (этап нанесения) и листы электротехнической стали укладываются пакетом (этап укладки). Посредством повторения идентичной операции получен многослойный продукт, в котором 130 листов электротехнической стали уложены пакетом. Полученный многослойный продукт нагрет при 120°C при сжатии при давлении в 10 МПа, чтобы отверждать клеящий материал (этап отверждения) таким образом, что изготавливается клеено-шихтованный сердечник каждого примера.

В таблице типы каждого компонента являются следующими.

Органический полимер.

Акрилмодифицированная эпоксидная смола (эпоксидная смола: тип бисфенол F, 60% по массе; акриловая смола: полимер акриловой кислоты, 20% по массе; отверждающий агент: новолачная фенольная смола, 20% по массе).

Неорганический наполнитель.

A1. Гидроксид алюминия (50%-ный размер частиц 1,5 мкм, 90%-ный размер частиц 6,5 мкм, максимальный размер частиц 7,0 мкм).

A2. Оксид алюминия (50%-ный размер частиц 2,5 мкм, 90%-ный размер частиц 8,5 мкм, максимальный размер частиц 9,5 мкм).

A'1. Диоксид кремния (50%-ный размер частиц 1,5 мкм, 90%-ный размер частиц 12,0 мкм, максимальный размер частиц 15,0 мкм).

A'2. Оксид магния (50%-ный размер частиц 2,5 мкм, 90%-ный размер частиц 15,5 мкм, максимальный размер частиц 21,0 мкм).

В таблице единица состава каждого компонента представляет собой "частей по массе".

В таблице "-" указывает, что компонент не включается.

Оценка плоскостности.

Клеено-шихтованный сердечник, полученный в каждом примере, размещен на плоском основании, и высота клеено-шихтованного сердечника измеряется в восемнадцати позициях, соответствующих зубчатым частям 23 по фиг. 3. Разность (ΔH) между максимальным значением и минимальным значением высоты клеено-шихтованного сердечника вычисляется и делится на среднее значение (среднюю высоту) высоты клеено-шихтованного сердечника, чтобы получить плоскостность ($(\%) \Delta H / \text{средняя высота} \times 100$). Средняя высота является арифметическим средним значением вышеуказанных 18 позиций. Плоскостность клеено-шихтованного сердечника оценивается на основе критериев оценки, поясненных ниже. По мере того как плоскостность становится меньшей, плоскостность становится превосходной. Результат показан в таблице.

Критерии оценки.

A: плоскостность, меньше 2%.

B: плоскостность, равная или больше 2% и меньше 5%.

C: плоскостность, равная или больше 5%.

Оценка коэффициента заполнения.

Коэффициент заполнения (%) клеено-шихтованного сердечника, полученного в каждом примере, вычисляется.

В настоящем описании изобретения коэффициент заполнения клеено-шихтованного сердечника задается посредством следующей формулы.

Коэффициент заполнения $(\%) = M / (D \times h \times S) \times 100$.

Здесь M указывает массу (кг) клеено-шихтованного сердечника, D указывает плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$) стального листа (листа электротехнической стали за исключение изоляционного покрытия), h указывает среднюю высоту (м) клеено-шихтованного сердечника и S указывает площадь (м^2) листа электротехнической стали при виде сверху. Площадь S листа электротехнической стали определена посредством захвата листа электротехнической стали до укладки в качестве изображения со сканером и выполнения анализа изображений.

Из значения вычисленного коэффициента заполнения коэффициент заполнения оценивался на основе критериев оценки, как пояснено ниже. Результат показан в таблице.

Критерии оценки.

A: коэффициент заполнения, равный или больше 99%.

B: коэффициент заполнения, равный или больше 98% и меньше 99%.

C: коэффициент заполнения, меньше 98%.

		При мер 1	При мер 2	При мер 3	При мер 4	При мер 5	При мер 6	Срав ните льны й при мер 1	Срав ните льны й при мер 2	Срав ните льны й при мер 3	Срав ните льны й при мер 4
Со став (частей по массе)	Органический полимер	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Неорганический наполнитель '1	5	10	30	50	-	10	3	60	-	-
	Неорганический наполнитель '2	-	-	-	-	30	10	-	-	-	-
	Неорганический наполнитель '1	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
	Неорганический наполнитель '2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30

Оценк а	Плоскост ность (%)	1,6	1,7	1,9	3,4	3,9	1,9	2,1	5,1	6,6	7,7
	Результат оценки	A	A	A	B	B	A	B	C	C	C
	Коэффициент заполнения (%)	99,3	99,2	99,0	98,7	98,6	99,1	97,9	97,5	97,1	96,8
	Результат оценки	A	A	A	B	B	A	C	C	C	C

Как показано в таблице, в примерах 1-6, характеризующих настоящее изобретение, все из плоскости и коэффициента заполнения составляет "А" или "В".

С другой стороны, в сравнительном примере 1, в котором количество неорганического наполнителя меньше количества в диапазоне по настоящему изобретению, коэффициент заполнения составляет "С".

В сравнительном примере 2, в котором количество неорганического наполнителя превышает диапазон настоящего изобретения, плоскостность и коэффициент заполнения составляют "С".

В сравнительных примерах 3 и 4, в котором 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя находится за пределами диапазона настоящего изобретения, плоскостность и коэффициент заполнения составляют "С".

Из вышеописанного результата обнаружено, что клеено-шихтованный сердечник настоящего изобретения дополнительно может улучшать плоскостность и повышать коэффициент заполнения.

Промышленная применимость.

Согласно настоящему изобретению клеено-шихтованный сердечник дополнительно может улучшать плоскостность и повышать коэффициент заполнения. Таким образом, промышленная применимость является широкой.

Краткое описание ссылок с номерами.

10 - Электродвигатель;

20 - статор;

21 - сердечник статора (клеено-шихтованный сердечник);

40 - лист электротехнической стали;

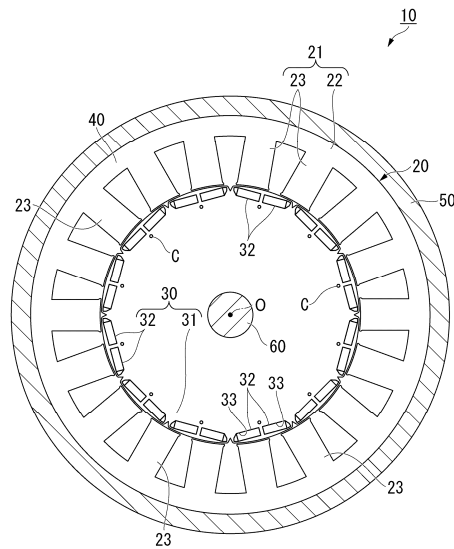
41 - клеевая часть.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

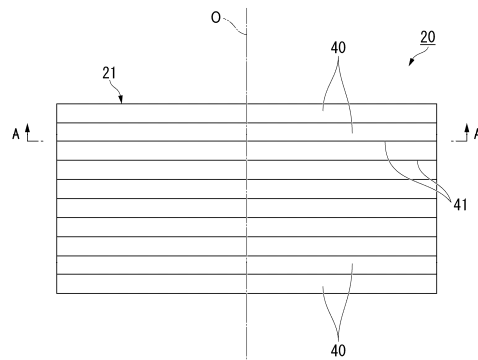
1. Клеено-шихтованный сердечник, содержащий множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга и обе поверхности которых покрыты изоляционным покрытием; и клеевую часть, которая расположена между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и приклеивает листы электротехнической стали друг к другу, при этом клеящий материал, формирующий клеевую часть, содержит органический полимер и неорганический наполнитель, при этом 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 0,2-3,5 мкм, при этом 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 10,0 мкм или меньше, и при этом количество неорганического наполнителя составляет 5-50 частей по массе относительно 100 частей по массе органического полимера.
2. Клеено-шихтованный сердечник по п.1, в котором максимальный размер частиц неорганического наполнителя составляет 30,0 мкм или меньше.
3. Клеено-шихтованный сердечник по п.1 или 2, в котором неорганический наполнитель содержит одно или более, выбранное из оксида металла и гидроксида металла.
4. Клеено-шихтованный сердечник по любому из пп.1-3, в котором неорганический наполнитель содержит одно или более, выбранное из гидроксида алюминия и оксида алюминия.
5. Клеено-шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 0,4-3,0 мкм, при этом 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 2,0-10,0 мкм.
6. Клеено-шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором 50%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 1,5-2,5 мкм, при этом 90%-ный размер частиц неорганического наполнителя составляет 6,5-8,5 мкм.
7. Клеено-шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором клеено-шихтованный сердечник выполнен с возможностью использования для статора.
8. Способ изготовления клеено-шихтованного сердечника по любому из пп.1-7, в котором повторя-

ют операцию нанесения клеящего материала на части поверхности листа электротехнической стали, укладки листа электротехнической стали на другой лист электротехнической стали, пакетирования сжатых листов электротехнической стали и формирования клеевой части.

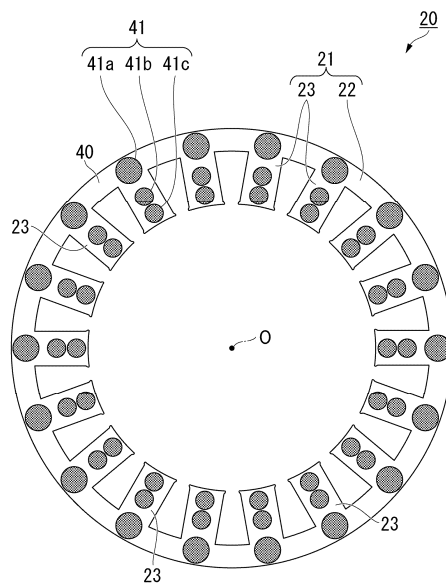
9. Электродвигатель, содержащий клеено-шихтованный сердечник по любому из пп.1-7.



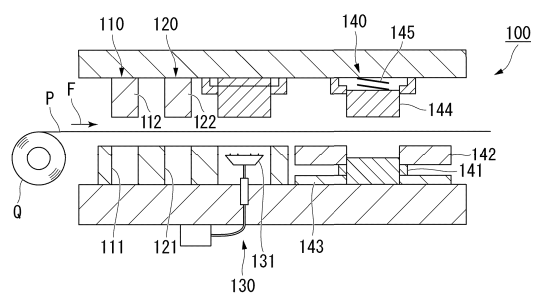
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

