

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 042563

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.27

(21) Номер заявки
202192059

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

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

(54) КЛЕЕНО-ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК ДЛЯ СТАТОРА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

(31) 2018-235864

(32) 2018.12.17

(33) JP

(43) 2021.12.31

(86) PCT/JP2019/049266

(87) WO 2020/129925 2020.06.25

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

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

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

(56) JP-A-201711863
JP-A-200488970
JP-A-201123523
JP-A-2018145492
JP-A-2003199303
JP-A-2002332320
JP-A-2016103641
JP-A-201496429
JP-A-200836671

(57) Предложен клеено-шихтованный сердечник для статора, включающий в себя множество листов электротехнической стали, которые имеют фосфатные изоляционные покрытия на своих поверхностях и перекрываются коаксиально друг с другом; и клеевые части, предусмотренные между соответствующими листами электротехнической стали, средняя толщина изоляционных покрытий составляет 0,3-1,2 мкм, средняя толщина клеевых частей составляет 1,0-3,0 мкм, и в случае, если средняя толщина изоляционного покрытия задается как t1 в единицах мкм и средняя толщина клеевых частей задается как t2 в единицах мкм, удовлетворяется следующее соотношение 1:

$$-4,3 \cdot t_1 + 3,6 \leq t_2 \leq -4,3 \cdot t_1 + 6,9 \text{ (соотношение 1)}$$

B1

042563

042563

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к клеено-шихтованному сердечнику для статора и к электродвигателю.

Заявка на данное изобретение притязает на приоритет заявки на патент (Япония) № 2018-235864, зарегистрированной 17 декабря 2018 г., содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Предпосылки создания изобретения

Традиционно, известен шихтованный сердечник, описанный в нижеупомянутом патентном документе 1. Патентный документ 1 раскрывает электродвигатель с прямым приводом, включающий в себя статор, расположенный коаксиально с и внутри ротора. Помимо этого, изоляционное покрытие и клеевое покрытие формируются на листе электротехнической стали на стороне статора. Описывается то что, когда изоляционное покрытие тоньше 0,80 мкм, достаточная диэлектрическая прочность не может обеспечиваться, а когда оно толще 1,20 мкм, эффективность возбуждения не является хорошей. С другой стороны, описывается то что, когда клеевое покрытие тоньше 1,80 мкм, не может достигаться достаточная способность к склеиванию, а когда оно толще 2,20 мкм, эффективность возбуждения не является хорошей.

Список источников информации

Патентные документы.

Патентный документ 1.

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация № 2015-12756.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением

Когда клей наносится тонко, чтобы сделать клеевую часть тоньше, доля листов электротехнической стали в шихтованном сердечнике увеличивается. Тем не менее, как описано в патентном документе 1, когда клеевая часть является слишком тонкой, прочность склеивания снижается. Следовательно, есть возможность формировать мягкую клеевую часть с использованием мягкого клея при обеспечении прочности склеивания. Тем не менее в этом случае концентрация механических напряжений возникает в изоляционном покрытии вследствие силы, прикладываемой, когда клей отверждается и усаживается, и в силу этого лист электротехнической стали легко отслаивается. Технология, раскрытая в патентном документе 1, не рассматривает такую проблему и, как и следовало ожидать, не может разрешать ее.

Настоящее изобретение создано с учетом вышеизложенных обстоятельств, и его цель заключается в том, чтобы предоставлять клеено-шихтованный сердечник для статора, который может как предотвращать отслоение изоляционного покрытия, так и исключать ухудшение характеристик магнитных свойств вследствие механического напряжения, прикладываемого к листу электротехнической стали посредством клеевой части, и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник для статора.

Средство решения проблемы

Чтобы разрешать вышеуказанную проблему, настоящее изобретение использует следующие средства.

(1) Один аспект настоящего изобретения представляет собой клеено-шихтованный сердечник для статора, включающий в себя множество листов электротехнической стали, которые имеют фосфатные изоляционные покрытия на своих поверхностях и перекрываются коаксиально друг с другом; и клеевые части, предусмотренные между соответствующими листами электротехнической стали, при этом средняя толщина изоляционных покрытий составляет 0,3-1,2 мкм, средняя толщина клеевых частей составляет 1,0-3,0 мкм, и в случае, если средняя толщина изоляционного покрытия задается как t_1 в единицах мкм и средняя толщина клеевых частей задается как t_2 в единицах мкм, удовлетворяется следующее соотношение 1:

$$-4,3 \cdot t_1 + 3,6 \leq t_2 \leq -4,3 \cdot t_1 + 6,9 \text{ (соотношение 1)}$$

(2) В аспекте согласно вышеуказанному (1) может применяться следующая конфигурация: средняя толщина t_1 составляет 0,7-0,9 мкм; и средняя толщина t_2 составляет 1,2-2,6 мкм.

(3) В аспекте согласно вышеуказанному (1) или вышеуказанному (2) может применяться следующая конфигурация: средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей составляет 1500-4500 МПа; и средний модуль E упругости при растяжении (МРА) и средняя толщина t_1 (мкм) изоляционного покрытия удовлетворяет следующему соотношению 2:

$$-5000 \cdot t_1 + 4500 \leq E \leq -5000 \cdot t_1 + 9000 \text{ (соотношение 2)}$$

(4) В аспекте согласно вышеуказанному (3) может применяться следующая конфигурация: средний модуль E упругости при растяжении составляет 1800-3650 МПа; и средняя толщина t_1 составляет 0,7-0,9 мкм.

(5) В аспекте согласно любому из вышеуказанного (1)-(4) клеевые части могут представлять собой отверждаемые при комнатной температуре клеи на акриловой основе, содержащие SGA, изготовленный из эластомер-содержащего клея на акриловой основе.

(6) В аспекте согласно любому из вышеуказанного (1)-(5) средняя толщина листа(ов) электротехнической стали может составлять 0,15-0,35 мм.

(7) Электродвигатель согласно одному аспекту настоящего изобретения включает в себя клеено-шихтованный сердечник для статора согласно любому из вышеуказанного (1)-(6).

Преимущества изобретения

Согласно каждому аспекту настоящего изобретения может предоставляться клеено-шихтованный сердечник для статора, который может как предотвращать отслоение изоляционного покрытия, так и исключать ухудшение характеристик магнитных свойств вследствие механического напряжения, прикладываемого к листу электротехнической стали посредством клеевой части, и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник для статора.

Краткое описание чертежей

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

Фиг. 2 является видом сбоку шихтованного сердечника для статора.

Фиг. 3 является видом в поперечном сечении вдоль линии А-А на фиг. 2, показывающим пример шаблона формирования клеевых частей в клеено-слоистом сердечнике для статора.

Фиг. 4 является видом сбоку устройства для изготовления, используемого для изготовления примера клеено-шихтованного сердечника для статора.

Фиг. 5 является графиком, показывающим взаимосвязь между средней толщиной t_1 изоляционного покрытия и средней толщиной t_2 клеевых частей в идентичном образце.

Фиг. 6 является графиком, показывающим взаимосвязь между средней толщиной t_1 изоляционного покрытия и средним модулем E упругости при растяжении клеевых частей в идентичном образце.

Варианты осуществления для реализации изобретения

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

Как показано на фиг. 1, электромотор 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 в радиальном направлении. Тем не менее в качестве электродвигателя 10 может использоваться электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен за пределами статора 20. Дополнительно, в настоящем варианте осуществления электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока, имеющий 12 полюсов и 18 прорезей. Тем не менее число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может изменяться надлежащим образом.

Электродвигатель 10 может вращаться с частотой 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 клеено-шихтованный сердечник для статора 21 (в дальнейшем в этом документе, сердечника статора) и обмотки (не показаны).

Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23. Ниже, направление центральной оси O сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "осевым направлением", радиальное направление (направление, ортогональное к центральной оси O) сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "радиальным направлением", и окружное направление (направление оборачивания вокруг центральной оси O) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "окружным направлением".

Задняя часть 22 спинки сердечника имеет кольцевую форму при виде сверху статора 20 от осевого направления.

Множество зубчатых частей 23 проходят внутрь в радиальном направлении (к центральной оси O части 22 спинки сердечника в радиальном направлении) из внутренней периферии части 22 сердечника. Множество зубчатых частей 23 располагаются с равными угловыми интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления 18 зубчатых частей 23 предоставляются через каждые 20° относительно центрального угла, центрированного на центральной оси O . Множество зубчатых частей 23 формируются с возможностью иметь идентичную форму и идентичный размер между собой. Следовательно, множество зубчатых частей 23 имеют идентичный размер по толщине между собой.

Обмотки обматываются вокруг зубчатых частей 23. Обмотки могут представлять собой концентрированные обмотки или распределенные обмотки.

Ротор 30 располагается в статоре 20 (в сердечнике 21 статора) в радиальном направлении. Ротор 30

включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32.

Сердечник 31 ротора формируется с возможностью иметь кольцевую форму (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 через каждые 30° центрального угла, центрированного на центральной оси О.

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

Сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора представляют собой шихтованные сердечники. Например, как показано на фиг. 2, сердечник 21 статора формируется посредством наслаивания множества листов 40 электротехнической стали в осевом направлении.

Дополнительно, толщина наслаивания (полная длина по центральной оси О) 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 наслаивания, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 21 статора и толщина наслаивания, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены только этими значениями. Здесь, внутренний диаметр сердечника 21 статора измеряется с вершинами зубчатых частей 23 сердечника 21 статора в качестве опорных элементов. Таким образом, внутренний диаметр сердечника 21 статора представляет собой диаметр виртуальной окружности, вписываемой в вершины всех зубчатых частей 23.

Каждый лист 40 электротехнической стали, формирующий сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, формируется, например, посредством вырубki листа электротехнической стали, служащего в качестве основного материала, и т.д. В качестве листа 40 электротехнической стали может использоваться известный лист электротехнической стали. Химический состав листа 40 электротехнической стали включает в себя 2,5-3,9% Si, как показано ниже в единицах мас.%. Посредством задания химического состава в этих диапазонах, предельная текучести YP каждого листа 40 электротехнической стали может задаваться равной 380 МПа или больше и 540 МПа или меньше.

Si: 2,5-3,9%.

Al: 0,001-3,0%.

Mn: 0,05-5,0%.

Остаток: Fe и примеси.

В настоящем варианте осуществления лист электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры используется в качестве листа 40 электротехнической стали. В качестве листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры, например, может использоваться полоса электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры по JIS C 2552:2014. Тем не менее в качестве листа 40 электротехнической стали лист электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой может использоваться вместо листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. В качестве листа электротехнической стали с ориентированным зерном может использоваться полоса электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012.

Фосфатное изоляционное покрытие предусматривается на обеих поверхностях листа 40 электротехнической стали, чтобы улучшать обрабатываемость сердечника 21 статора (в дальнейшем в этом документе может называться просто "шихтованным сердечником") и потери в стали шихтованного сердечника. В качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие, например, может использоваться (1) неорганическое соединение, (2) органический полимер, (3) смесь неорганического соединения и органического полимера и т.п. В качестве неорганического соединения может примерно иллюстрироваться, например, (1) комплексное соединение дихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. В качестве органического полимера может, например, указываться эпоксидная смола, акриловая смола, акрил-стирольная смола, полиэфирная смола, силиконовая смола, фтори-

стая смола и т.п.

Чтобы обеспечивать рабочие характеристики изоляции между листами 40 электротехнической стали, наслаиваемыми друг на друга, нижний предел средней толщины t_1 изоляционного покрытия (средняя толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,3 мкм, более предпочтительно 0,7 мкм.

С другой стороны, эффект изоляции становится насыщенным, когда изоляционное покрытие становится более толстым. Дополнительно, по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым, коэффициент заполнения листа 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике снижается, и рабочие характеристики шихтованного сердечника ухудшаются. Следовательно, изоляционное покрытие может быть максимально возможно тонким в пределах диапазона, в котором могут обеспечиваться рабочие характеристики изоляции. Верхний предел средней толщины изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 1,2 мкм, более предпочтительно 0,9 мкм.

Средняя толщина t_1 изоляционного покрытия является средним значением для всего шихтованного сердечника. Толщина изоляционного покрытия задается почти идентичной по его позициям наслаивания в осевом направлении и окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средняя толщина t_1 изоляционного покрытия может задаваться в качестве значения, измеряемого в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

По мере того, как толщина листа 40 электротехнической стали становится меньше, доля листа 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике снижается. Дополнительно, по мере того, как лист электротехнической стали 40 становится более тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. По этой причине, нижний предел средней толщины листа для листа 40 электротехнической стали составляет 0,15 мм, более предпочтительно 0,18 мм с учетом снижения доли листа 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике и затрат на изготовление.

С другой стороны, если лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, затраты на изготовление становятся меньше, но потери на вихревые токи увеличиваются, и потери в сердечнике ухудшаются. По этой причине, с учетом потерь в сердечнике и затрат на изготовление, верхний предел средней толщины листа для листа 40 электротехнической стали составляет 0,35 мм, более предпочтительно 0,30 мм.

0,20 мм могут указываться в качестве примерного значения, удовлетворяющего вышеуказанному диапазону средней толщины листа для листа 40 электротехнической стали. Кроме того, средняя толщина листа 40 электротехнической стали включает в себя толщину изоляционного покрытия.

Как показано на фиг. 3, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, наслаиваются, например, через клеевые части 41, расположенные в форме множества точек. Каждая из клеевых частей 41 формируется из клея, который отверждается без разделения. Для формирования клеевой части 41 используется, например, термореактивный клей посредством полимерного связывания и т.п. В качестве такого клея, клей на основе радикальной полимеризации и т.п. также может использоваться в дополнение к термореактивному клею, и с точки зрения производительности, предпочтительно используется отверждаемый при комнатной температуре клей. Отверждаемый при комнатной температуре клей отверждается при 20-30°C. В качестве отверждаемого при комнатной температуре клея предпочтительным является акриловый клей. Типичный акриловый клей включает в себя акриловый клей второго поколения (SGA) и т.п. Любое из анаэробного клея, мгновенного клея и эластомер-содержащего клея на акриловой основе может использоваться в пределах диапазона, в котором преимущества настоящего изобретения не нарушаются. Кроме того, клей, упомянутый в данном документе, представляет собой клей в состоянии до отверждения и становится клеевой частью 41 после того, как клей отверждается.

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

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

Более конкретно, сначала изготавливается образец для измерения (не показана). Этот образец получается посредством склеивания между двумя листами 40 электротехнической стали с использованием клея, который представляет собой цель измерений, и отверждения, с тем чтобы формировать клеевую часть 41. В случае, если клей является термореактивным, отверждение выполняется посредством нагрева

и создания повышенного давления при условиях нагрева и создания повышенного давления в фактической обработке. С другой стороны, в случае, в котором клей имеет отверждаемый при комнатной температуре тип, отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре.

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

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

В качестве способа склеивания между множеством листов 40 электротехнической стали может использоваться способ склеивания, при котором клей наносится в точечной форме к нижним поверхностям (поверхностям на одной стороне) листов 40 электротехнической стали, затем они перекрываются, и после этого выполняется одно или оба из нагрева и укладки прессованием. Кроме того, средство в случае нагрева может представлять собой любое средство, к примеру средство для нагрева сердечника 21 статора в высокотемпературной ванне или электрической печи либо способ непосредственной подачи питания и нагрева сердечника 21 статора. С другой стороны, в случае, в котором отверждаемый при комнатной температуре клей используется, они склеиваются только посредством укладки прессованием без нагрева.

Фиг. 3 показывает пример шаблона формирования клеевых частей 41. Каждая клеевая часть 41 образует форму, имеющую множество точек, имеющих круглую форму. Более конкретно, в части 22 спинки сердечника, они формируются в точечных формах, имеющих средний диаметр в 12 мм с равными угловыми интервалами в своем окружном направлении. Дополнительно, в позиции вершины каждой зубчатой части 23, клеевая часть 41 формируется в точечной форме, имеющей средний диаметр 8 мм. Средние диаметры, показанные здесь, представляют собой примеры и могут надлежащим образом выбираться из диапазона 2-20 мм. Помимо этого, шаблон формирования по фиг. 3 представляет собой пример, и число и компоновки клеевых частей 41 могут надлежащим образом изменяться по мере необходимости. Кроме того, форма каждой клеевой части 41 не ограничена круглой формой и может представлять собой прямоугольную форму или другую многоугольную форму при необходимости.

Средняя толщина t_2 клеевой части 41 составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Когда средняя толщина t_2 клеевой части 41 меньше 1,0 мкм, достаточная сила склеивания не может обеспечиваться. По этой причине нижний предел средней толщины t_2 клеевой части 41 составляет 1,0 мкм, более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, когда средняя толщина t_2 клеевой части 41 становится больше 3,0 мкм, возникают такие проблемы, как большое увеличение величины натяжения листа 40 электротехнической стали вследствие усадки во время затвердевания. По этой причине верхний предел средней толщины t_2 клеевой части 41 составляет 3,0 мкм, более предпочтительно 2,6 мкм и наиболее предпочтительно 1,8 мкм.

Средняя толщина t_2 клеевой части 41 является средним значением всего шихтованного сердечника. Средняя толщина t_2 клеевых частей 41 практически не изменяется в позициях насаивания в осевом направлении и окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 может задаваться в качестве среднего значения числовых значений, измеряемых в 10 или более точек в окружном направлении в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

Помимо этого, средняя толщина t_2 (мкм) клеевой части 41 и средняя толщина t_1 (мкм) изоляционного покрытия удовлетворяют следующему соотношению 1.

$$-4,3 \cdot t_1 + 3,6 \leq t_2 \leq -4,3 \cdot t_1 + 6,9 \quad (\text{соотношение 1})$$

Дополнительно, средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 составляет 1500-4500 МПа, и средний модуль E упругости при растяжении (МПа) и средняя толщина t_1 (мкм) изоляционного покрытия удовлетворяют следующему соотношению 2.

$$-5000 \cdot t_1 + 4500 \leq E \leq -5000 \cdot t_1 + 9000 \quad (\text{соотношение 2})$$

Во-первых, относительно вышеприведенного уравнения 1, когда средняя толщина t_2 клеевых частей 41 меньше $-4,3 \cdot t_1 + 3,6$, связь с изоляционным покрытием является плохой, и прочность склеивания не может обеспечиваться, и механическая прочность сердечника 21 статора не может поддерживаться. С другой стороны, когда средняя толщина t_2 клеевых частей 41 становится больше $-4,3 \cdot t_1 + 6,9$, плотное склеивание между изоляционным покрытием и листом 40 электротехнической стали имеет тенденцию

снижаться вследствие механического напряжения, прилагаемого посредством клеевых частей 41 к изоляционному покрытию. Из вышеозначенного, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 составляет в пределах диапазона уравнения 1.

Затем относительно вышеприведенного уравнения 2, когда средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 ниже $-5000 \cdot t_1 + 4500$, связь между клеевыми частями 41 и изоляционным покрытием становится плохой, и прочность склеивания не может поддерживаться, и механическая прочность сердечника 21 статора не может обеспечиваться. С другой стороны, когда средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 выше $-5000 \cdot t_1 + 9000$, механическое напряжение, прилагаемое посредством клеевых частей 41 к изоляционному покрытию, может уменьшать склеивание между изоляционным покрытием и листом 40 электротехнической стали. Из вышеозначенного, средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 предпочтительно находится в пределах диапазона уравнения 2.

Помимо этого, средняя толщина клеевых частей 41 может регулироваться посредством изменения, например, количества наносимого клея. Дополнительно, например, в случае термореактивного клея средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 может регулироваться посредством изменения одного либо обоих из условий нагрева и создания повышенного давления, и типа отверждающего агента, наносимого во время склеивания.

Дополнительно, по вышеуказанной причине, более предпочтительно, если средняя толщина t_1 (мкм) и средняя толщина t_2 (мкм) дополнительно удовлетворяют следующим соотношениям 3 и 4.

$$0,7 \leq t_1 \leq 0,9 \text{ (соотношение 3)}$$

$$1,2 \leq t_2 \leq 2,6 \text{ (соотношение 4)}$$

Кроме того, в настоящем варианте осуществления множество листов электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, прикрепляются друг к другу посредством крепления 42 (шкантов), показанного на фиг. 1. Тем не менее множества листов электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, также могут иметь многослойную конструкцию, закрепленную посредством клеевых частей, аналогично сердечнику 21 статора. Дополнительно, шихтованные сердечники, такие как сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, могут формироваться посредством так называемой укладки витками.

Примеры

С использованием устройства 100 для изготовления, показанного на фиг. 4, сердечник 21 статора изготавливается при изменении различных условий изготовления.

Во-первых, в дальнейшем описывается устройство 100 для изготовления. В устройстве 100 для изготовления, при подаче листов P электротехнической стали из катушки C (рулона) в направлении стрелки F , вырубка выполняется многократно посредством пресс-форм, расположенных на каждой ступени, с тем чтобы постепенно образовывать формы листов 40 электротехнической стали. Затем клей наносится на нижние поверхности листов 40 электротехнической стали, и вырубленные листы 40 электротехнической стали наслаиваются и прижимаются при повышении температуры. Как результат, клей отверждается, чтобы формировать клеевые части 41, и в силу этого склеивание завершается.

Как показано на фиг. 4, устройство 100 для изготовления включает в себя вырубочную станцию 110 первой ступени в позиции, ближайшей к катушке C , вырубочную станцию 120 второй ступени, расположенную рядом на стороне выхода в направлении транспортировки листа P электротехнической стали от вырубочной станции 110, и станцию 130 для нанесения клеевого покрытия, расположенную рядом на стороне выхода еще далее от вырубочной станции 120.

Вырубочная станция 110 включает в себя стационарную пресс-форму 111, расположенную ниже листа P электротехнической стали, и перемещаемую пресс-форму 112, расположенную выше листа P электротехнической стали.

Вырубочная станция 120 включает в себя стационарную пресс-форму 121, расположенную ниже листа P электротехнической стали, и перемещаемую пресс-форму 122, расположенную выше листа P электротехнической стали.

Станция 130 для нанесения клеевого покрытия включает в себя аппликатор 131, включающий в себя множество инжекторов, расположенных в соответствии с шаблоном нанесения клеевого покрытия.

Устройство 100 для изготовления дополнительно включает в себя укладочную станцию 140 в ниже лежащей позиции относительно 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, перемещаемую 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 листа P электротехнической стали. С другой стороны, перемещаемая пресс-форма 144 для придания внешней формы и пружина 145 располагаются выше листа P электротехнической стали. Кроме того, ссылка с номером 21 указывает сердечник статора.

В устройстве 100 для изготовления, имеющем конфигурацию, описанную выше, во-первых, лист P

электротехнической стали последовательно отправляется из катушки С в направлении стрелки F по фиг. 4. Затем лист Р электротехнической стали, во-первых, подвергается вырубке посредством вырубочной станции 110. Затем лист Р электротехнической стали подвергается вырубке посредством вырубочной станции 120. Посредством этих процессов перфорации форма листа 40 электротехнической стали, имеющего заднюю часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23, показанных на фиг. 3, получается для листа Р электротехнической стали. Тем не менее, поскольку он не полностью вырубается в этот момент, процесс переходит к следующему этапу в направлении стрелки F. В станции 130 для нанесения клейкого покрытия на следующем этапе клей, подаваемый из каждого из инжекторов аппликатора 131, наносится в точечной форме.

После этого, в завершение, лист Р электротехнической стали отправляется в укладочную станцию 140, вырубается посредством перемещаемой пресс-формы 144 для придания внешней формы и наслаивается с высокой точностью. Во время этой укладки лист 40 электротехнической стали воспринимает постоянную прижимающую силу посредством пружины 145.

Посредством последовательного повторения процесса перфорации, процесса нанесения клейкого покрытия и процесса укладки, как описано выше, может наслаиваться предварительно определенное число листов 40 электротехнической стали. Дополнительно, шихтованный сердечник, сформированный посредством укладки листов 40 электротехнической стали таким образом, нагревается, например, до температуры 200°C посредством нагревательного устройства 141. Этот нагрев отверждает клей, чтобы формировать клеевые части 41.

Сердечник 21 статора полностью подготавливается посредством каждого из вышеуказанных этапов.

С использованием устройства 100 для изготовления, описанного выше, изготавливаются сердечники 21 статора, показанные в № 1-29 в табл. 1А и 1В. Химические компоненты листа 40 электротехнической стали, используемого при изготовлении каждого сердечника 21 статора, унифицируются следующим образом. Помимо этого, каждое значение компонента указывается в "мас.%":

Si: 3,1,

Al: 0,7,

Mn: 0,3,

остаток: Fe и примеси.

Таблица 1А

Но мер	Лист электротехнической стали	Изоляционное покрытие	Клеевая часть				
			Используемый	Средняя	Средний	Удовлетво	Удовлетво

	толщина листа (мм)	толщина t1 (мкм)	клей	толщина t2 (мкм)	модуль упругост и при растяжен ии (МПа)	ряет или нет соотношен ию 1(*a)	ряет или нет соотношен ию 2(*b)
1	0,20	0,3	Эластомерный	2,4	3600	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
2	0,20	0,3	Эластомерный	2,8	4200	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
3	0,20	0,5	Эластомерный	1,5	2300	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
4	0,20	0,5	Эластомерный	2,1	3200	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
5	0,20	0,5	Эластомерный	2,7	4100	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
6	0,20	0,7	Эластомерный	1,6	2400	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
7	0,20	0,7	Эластомерный	2,3	3500	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
8	0,20	0,8	Эластомерный	1,4	2100	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
9	0,20	0,8	Эластомерный	2,7	4100	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
10	0,20	0,9	Эластомерный	1,8	2700	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
11	0,20	0,9	Эластомерный	2,3	3500	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
12	0,20	1,0	Эластомерный	1,6	2400	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
13	0,20	1,0	Эластомерный	2,2	3300	Удовлетво	Удовлетво

						ряется	ряется
14	0,20	1,2	Эластомерный	1,1	2000	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
15	0,20	1,2	Эластомерный	1,3	2000	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
16	0,20	<u>0,1</u>	Эластомерный	1,2	1800	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>
17	0,20	<u>0,1</u>	Эластомерный	2,1	3200	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>
18	0,20	0,3	Эластомерный	1,3	2000	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>
19	0,20	0,3	Эластомерный	<u>3,4</u>	<u>5100</u>	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
20	0,20	0,4	Эластомерный	1,2	1800	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>
21	0,20	0,6	Эластомерный	<u>3,6</u>	<u>5400</u>	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
22	0,20	0,8	Эластомерный	<u>0,5</u>	<u>800</u>	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
23	0,20	0,8	Эластомерный	<u>3,2</u>	<u>4800</u>	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
24	0,20	1,1	Эластомерный	<u>0,7</u>	<u>1100</u>	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
25	0,20	1,1	Эластомерный	2,6	3900	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>	<u>Не</u> <u>удовлетвор</u> <u>яется</u>

26	0,20	1,5	Эластомерный	0,8	1200	Не удовлетвор яется	Удовлетво ряется
27	0,20	1,4	Эластомерный	2,8	4200	Не удовлетвор яется	Не удовлетвор яется
28	0,20	0,8	Анаэробный клей	2,8	4200	Удовлетво ряется	Удовлетво ряется
29	0,20	1,1	Эластомерный	2,0	4200	Удовлетво ряется	Не удовлетвор яется

*a: $-4,3 \times t_1 + 3,6 \leq t_2 \leq -4,3 \times t_1 + 6,9$ (соотношение 1)

*b: $-5000 \times t_1 + 4500 \leq E \leq -5000 \times t_1 + 9000$ (соотношение 2)

Таблица 1В

Но мер	Механическая прочность		Присутствие или отсутствие отслоения изоляционного покрытия	Магнитные свойства		Пример/срав нительный пример
	(МПа)	Решение		W15/50	Решение	
1	6	Хорошая	Отсутствие	2,53	Хорошие	Пример
2	8	Хорошая	Отсутствие	2,56	Хорошие	Пример
3	7	Хорошая	Отсутствие	2,50	Превосходн ые	Пример
4	6	Хорошая	Отсутствие	2,56	Хорошие	Пример
5	10	Превосходн ая	Отсутствие	2,58	Хорошие	Пример
6	10	Превосходн ая	Отсутствие	2,49	Превосходн ые	Пример
7	5	Хорошая	Отсутствие	2,59	Хорошие	Пример
8	9	Превосходн	Отсутствие	2,50	Превосходн	Пример

		ая			ые	
9	5	Хорошая	Отсутствие	2,53	Хорошие	Пример
10	9	Превосходная	Отсутствие	2,51	Превосходные	Пример
11	7	Хорошая	Отсутствие	2,57	Хорошие	Пример
12	6	Хорошая	Отсутствие	2,50	Превосходные	Пример
13	6	Хорошая	Отсутствие	2,58	Хорошие	Пример
14	7	Хорошая	Отсутствие	2,59	Превосходные	Пример
15	5	Хорошая	Отсутствие	2,51	Превосходные	Пример
16	6	Хорошая	Отсутствие	<u>2,74</u>	Плохие	Сравнительный пример
17	9	Превосходная	Отсутствие	<u>2,79</u>	Плохие	Сравнительный пример
18	<u>1</u>	Плохая	Отсутствие	2,63	Хорошие	Сравнительный пример
19	10	Превосходная	<u>Присутствие</u>	<u>2,87</u>	Плохие	Сравнительный пример
20	<u>2</u>	Плохая	Отсутствие	2,58	Хорошие	Сравнительный пример
21	10	Превосходная	<u>Присутствие</u>	<u>2,74</u>	Плохие	Сравнительный пример
22	<u>1</u>	Плохая	Отсутствие	2,58	Хорошие	Сравнительный пример
23	9	Превосходная	<u>Присутствие</u>	<u>2,81</u>	Плохие	Сравнительный пример
24	<u>1</u>	Плохая	Отсутствие	2,57	Хорошие	Сравнительный пример
25	<u>2</u>	Плохая	Отсутствие	2,56	Хорошие	Сравнительный пример
26	7	Хорошая	<u>Присутствие</u>	2,57	Хорошие	Сравнительный пример
27	8	Хорошая	<u>Присутствие</u>	2,53	Хорошие	Сравнительный пример
28	6	Хорошая	<u>Присутствие</u>	<u>2,83</u>	Плохие	Сравнительный пример
29	5	Хорошая	Отсутствие	2,54	Хорошие	Пример

В частности, изготавливаются множество рулонов (катушек С), имеющих вышеуказанные химические компоненты. Толщина листа базовой стали каждого рулона унифицируется до 0,20 мм. Затем обра-

батывающий агент изоляционного покрытия, содержащий металлический фосфат и эмульсию на основе акриловой смолы, наносится на каждый из этих рулонов и обжигается при 300°C, чтобы формировать изоляционные покрытия на передней и задней поверхностях. В это время толщины изоляционных покрытий изменяются для каждого рулона. В частности, как показано в табл. 1А, каждое изоляционное покрытие формируется таким образом, что средняя толщина t_1 (мкм) на одной поверхности становится 0,1, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,4 и 1,5 мкм.

Затем рулон, установленный в устройство 100 для изготовления, изменяется, или тип клея, наносимого на лист 40 электротехнической стали, тип отверждающего агента, добавляемого в клей, тип ускорителя отверждения и толщина покровной пленки изменяются, за счет чего, как показано в табл. 1А, изготавливаются множество шихтованных сердечников (сердечников 21 статора), имеющих различные комбинации средней толщины t_1 изоляционного покрытия, типа клея, средней толщины t_2 клеевой части 41 и среднего модуля E упругости при растяжении.

В частности, сначала один из рулонов устанавливается в устройстве 100 для изготовления. После этого, при подаче листа P электротехнической стали из этого рулона в направлении стрелки F на фиг. 4, вырубается однопластинчатый сердечник (лист 40 электротехнической стали), который имеет кольцевую форму с внешним диаметром 300 мм и внутренним диаметром 240 мм и содержит 18 прямоугольных зубчатых частей 23, имеющих длину 30 мм и ширину 15 мм на стороне внутреннего диаметра.

Затем в то время, когда вырубленный однопластинчатый сердечник последовательно подается, на него наносится клей в точечной форме в каждой позиции, показанной на фиг. 3, затем он наслаивается, нагревается при прижатии при предварительно определенном давлении и отверждается. Идентичная обработка повторяется для 130 однопластинчатых сердечников, и один шихтованный сердечник (сердечник 21 статора) изготавливается.

Посредством выполнения идентичного процесса для каждого рулона при изменении каждого комбинированного условия, изготавливаются 29 типов шихтованных сердечников, показанных в № 1-29 в табл. 1А и 1В.

Помимо этого, в качестве клея акриловый клей второго поколения используется в качестве эластомерного клея в № 1-27 и № 29. С другой стороны, в № 28 анаэробный клей общего назначения используется в качестве анаэробного клея.

Дополнительно, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 регулируется посредством изменения наносимого количества для каждого шихтованного сердечника. Кроме того, средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей 41 регулируется для каждого шихтованного сердечника посредством изменения одного или обоих из условий нагрева и создания повышенного давления и типа отверждающего агента, наносимого во время склеивания в укладочной станции 140.

Каждый шихтованный сердечник, изготовленный с использованием способа, описанного выше, вырезается в поперечном сечении, включающем в себя оси. Затем определяется средняя толщина t_1 (мкм) изоляционных покрытий. Дополнительно, в клеевых частях 41 определяются средняя толщина t_2 (мкм) и средний модуль E упругости при растяжении после отверждения. Средний модуль E упругости при растяжении определяется с использованием способа, описанного выше. Внешний диаметр каждого клея в форме точки после отверждения составляет в среднем 5 мм.

После этого средняя толщина t_1 (мкм), средняя толщина t_2 (мкм) и средний модуль E упругости при растяжении (МРА) подставляются в вышеуказанные уравнения 1 и 2, и определяется то, удовлетворяются или нет уравнения 1 и 2. Результаты показаны в табл. 1А.

Дополнительно, жесткость (механическая прочность) шихтованного сердечника также оценивается. Механическая прочность оценивается с абсолютной величиной нагрузки, когда режущий край с шириной 20 мм, углом вершины 10° и R 0,15 мм постепенно прижимается к шихтованной части (между парой листов 40 электротехнической стали рядом друг с другом) шихтованного сердечника при увеличении нагрузки для того, чтобы формировать трещины. Более высокая нагрузка является более предпочтительной, и сердечник, имеющий 4 МПа или больше, определяется как хороший или превосходный. В механической прочности шихтованного сердечника в табл. 1В, "превосходная" указывает то, что высокая механическая прочность обеспечивается, "хорошая" указывает то, что необходимая и достаточная механическая прочность обеспечивается, и "плохая" указывает то, что минимальная требуемая механическая прочность не обеспечивается.

Дополнительно, также оценивается присутствие или отсутствие отслоения изоляционного покрытия. Относительно присутствия или отсутствия отслоения изоляционного покрытия в табл. 1В, "отсутствие" указывает состояние, в котором отсутствует отслоение, и "присутствие" указывает состояние, в котором отслоение возникает в отдельных местах.

Кроме того, магнитные свойства шихтованного сердечника также оцениваются. Когда магнитные свойства оцениваются, число многослойных листов задается равным 20, обмотка выполняется после нанесения на шихтованный сердечник покрытия в виде изоляционной бумаги, и потери в сердечнике ($W_{15/50}$ в табл. 1В) измеряются на частоте в 50 Гц и при плотности магнитного потока в 1,5 Тл. Здесь число наслаиваемых листов 40 электротехнической стали, когда оценка магнитных свойств выполняется,

задается равным 20, поскольку могут получаться почти идентичные результаты со случаем в 130.

Более низкие потери в сердечнике ($W_{15/50}$ в табл. 1В) являются более предпочтительными, и сердечник, имеющий 2,70 или меньше, определяется как хороший или превосходный. В магнитных свойствах шихтованных сердечников в табл. 1В "превосходные" указывает то, что высокие магнитные свойства могут обеспечиваться, "хорошие" указывает то, что необходимые и достаточные магнитные свойства обеспечиваются, и "плохие" указывает то, что минимальные требуемые магнитные свойства не обеспечиваются.

Дополнительно, фиг. 5 показывает взаимосвязь между средней толщиной t_1 изоляционных покрытий и средней толщиной t_2 клеевых частей 41, показанных в табл. 1А. Аналогично, фиг. 6 показывает взаимосвязь между средней толщиной t_1 изоляционных покрытий и средним модулем E упругости при растяжении клеевых частей 41, показанных в табл. 1А.

Как показано в табл. 1А и 1В, в сравнительных примерах, показанных в № 16 и 17, средняя толщина t_1 изоляционных покрытий является небольшой, и магнитные свойства ухудшаются.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 18, неравномерность изоляционных покрытий не может заполняться, и механическая прочность снижается.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 19, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 является большой, доля листов 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике снижается, и магнитные свойства ухудшаются.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 20, неравномерность изоляционных покрытий не может заполняться, и механическая прочность снижается.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 21, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 является большой, доля листов 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике снижается, и магнитные свойства ухудшаются.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 22, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 является небольшой, прочность склеивания понижается, и механическая прочность понижается.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 23, средняя толщина t_2 клеевых частей 41 является большой, доля листов 40 электротехнической стали в шихтованном сердечнике снижается, и магнитные свойства ухудшаются.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 24, средняя толщина t_2 клеевой части 41 является небольшой, прочность склеивания понижается, и механическая прочность понижается.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 25, поскольку средняя толщина t_1 изоляционных покрытий является относительно большой, и склеивание имело тенденцию снижаться, верхний предел средней толщины t_2 клеевых частей 41 (верхний предел среднего модуля E упругости при растяжении) существенно снижается, и механическая прочность снижается.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 26, средняя толщина t_1 изоляционных покрытий является большой, склеивание ухудшается, и покрытия отслаиваются.

Кроме того, в сравнительном примере, показанном в № 27, средняя толщина t_1 изоляционных покрытий является большой, склеивание ухудшается, и покрытия отслаиваются.

Дополнительно, хотя сравнительный пример, показанный в № 28, предусмотрен в области, показанной на каждом из фиг. 5 и 6, клей, используемый для склеивания, представляет собой анаэробный клей и не имеет структуру "си-айленд", и в силу этого отвержденные клеевые части 41 формируют натяжение в листах 40 электротехнической стали, и вследствие натяжения листов 40 электротехнической стали магнитные свойства ухудшаются.

С другой стороны, в № 1-15 и 29, которые представляют собой примеры, подтверждается то, что жесткость (механическая прочность) шихтованного сердечника является высокой, изоляционные покрытия не отслаиваются и магнитные свойства ($W_{15/50}$) имеют требуемые рабочие характеристики.

Из этих примеров, в частности, в № 3, 6, 8, 10, 12, 14 и 15, поскольку средняя толщина t_2 клеевых частей 41 составляет 1,8 мкм или меньше, должны получаться еще более высокие магнитные свойства, чем в других примерах.

Дополнительно, из них, в № 6, 8 и 10 средняя толщина t_1 изоляционных покрытий также удовлетворяет диапазону 0,7-0,9 мкм. По этой причине оптимизация выполнена относительно обеспечения рабочих характеристик изоляции, без ухудшения рабочих характеристик в качестве шихтованного сердечника, который является наиболее предпочтительным из всех примеров.

Кроме того, в настоящих примерах наносится термореактивный клей, но отсутствует различие по базовой тенденции даже с отверждаемым при комнатной температуре клеем.

Выше описываются варианты осуществления и примеры настоящего изобретения. Тем не менее объем настоящего изобретения не ограничен вышеописанным вариантом осуществления и примерами, и различные изменения могут вноситься в него без отступления от сущности настоящего изобретения.

Например, форма сердечника 21 статора не ограничена формой, показанной в вышеприведенном варианте осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника 21 статора, толщина наплавления, число прорезей, соотношение размеров зубчатой части 23 между в окружном направлении и в радиальном направлении, соотношение размеров в радиальном на-

правлении между зубчатой частью 23 и частью 22 спинки сердечника и т.п. могут произвольно рассчитываться в соответствии с требуемыми свойствами электродвигателя.

В роторе 30 вышеприведенного варианта осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 формирует один магнитный полюс, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, один постоянный магнит 32 может формировать один магнитный полюс либо три или более постоянных магнита 32 могут формировать один магнитный полюс.

В вышеописанном варианте осуществления электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера электродвигателя 10, но, как проиллюстрировано ниже, конструкция электродвигателя 10 не ограничена этим, и также могут использоваться различные известные конструкции, не проиллюстрированные ниже.

В вышеописанном варианте осуществления электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера электродвигателя, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель 10 может представлять собой реактивный электродвигатель или электродвигатель на электромагнитном поле (двухобмоточный электродвигатель).

В вышеописанном варианте осуществления синхронный электродвигатель описывается в качестве примера электродвигателя переменного тока, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель 10 может представлять собой асинхронный электродвигатель.

В вышеописанном варианте осуществления, электродвигатель переменного тока описывается в качестве примера электродвигателя 10, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель 10 может представлять собой электродвигатель постоянного тока.

В вариантах осуществления электродвигатель описывается в качестве примера электродвигателя, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель 10 может представлять собой генератор.

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

Промышленная применимость

Согласно настоящему изобретению может предоставляться клеено-шихтованный сердечник для статора, который может как предотвращать отслоение изоляционного покрытия, так и исключать ухудшение характеристик магнитных свойств вследствие механического напряжения, прикладываемого к листу электротехнической стали посредством клеевой части, и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник для статора. Следовательно, он обеспечивает широкую промышленную применимость.

Краткое описание ссылок с номерами:

10 - электродвигатель,

21 - шихтованный сердечник (клеено-шихтованный сердечник для статора),

40 - лист электротехнической стали,

41 - клеевая часть.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Клеено-шихтованный сердечник для статора, содержащий множество листов электротехнической стали, которые имеют фосфатные изоляционные покрытия на своих поверхностях и перекрываются коаксиально друг с другом; и клеевые части, предусмотренные между соответствующими листами электротехнической стали, при этом средняя толщина изоляционных покрытий составляет 0,3-1,2 мкм, средняя толщина клеевых частей составляет 1,0-3,0 мкм, и

в случае, если средняя толщина изоляционного покрытия задается как t_1 в единицах мкм и средняя толщина клеевых частей задается как t_2 в единицах мкм, удовлетворяется следующее соотношение 1:

$$-4,3 \cdot t_1 + 3,6 \leq t_2 \leq -4,3 \cdot t_1 + 6,9 \text{ (соотношение 1)},$$

при этом средний модуль E упругости при растяжении клеевых частей составляет 1500-4500 МПа и средний модуль E упругости при растяжении (МПа) и средняя толщина t_1 (мкм) изоляционного покрытия удовлетворяют следующему соотношению 2:

$$-5000 \cdot t_1 + 4500 \leq E \leq -5000 \cdot t_1 + 9000 \text{ (соотношение 2)}.$$

2. Клеено-шихтованный сердечник для статора по п.1, в котором средняя толщина t_1 составляет 0,7-0,9 мкм и средняя толщина t_2 составляет 1,2-2,6 мкм.

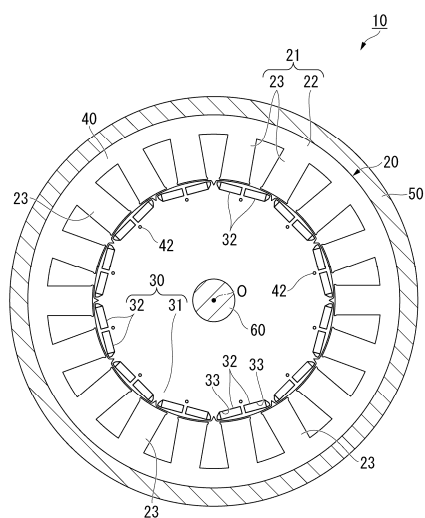
3. Клеено-шихтованный сердечник для статора по п.1, в котором средний модуль E упругости при растяжении составляет 1800-3650 МПа и средняя толщина t_1 составляет 0,7-0,9 мкм.

4. Клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп.1-3, в котором клеевые части представляют собой отверждаемые при комнатной температуре клеи на акриловой основе, содержащие SGA, изготовленный из эластомер-содержащего клея на акриловой основе.

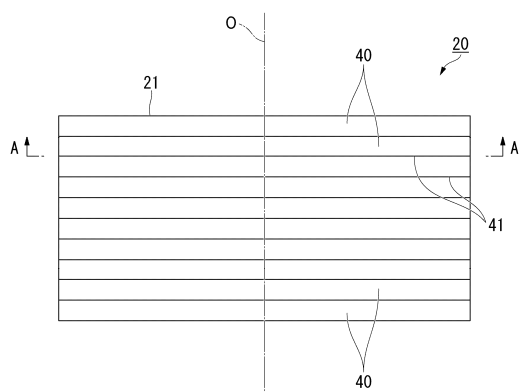
5. Клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп.1-4, в котором средняя толщина

листа(ов) электротехнической стали составляет 0,15-0,35 мм.

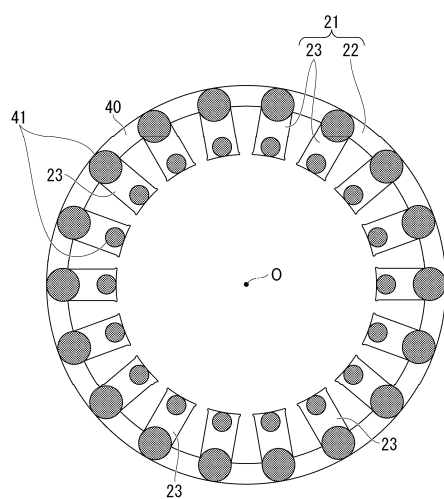
6. Электродвигатель, содержащий клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп.1-5.



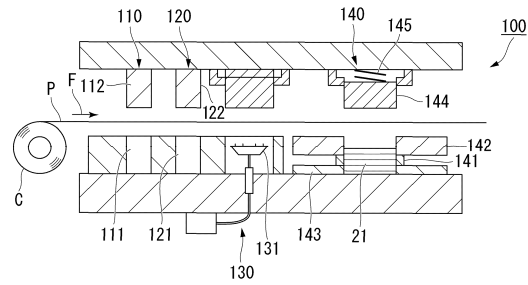
Фиг. 1



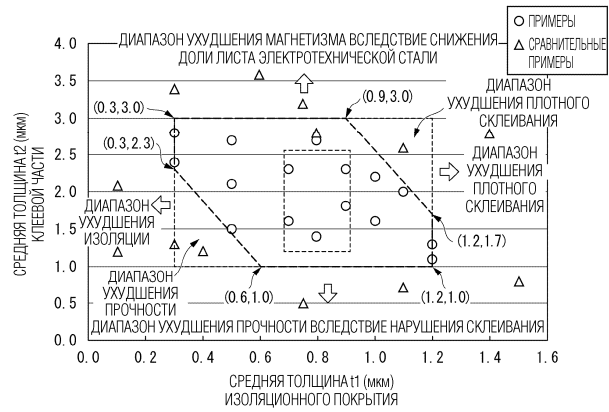
Фиг. 2



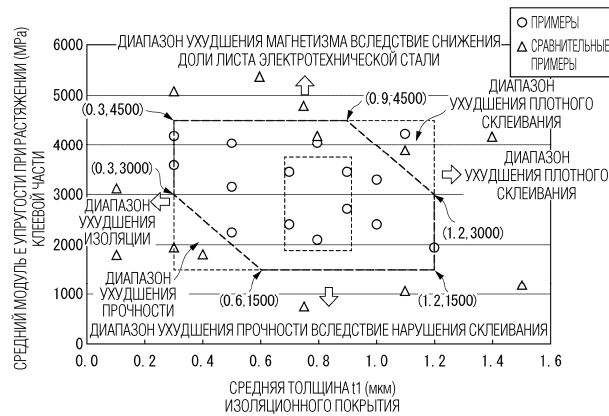
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

