

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043563**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.31

(21) Номер заявки
202192064

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(51) Int. Cl. **H02K 1/18** (2006.01)
H01F 3/02 (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01)
H01F 27/245 (2006.01)

(54) **ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ**

(31) **2018-235866**

(32) **2018.12.17**

(33) **JP**

(43) **2021.11.24**

(86) **PCT/JP2019/049261**

(87) **WO 2020/129924 2020.06.25**

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

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

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

(56) JP-A-201582848
JP-A-200288107
JP-A-2017108578

(57) Шихтованный сердечник включает в себя множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга. Все наборы листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закреплены друг к другу в шихтованном сердечнике. Некоторые наборы листов электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали крепятся, но не приклеиваются друг к другу, и оставшиеся наборы листов электротехнической стали приклеиваются, но не крепятся друг к другу.

B1

043563

043563

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к шихтованному сердечнику и электродвигателю.

Данная заявка притязает на приоритет заявки на патент (Япония) № 2018-235866, зарегистрированной 17 декабря 2018 г., содержимое которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Предпосылки создания изобретения

В предшествующем уровне техники известен шихтованный сердечник, раскрытый в следующем патентном документе 1. В этом шихтованном сердечнике листы электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки связываются посредством способов склеивания и крепления.

Список библиографических ссылок

Патентные документы.

Патентный документ 1.

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация № 2015-136228.

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением.

В шихтованном сердечнике в предшествующем уровне техники существует запас для улучшения в обеспечении размерной точности внешней формы и в улучшении магнитных свойств.

Настоящее изобретение осуществлено с учетом обстоятельств, описанных выше, и его цель заключается в том, чтобы обеспечивать размерную точность внешней формы и улучшить магнитные свойства.

Средство решения проблемы.

Чтобы разрешать указанные проблемы, настоящее изобретение предлагает следующие аспекты.

(1) Согласно первому аспекту настоящего изобретения предоставляется шихтованный сердечник, включающий в себя множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга. Все наборы листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закреплены друг к другу в шихтованном сердечнике. Некоторые наборы листов электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали прикреплены, но не приклеены друг к другу, и оставшиеся наборы листов электротехнической стали приклеены, но не прикреплены друг к другу.

При связывании посредством прикрепления по сравнению со связыванием посредством склеивания размерная точность может повышаться. Здесь некоторые наборы листов электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки прикреплены. Следовательно, в шихтованном сердечнике точность форм участков, сформированных посредством некоторых из наборов, может повышаться. Как результат точность внешней формы шихтованного сердечника может повышаться. Таким образом, свойства обрабатываемости шихтованного сердечника могут обеспечиваться. Например, даже когда обмотка наматывается вокруг шихтованного сердечника, наматывание и т.п. может точно выполняться.

Тем не менее при связывании посредством прикрепления возникает такая проблема, что ток короткого замыкания (паразитный ток) может формироваться между листами электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки. Здесь оставшиеся наборы листов электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки за исключением некоторых их наборов приклеены друг к другу. Следовательно, формирование паразитного тока может сдерживаться между листами электротехнической стали оставшихся наборов. Как результат магнитные свойства шихтованного сердечника могут улучшаться.

(2) В шихтованном сердечнике согласно (1) множество листов электротехнической стали могут приклеиваться через каждые второй или более наборов в направлении укладки.

Множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые второй или более наборов в направлении укладки. Следовательно, локальная концентрация листов электротехнической стали, связанных посредством склеивания в одном участке шихтованного сердечника в направлении укладки, может сдерживаться. Другими словами, листы электротехнической стали, связанные посредством склеивания, могут распределяться в направлении укладки. Как результат точность внешней формы шихтованного сердечника может дополнительно повышаться.

(3) В шихтованном сердечнике согласно (1) или (2) множество листов электротехнической стали могут приклеиваться через каждые наборы с простым номером в направлении укладки.

Аналогично обычным изделиям шихтованный сердечник также имеет уникальную резонансную частоту. Если резонансная частота шихтованного сердечника является низкой, резонанс возникает с большой вероятностью, когда вводится обычная вибрация. По этой причине предпочтительно, если резонансная частота шихтованного сердечника является высокой.

Здесь, когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов в направлении укладки, резонансная частота шихтованного сердечника имеет тенденцию зависеть от N.

Таким образом, когда они приклеиваются через каждые N наборов, (N+1) листов электротехнической стали располагаются между клеевыми частями рядом друг с другом в направлении укладки, и эти листы электротехнической стали крепятся друг к другу. Когда прочность связывания клеевых частей ниже прочности связывания крепления, (N+1) листов электротехнической стали с большей вероятностью должны вести себя как единое целое с клеевыми частями в качестве начальных точек. Другими словами,

(N+1) листов электротехнической стали ведут себя, как если они составляют один блок. В таком шихтованном сердечнике, когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов с равными интервалами в направлении укладки, резонансная частота шихтованного сердечника затрагивается посредством делителя N. Помимо этого, когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N1 наборов, через каждые N2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью различия друг от друга, резонансная частота шихтованного сердечника затрагивается посредством наименьшего общего кратного N1, N2 и т.д. Чем больше делитель или наименьшее общее кратное, тем выше резонансная частота шихтованного сердечника.

Множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые наборы с простым номером в направлении укладки. По этой причине, даже когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов (тем не менее N является простым числом) с равными интервалами в направлении укладки, N является простым числом, и в силу этого делитель может увеличиваться. Кроме того, также, когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N1 наборов, через каждые N2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью отличия друг от друга, наименьшее общее кратное N1, N2 и т.д. может увеличиваться. Следовательно, резонансная частота шихтованного сердечника может увеличиваться. Как результат, например, резонансная частота может становиться частотой выше частоты в слышимом диапазоне. Соответственно, например, даже когда этот шихтованный сердечник применяется к электродвигателю, возникновение шума вследствие резонанса может сдерживаться.

(4) В шихтованном сердечнике согласно любому из (1)-(3) участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различным номером в направлении укладки, могут присутствовать смешанно во множестве листов электротехнической стали.

Участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различными номерами в направлении укладки, присутствуют смешанно во множестве листов электротехнической стали. По этой причине, когда множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые N1 наборов, через каждые N2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью отличия друг от друга, наименьшее общее кратное N1, N2 и т.д. может увеличиваться. Следовательно, резонансная частота шихтованного сердечника может увеличиваться в соответствии с наименьшим общим кратным чисел их наборов. Соответственно возникновение шума вследствие резонанса дополнительно может сдерживаться.

Такие функциональные преимущества заметно демонстрируются, когда они приклеиваются друг к другу через каждые наборы с различным простым номером в направлении укладки. Таким образом, в этом случае наименьшее общее кратное может увеличиваться.

(5) В шихтованном сердечнике согласно любому из (1)-(4) листы электротехнической стали могут включать в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество частей зубцов, выступающих в радиальном направлении части спинки сердечника из части спинки сердечника и расположенных с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника.

Шихтованный сердечник представляет собой сердечник статора, включающий в себя часть спинки сердечника и части зубцов. По этой причине, например, когда обмотка принудительно проходит через прорезь между частями зубцов рядом друг с другом в окружном направлении, заметно демонстрируются функциональные преимущества обеспечения свойств обрабатываемости, описанных выше. Таким образом, если размерная точность прорези увеличивается, обмотка может легко обматываться вокруг частей зубцов согласно своей конструкции. Соответственно коэффициент заполнения обмотки в прорези может повышаться. Как результат электрическая нагрузка в прорези может повышаться.

(6) В шихтованном сердечнике согласно любому из (1)-(5) средняя толщина клеевой части может составлять в пределах диапазона 1,0-3,0 мкм.

(7) В шихтованном сердечнике согласно любому из (1)-(6) средний модуль упругости E при растяжении клеевой части может составлять в пределах диапазона 1500-4500 МПа.

(8) В шихтованном сердечнике согласно любому из (1)-(7) клеевая часть может представлять собой клеящий при комнатной температуре клеящий материал на акриловой основе, включающий в себя SGA, включающий в себя эластомерсодержащий клеящий материал на акриловой основе.

(9) Согласно второму аспекту настоящего изобретения предоставляется электродвигатель, включающий в себя шихтованный сердечник согласно любому из (1)-(8).

Преимущества изобретения.

Согласно настоящему изобретению размерная точность внешней формы может обеспечиваться и магнитные свойства могут улучшаться.

Краткое описание чертежей

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

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

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

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

Фиг. 5 является видом сверху листа электротехнической стали и крепления статора, включенных в электродвигатель, проиллюстрированный на фиг. 1.

Фиг. 6 является видом в поперечном сечении вдоль стрелки VI-VI, проиллюстрированной на фиг. 5.

Фиг. 7 является видом сбоку статора, включенного в первый пример модификации электродвигателя, проиллюстрированного на фиг. 1.

Фиг. 8 является видом в поперечном сечении статора, проиллюстрированного на фиг. 7, и является видом в поперечном сечении, соответствующим виду в поперечном сечении на фиг. 6.

Фиг. 9 является видом сбоку статора, включенного во второй пример модификации электродвигателя, проиллюстрированного на фиг. 1.

Фиг. 10 является видом сбоку статора, включенного в третий пример модификации электродвигателя, проиллюстрированного на фиг. 1.

Варианты осуществления для реализации изобретения

В дальнейшем в этом документе описывается электродвигатель согласно варианту осуществления настоящего изобретения со ссылкой на чертежи. В настоящем варианте осуществления электродвигатель, конкретно электродвигатель переменного тока, более конкретно синхронный электродвигатель и еще более конкретно электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера электродвигателя. Например, электродвигатели этих видов предпочтительно используются в электрических автомобилях и т.п.

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

В настоящем варианте осуществления электродвигатель с внутренним ротором, в котором ротор 30 позиционируется на внутренней стороне статора 20, используется в качестве электродвигателя 10. Тем не менее электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 позиционируется на наружной стороне статора 20, может использоваться в качестве электродвигателя 10. Помимо этого, в настоящем варианте осуществления, электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока, имеющий 12 полюсов и 18 прорезей. Тем не менее, например, число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может надлежащим образом изменяться. Например, этот электродвигатель 10 может вращаться с частотой вращения в 1000 об/мин 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 проиллюстрирована).

Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество частей 23 зубцов. В дальнейшем в этом документе, осевое направление (направление центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "осевым направлением". Радиальное направление (направление, ортогональное к центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "радиальным направлением". Окружное направление (орбитальное направление вокруг центральной оси О сердечника 21 статора) сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) называется "окружным направлением".

Часть 22 спинки сердечника формируется с возможностью иметь замкнутую кольцевую форму при виде сверху, при котором статор 20 просматривается в осевом направлении.

Множество частей 23 зубцов выступают внутрь в радиальном направлении (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении) из части 22 спинки сердечника. Множество частей 23 зубцов располагаются с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления, 18 частей 23 зубцов предоставляются через каждые 20° центрального угла, центрированного на центральной оси О. Множество частей 23 зубцов формируются с возможностью иметь формы и размеры, эквивалентные друг другу. Например, для целей уменьшения синхронного крутящего момента трогания электродвигателя, формы и размеры множества частей 23 зубцов могут не быть эквивалентными друг другу.

Обмотка обматывается вокруг частей 23 зубцов. Обмотка может подвергаться концентрированной обмотке или может подвергаться распределенной обмотке.

Ротор 30 располагается на внутренней стороне в радиальном направлении относительно статора 20 (сердечника 21 статора). 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), коаксиально расположенную со статором 20. Вращательный вал 60 располагается в сердечнике 31 ротора. Вращательный вал 60 крепится к сердечнику 31 ротора.

Множество постоянных магнитов 32 крепятся к сердечнику 31 ротора. В настоящем варианте осуществления, два постоянных магнита 32 в одном наборе формируют один магнитный полюс. Множество наборов постоянных магнитов 32 располагаются 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. Например, для целей уменьшения синхронного крутящего момента трогания электродвигателя, интервалы между постоянными магнитами 32 множества наборов могут не быть эквивалентными друг другу.

В настоящем варианте осуществления, электродвигатель с внутренними постоянными магнитами используется в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами. Множество сквозных отверстий 33, проходящих через сердечник 31 ротора в осевое направление, формируются в сердечнике 31 ротора. Множество сквозных отверстий 33 предоставляются в соответствии со множеством постоянных магнитов 32. Каждый из постоянных магнитов 32 крепится к сердечнику 31 ротора в состоянии расположения в соответствующем сквозном отверстии 33. Например, крепление каждого из постоянных магнитов 32 к сердечнику 31 ротора может быть реализовано посредством склеивания и т.п. между внешними поверхностями постоянных магнитов 32 и внутренними поверхностями сквозных отверстий 33 с использованием клеящего материала. Электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами может использоваться в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

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

Толщина укладки каждого из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора, например, задается равной 50,0 мм. Внешний диаметр сердечника 21 статора, например, задается равным 250,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 21 статора, например, задается равным 165,0 мм. Внешний диаметр сердечника 31 ротора, например, задается равным 163,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 31 ротора, например, задается равным 30,0 мм. Тем не менее эти значения представляют собой примеры, и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 21 статора и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями. Здесь внутренний диаметр сердечника 21 статора основан на частях верхушки частей 23 зубцов в сердечнике 21 статора. Внутренний диаметр сердечника 21 статора представляет собой диаметр воображаемой окружности, вписываемой в части верхушки всех частей 23 зубцов.

Например, каждый из листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, формируется посредством выполнения вырубki и т.п. листа электротехнической стали (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 настоящем варианте осуществления, листы электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры используются в качестве листов 40 электротехнической стали. Например, полосы электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры по JIS C 2552:2014 могут использоваться в качестве листов электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. Тем не менее листы электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой также могут использоваться в качестве листов 40 электротехнической стали вместо листов электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры. Например, полосы электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012 могут использоваться в качестве листов электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой.

Чтобы достигать улучшения обрабатываемости листов электротехнической стали и потерь в стали шихтованного сердечника, изоляционное покрытие предоставляется на обеих поверхностях листов 40 электротехнической стали. Например, (1) неорганическое соединение, (2) органический полимер, (3) смесь неорганического соединения и органического полимера и т.п. может выбираться в качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие. Примеры неорганического соединения включают в себя (1) комплексное соединение бихромата и борной кислоты и (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния. Примеры органического полимера включают в себя эпоксидную смолу, акриловую смолу, акрил-стирольную смолу, полиэфирную смолу, силиконовую смолу и фтористую смолу.

Чтобы обеспечивать изоляционные рабочие характеристики между листами 40 электротехнической стали, укладываемыми друг на друга, предпочтительно, если толщина изоляционного покрытия (толщина для одной поверхности листа 40 электротехнической стали) составляет 0,1 мкм или больше.

С другой стороны, изоляционная способность насыщается по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым. Помимо этого, коэффициент заполнения уменьшается, и рабочие характеристики в качестве шихтованного сердечника ухудшаются по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым. Следовательно, лучше, если изоляционное покрытие является тонким до такой степени, что могут обеспечиваться изоляционные рабочие характеристики. Толщина изоляционного покрытия (толщина для одной поверхности листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет в пределах диапазона 0,1-5 мкм, а более предпочтительно составляет в пределах диапазона 0,1-2 мкм.

Эффект достижения улучшения потерь в стали постепенно насыщается по мере того, как листы 40 электротехнической стали становятся тонкими. Помимо этого, затраты на изготовление листов 40 электротехнической стали увеличиваются по мере того, как листы 40 электротехнической стали становятся

тонкими. По этой причине с учетом эффекта достижения улучшения потерь в стали и затрат на изготовление предпочтительно, если толщины листов 40 электротехнической стали составляют 0,10 мм или больше.

С другой стороны, если листы 40 электротехнической стали являются чрезмерно толстыми, затруднительно выполнять обработку вырубкой прессованием листов 40 электротехнической стали. По этой причине с учетом обработки вырубкой прессованием листов 40 электротехнической стали предпочтительно, если толщины листов 40 электротехнической стали составляют 0,65 мм или меньше.

Помимо этого, если листы 40 электротехнической стали становятся толстыми, потери в стали увеличиваются. По этой причине с учетом характеристик потерь в стали листов 40 электротехнической стали, толщины листов 40 электротехнической стали предпочтительно составляют 0,35 мм или меньше, а более предпочтительно составляют 0,20 мм или 0,25 мм.

С учетом вышеприведенных аспектов, например, толщина каждого из листов 40 электротехнической стали составляет в пределах диапазона 0,10-0,65 мм, предпочтительно составляет в пределах диапазона 0,10-0,35 мм, а более предпочтительно составляет 0,20 мм или 0,25 мм. Толщины листов 40 электротехнической стали также включают в себя толщины изоляционных покрытий.

Некоторые из множества листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, приклеиваются друг к другу через клеевые части 41. Клеевые части 41 представляют собой клеящие материалы, предусмотренные между листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки и отвержденные без разделения. Например, термореактивные клеящие материалы для полимерного связывания и т.п. используются в качестве клеящих материалов. Состав, включающий в себя (1) смолу на акриловой основе, (2) смолу на эпоксидной основе, (3) смолу на акриловой основе и смолу на эпоксидной основе и т.п., может применяться в качестве состава клеящих материалов. В дополнение к термореактивным клеящим материалам, клеящие материалы на основе радикальной полимеризации и т.п. могут использоваться в качестве таких клеящих материалов. С точки зрения производительности, желательно использовать отверждаемые при комнатной температуре клеящие материалы. Отверждаемые при комнатной температуре клеящие материалы отверждаются при температуре в пределах диапазона 20-30°C. Клеящие материалы на акриловой основе являются предпочтительными в качестве отверждаемого при комнатной температуре клеящего материала. Характерные клеящие материалы на акриловой основе включают в себя акриловые клеящие материалы второго поколения (SGA) и т.п. В пределах диапазона без обеспечения преимуществ настоящего изобретения, могут использоваться любые из анаэробных клеящих материалов, мгновенных клеящих материалов и эластомерсодержащих акриловых клеящих материалов. Вышеуказанные клеящие материалы обозначают клеящие материалы в состоянии перед отверждением, и клеящие материалы становятся клеевыми частями 41 после отверждения.

Средний модуль упругости E при растяжении клеевых частей 41 при комнатной температуре (20-30°C) задается в пределах диапазона 1500-4500 МПа. Если средний модуль упругости E при растяжении клеевых частей 41 ниже 1500 МПа, возникает проблема низкой жесткости шихтованного сердечника. По этой причине, нижнее предельное значение для среднего модуля упругости E при растяжении клеевых частей 41 задается равным 1500 МПа, а более предпочтительно, 1800 МПа. Напротив, если средний модуль упругости E при растяжении клеевых частей 41 превышает 4500 МПа, возникает проблема отслоения изоляционных покрытий, сформированных на передних поверхностях листов 40 электротехнической стали. По этой причине, верхнее предельное значение для среднего модуля упругости E при растяжении клеевых частей 41 задается равным 4500 МПа, а более предпочтительно, 3650 МПа.

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

Более конкретно, сначала формируются образцы (не проиллюстрированы) для измерения. Образцы получают посредством склеивания двух листов 40 электротехнической стали друг к другу с использованием клеящего материала (цели измерений) и формирования отвержденной клеевой части 41. Клеевая часть 41 отверждается посредством выполнения нагрева и создания повышенного давления при условиях нагрева и создания повышенного давления во время фактической операции, когда клеящий материал представляет собой термореактивный клеящий материал. С другой стороны, клеевая часть 41 отверждается посредством выполнения создания повышенного давления при комнатной температуре, когда клеящий материал представляет собой отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал.

Дополнительно, модули упругости при растяжении выборок измеряются посредством резонансного способа. Способ измерения модуля упругости при растяжении посредством резонансного способа выполняется в соответствии с JIS R 1602:1995, как описано выше. После этого, модуль упругости при растяжении одной клеевой части 41 получается посредством удаления влияния самого листа 40 электротехнической стали из модуля упругости при растяжении (значения измерения) образца посредством вычисления.

Модули упругости на растяжение, полученные таким образом из выборок, становятся эквивалентными среднему значению во всем шихтованном сердечнике, и в силу этого это числовое значение рассматривается в качестве среднего модуля упругости E на растяжение. Состав задается таким образом,

что средний модуль упругости E при растяжении редко варьируется в позициях укладки в направлении его укладки или в позициях в окружном направлении вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, значение среднего модуля упругости E при растяжении также может быть числовым значением, полученным посредством измерения отвержденной клеевой части 41 в верхней конечной позиции в шихтованном сердечнике.

Например, способ, в котором клеящий материал применяется к листам 40 электротехнической стали, и затем они приклеиваются друг к другу через любое одно из или оба из нагрева и пакетирования сжатием, может использоваться в качестве способа склеивания. Например, любой способ может приспособиваться в качестве нагрева, такой как нагрев в высокотемпературной ванне или электрической печи либо способ прямого электроснабжения.

Чтобы стабильно получать достаточную прочность склеивания, предпочтительно, если толщины клеевых частей 41 составляют 1 мкм или больше.

С другой стороны, если толщины клеевых частей 41 превышают 100 мкм, адгезионная сила насыщается. Помимо этого, коэффициент заполнения уменьшается по мере того, как клеевые части 41 становятся более толстыми, и плотность крутящего момента, когда шихтованный сердечник применяется к электродвигателю, уменьшается. Следовательно, толщины клеевых частей 41 предпочтительно составляют в пределах диапазона 1-100 мкм, а более предпочтительно в пределах диапазона 1-10 мкм.

В вышеприведенном описании, толщины клеевых частей 41 обозначают среднюю толщину клеевых частей 41.

Более предпочтительно, если средняя толщина клеевых частей 41 составляет в пределах диапазона 1,0-3,0 мкм. Если средняя толщина клеевых частей 41 меньше 1,0 мкм, достаточная адгезионная сила, описанная выше, не может обеспечиваться. По этой причине нижнее предельное значение для средней толщины клеевых частей 41 задается равным 1,0 мкм, а более предпочтительно равным 1,2 мкм. Напротив, если средняя толщина клеевых частей 41 возрастает с превышением 3,0 мкм, возникает такая проблема, как радикальное увеличение величин натяжения листов 40 электротехнической стали вследствие усадки во время затвердевания. По этой причине верхнее предельное значение для средней толщины клеевых частей 41 задается равным 3,0 мкм, а более предпочтительно равным 2,6 мкм.

Средняя толщина клеевых частей 41 является средним значением всего шихтованного сердечника. Средняя толщина клеевых частей 41 редко варьируется в позициях укладки в направлении его укладки или в позициях в окружном направлении вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине значение средней толщины клеевых частей 41 может быть средним значением для числовых значений, измеряемых в десяти или более мест в верхней конечной позиции в шихтованном сердечнике в окружном направлении.

Например, средняя толщина клеевых частей 41 может регулироваться посредством варьирования применяемого количества клеящего материала. Помимо этого, например, в случае термореактивного клеящего материала, средний модуль упругости E при растяжении клеевых частей 41 может регулироваться посредством изменения одного или обоих условий нагрева и создания повышенного давления, применяемых во время склеивания, и вида отверждающего агента и т.п.

В настоящем варианте осуществления, множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, крепятся друг к другу с использованием крепления С (шканца). Тем не менее множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, могут приклеиваться друг к другу через клеевые части 41.

Шихтованный сердечник, такой как сердечник 21 статора или сердечник 31 ротора, может формироваться через так называемую укладку витками.

Здесь, как проиллюстрировано на фиг. 3 и 4, в сердечнике 21 статора настоящего варианта осуществления, все наборы листов 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закрепляются посредством любого из склеивания и прикрепления. Некоторые наборы листов 40 электротехнической стали из всех наборов листов 40 электротехнической стали прикрепляются, но не приклеиваются друг к другу, и оставшиеся наборы листов 40 электротехнической стали приклеиваются, но не прикрепляются друг к другу.

В настоящем варианте осуществления, множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые второй или более наборов в направлении укладки, конкретно через каждые наборы с простым номером (по меньшей мере, в этом подробном описании, простое число включает в себя 1) и более конкретно через каждый второй набор. Другими словами, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов в направлении укладки, N является натуральным числом, конкретно N является простым числом и более конкретно N равен 1. Таким образом, множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждый второй набор в направлении укладки и крепятся через каждый второй набор. Другими словами, множество листов 40 электротехнической стали попеременно связываются в направлении укладки посредством прикрепления и склеивания. А именно, как проиллюстрировано на фиг. 3, клеевые части 41 располагаются не между всеми наборами, а располагаются через каждый второй набор. Помимо этого, в листе 40 электротехнической стали, размещенном между парой листов 40 электротехнической стали в направлении укладки, лист 40 электротехниче-

ской стали прикрепляется к одному из пары листов 40 электротехнической стали и приклеивается к другому.

Здесь склеивание множества листов 40 электротехнической стали через каждые N наборов в направлении укладки обозначает то, что листы 40 электротехнической стали N наборов ($N+1$ листов) располагаются между парой клеевых частей 41, расположенных на большом расстоянии друг от друга в направлении укладки. Когда N равен 1, листы 40 электротехнической стали из одного набора (в два листа) располагаются между парой клеевых частей 41. Когда N равен 2, листы 40 электротехнической стали из двух наборов (в три листа) располагаются между парой клеевых частей 41.

Настоящее изобретение не ограничено таким образом. Аналогично статорам 20А и 20В согласно каждому из примеров модификаций, проиллюстрированных на фиг. 7 и 8 или 9, множество листов 40 электротехнической стали могут приклеиваться через каждые два набора (через каждые три листа) или через каждые три набора (через каждые четыре листа) в направлении укладки. Другими словами, клеевые части 41 могут предоставляться через каждые два набора или через каждые три набора в направлении укладки. В этих случаях, листы 40 электротехнической стали, которые не приклеиваются, прикрепляются друг к другу. Следовательно, во всех наборах листов 40 электротехнической стали, число наборов листов 40 электротехнической стали, связанных посредством прикрепления, превышает число наборов листов 40 электротехнической стали, связанных посредством склеивания.

Более того, настоящее изобретение не ограничено этим. Аналогично статору 20С согласно примеру модификации, проиллюстрированному на фиг. 10, участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различным номером в направлении укладки, могут присутствовать смешанно во множестве листов 40 электротехнической стали. Другими словами, во множестве листов 40 электротехнической стали, участки, приклеенные через каждые наборы с первым номером в направлении укладки, и участки, приклеенные через каждые наборы со вторым номером в направлении укладки, могут присутствовать смешанно. В примере модификации, проиллюстрированном на фиг. 10, во множестве листов 40 электротехнической стали, участки, приклеенные через каждый второй набор (через каждые два листа) в направлении укладки, и участки, приклеенные через каждые два набора (через каждые три листа) в направлении укладки, присутствуют смешанно. Таким образом, множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются друг к другу через каждые наборы с различным простым номером в направлении укладки.

Наборы, которые не приклеиваются, связываются посредством прикрепления. Здесь в этом примере модификации, листы 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые два набора после склеивания через каждый второй набор в направлении укладки и приклеиваются через каждые два набора после склеивания через каждый второй набор. Другими словами, множество листов 40 электротехнической стали попеременно приклеиваются через каждый второй набор (через каждые наборы с первым номером) и через каждые два набора (через каждые наборы со вторым номером) в направлении укладки.

В этом примере модификации вместо варианта через каждый второй набор и через каждые два набора листы 40 электротехнической стали могут приклеиваться через каждые наборы с номером, к примеру через каждые три или более наборов.

Помимо этого, множество листов 40 электротехнической стали могут не приклеиваться попеременно через каждые наборы с первым номером и через каждые наборы со вторым номером в направлении укладки. Например, листы 40 электротехнической стали, приклеенные через каждые наборы с первым номером, и листы 40 электротехнической стали, приклеенные через каждые наборы со вторым номером, могут располагаться нерегулярно.

Кроме того, множество листов 40 электротехнической стали могут не приклеиваться попеременно через каждые наборы с номером двух видов, к примеру через каждые наборы с первым номером и через каждые наборы со вторым номером в направлении укладки. Таким образом, они могут попеременно приклеиваться через каждые наборы с номером трех или более.

Как проиллюстрировано на фиг. 4, листы 40 электротехнической стали, которые являются смежными друг с другом в направлении укладки и приклеиваются друг к другу через клеевые части 41, не приклеиваются друг к другу по всей поверхности. Эти листы 40 электротехнической стали только локально приклеиваются друг к другу.

В настоящем варианте осуществления, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки приклеиваются через клеевые части 41, предусмотренные вдоль периферийных краев листов 40 электротехнической стали. В частности, листы 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки приклеиваются друг к другу через первые клеевые части 41а и вторые клеевые части 41b. Первые клеевые части 41а предоставляются вдоль внешних периферийных краев листов 40 электротехнической стали при виде сверху, при котором листы 40 электротехнической стали просматриваются в направлении укладки. Вторые клеевые части 41b предоставляются вдоль внутренних периферийных краев листов 40 электротехнической стали при виде сверху, при котором листы 40 электротехнической стали рассматриваются в направлении укладки. Каждая из первой и второй клеевых частей 41а и 41b формируется с возможностью иметь форму полосы при виде сверху.

Здесь форма полосы также включает в себя форму, в которой ширина полосы варьируется в середине. Например, форма, в которой круглая точка продолжается в одном направлении без разделения,

также включается в форму полосы, проходящую в одном направлении. Помимо этого, расположение вдоль периферийного края включает в себя не только случай полной параллельности с периферийным краем, но также и случай наличия наклона в пределах 5° , например, относительно периферийного края.

Первые клеевые части 41a располагаются вдоль внешних периферийных краев листов 40 электротехнической стали. Первые клеевые части 41a непрерывно проходят по всей окружности в окружном направлении. Первые клеевые части 41a формируются с возможностью иметь замкнутую кольцевую форму при виде сверху, при котором эти первые клеевые части 41a рассматриваются в направлении укладки.

Вторые клеевые части 41b располагаются вдоль внутренних периферийных краев листов 40 электротехнической стали. Вторые клеевые части 41b непрерывно проходят по всей окружности в окружном направлении.

Вторые клеевые части 41b включают в себя множество участков 44 зубцов и множество участков 45 спинки сердечника. Множество участков 44 зубцов предусмотрены с интервалами в окружном направлении и располагаются в соответствующих частях 23 зубцов. Множество участков 45 спинки сердечника располагаются в части 22 спинки сердечника и стыкуют участки 44 зубцов между собой рядом друг с другом в окружном направлении.

Участок 44 зубцов включает в себя пару первых участков 44a и второй участок 44b. Первые участки 44a располагаются с интервалами в окружном направлении. Первые участки 44a проходят в радиальном направлении. Первые участки 44a проходят в форме полосы в радиальном направлении. Вторым участком 44b стыкует пару первых участков 44a между собой в окружном направлении. Вторым участком 44b проходит в форме полосы в окружном направлении.

В настоящем варианте осуществления, формы всех клеевых частей 41, предоставленных между листами 40 электротехнической стали при виде сверху, являются идентичными. Формы клеевых частей 41 при виде сверху обозначают все формы клеевых частей 41 при виде сверху, при котором листы 40 электротехнической стали, предусмотренные с клеевыми частями 41, рассматриваются в направлении укладки. Наличие идентичных форм всех клеевых частей 41, предусмотренных между листами 40 электротехнической стали при виде сверху, включает в себя не только случай, в котором формы всех клеевых частей 41, предоставленных между листами 40 электротехнической стали при виде сверху, являются полностью идентичными, но также и включают в себя случай, в котором они являются практически идентичными. Случай практически идентичности включает случай, в котором формы всех клеевых частей 41, предоставленных между листами 40 электротехнической стали при виде сверху, совместно находятся в участках в 95% или больше.

Дополнительно в настоящем варианте осуществления, отношение площадей склеивания листов 40 электротехнической стали через клеевые части 41 составляет в пределах диапазона 1-40%. В проиллюстрированном примере отношение площадей склеивания составляет в пределах диапазона 1-20% и конкретно 20%. Отношение площадей склеивания листов 40 электротехнической стали через клеевые части 41 представляет собой отношение площади поверхности области, в которой предоставляются клеевые части 41 (область 42 склеивания) на поверхности, направленной в направлении укладки (которая в дальнейшем называется "первой поверхностью листов 40 электротехнической стали"), к площади поверхности для первой поверхности в листах 40 электротехнической стали. Область, в которой предоставляются клеевые части 41, указывает область, в которой предоставляется клеящий материал, отверждаемый без разделения (область 42 склеивания), на первой поверхности листов 40 электротехнической стали. Например, площадь поверхности области, в которой предоставляются клеевые части 41, получается посредством захвата изображения первой поверхности листов 40 электротехнической стали после отслоения и выполнения анализа изображений с результатами захваченного изображения.

В настоящем варианте осуществления отношение площадей склеивания листов 40 электротехнической стали через клеевые части 41 между листами 40 электротехнической стали составляет в пределах диапазона 1-20%. В обоих листах 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки оба отношения площадей склеивания листов 40 электротехнической стали через клеевые части 41 составляют в пределах диапазона 1-20%. Когда клеевые части 41 предоставляются с обеих сторон в направлении укладки относительно одного листа 40 электротехнической стали, оба отношения площадей склеивания обеих поверхностей листа 40 электротехнической стали составляют в пределах диапазона 1-20%.

По сравнению со случаем, в котором листы 40 электротехнической стали крепятся, площадь склеивания (площадь связывания) может легко обеспечиваться посредством склеивания листов 40 электротехнической стали через клеевые части 41.

Как проиллюстрировано на фиг. 5, крепления С1 и С2 формируются в листах 40 электротехнической стали, прикрепляемых друг к другу. Крепления С1 и С2 включают в себя первые крепления С1, предусмотренные в части 22 спинки сердечника, и вторые крепления С2, предусмотренные в частях 23 зубцов.

Множество первых креплений С1 располагаются с равными интервалами в окружном направлении. В проиллюстрированном примере, первые крепления С1 располагаются попеременно с частями 23 зуб-

цов в окружном направлении. Первые крепления С1 располагаются между частями 23 зубцов рядом друг с другом в окружном направлении. Первые крепления С1 располагаются в центре части 22 спинки сердечника в радиальном направлении.

Вторые крепления С2 предоставляются во всех частях 23 зубцов. Вторые крепления С2 располагаются в центре соответствующих частей 23 зубцов в окружном направлении. Два вторых крепления С2 располагаются в непосредственной близости в каждой из частей 23 зубцов в радиальном направлении.

Как проиллюстрировано на фиг. 6, первое крепление С1 включает в себя выдающиеся части С11 и утопленные части С12, предусмотренные в соответствующих листах 40 электротехнической стали. Выдающиеся части С11 выступают из листов 40 электротехнической стали в направлении укладки. Утопленные части С12 располагаются в участках, позиционированных на задних сторонах выдающихся частей С11 в соответствующих листах 40 электротехнической стали. Утопленные части С12 являются полыми в направлении укладки относительно передних поверхностей (первых поверхностей) листов 40 электротехнической стали. Выдающиеся части С11 и утопленные части С12, например, формируются посредством прижатия каждого из листов 40 электротехнической стали.

Здесь один из двух листов 40 электротехнической стали, прикрепляемых друг к другу, называется "первым листом 40 электротехнической стали", а другой называется "вторым листом 40 электротехнической стали". Первые крепления С1 формируются за счет обеспечения принудительной посадки выдающихся частей С11 первого листа 40 электротехнической стали в утопленные части С12 второго листа 40 электротехнической стали. Когда выдающиеся части С11 садятся в утопленные части С12 и первые крепления С1 формируются, ограничивается относительное смещение между двумя листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки.

Вторые крепления С2 имеют структуру, аналогичную структуре первых креплений С1. Второе крепление С2 включает в себя выдающиеся части С11 и утопленные части С12, предусмотренные в соответствующих листах 40 электротехнической стали. Вторые крепления С2 формируются, когда выдающиеся части С11 первого листа 40 электротехнической стали садятся в утопленные части С12 второго листа 40 электротехнической стали. Когда выдающиеся части С11 садятся в утопленные части С12 и вторые крепления С2 формируются, ограничивается относительное смещение между двумя листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки.

Формы выдающихся частей С11 и утопленных частей С12 не ограничены конкретным образом. Например, сквозные отверстия могут предоставляться в качестве утопленных частей С12 в листах 40 электротехнической стали.

Помимо этого, направление, в котором выдающиеся части С11 выступают, и направление, в котором утопленные части С12 являются полыми, может быть направлено в любую из первой стороны D1 и второй стороны D2 в направлении укладки.

В настоящем варианте осуществления, крепления С1 и С2 и клеевые части 41 не перекрывают друг друга при виде сверху и располагаются в позициях с избеганием друг друга. Крепления С1 и С2 и клеевые части 41 при виде сверху располагаются попеременно. Сумма площадей поверхности креплений С1 и С2 при виде сверху меньше суммы площадей поверхности клеевых частей 41.

Помимо этого, в настоящем варианте осуществления, листы 40 электротехнической стали прикрепляющиеся друг к другу, не приклеиваются. Другими словами, клеевые части 41 не предоставляются между листами 40 электротехнической стали, прикрепляемыми друг к другу.

Кроме того, в настоящем варианте осуществления, листы 40 электротехнической стали, приклеенные друг к другу, не прикрепляются. Другими словами, в листах 40 электротехнической стали, приклеенных друг к другу, выдающиеся части С11 и утопленные части С12 не садятся друг в друга. Таким образом, ограничение относительного смещения между листами 40 электротехнической стали, приклеенными друг к другу, не реализуется, по меньшей мере, посредством посадки между выдающимися частями С11 и утопленными частями С12.

По сравнению со связыванием посредством склеивания связывание посредством прикрепления может повышать размерную точность. Здесь некоторые наборы листов 40 электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки крепятся друг к другу. Следовательно, в сердечнике 21 статора точность форм участков, сформированных посредством некоторых из наборов, может повышаться. Как результат, может повышаться точность внешней формы сердечника 21 статора. Таким образом, могут обеспечиваться свойства обрабатываемости сердечника 21 статора. Например, даже когда обмотка обматывается вокруг сердечника 21 статора, наматывание и т.п. может выполняться точно.

В настоящем варианте осуществления, когда обмотка принудительно проходит через прорезь между частями 23 зубцов рядом друг с другом в окружном направлении, демонстрируются заметные функциональные преимущества обеспечения свойств обрабатываемости, описанных выше. Таким образом, если размерная точность прорези увеличивается, обмотка может легко обматываться вокруг частей 23 зубцов согласно своей конструкции. Соответственно коэффициент заполнения обмотки в прорези может повышаться. Как результат электрическая нагрузка в прорези может повышаться.

Тем не менее при связывании посредством прикрепления, возникает такая проблема, что ток корот-

кого замыкания (паразитный ток) может формироваться между листами 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки. Здесь оставшиеся наборы листов 40 электротехнической стали из всех наборов листов 40 электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки за исключением некоторых из наборов приклеиваются друг к другу. Следовательно, формирование паразитного тока может сдерживаться между оставшимися наборами листов 40 электротехнической стали. Как результат магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться.

Множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые второй или более наборов (в настоящем варианте осуществления, через каждый второй набор) в направлении укладки. Следовательно, локальная концентрация листов 40 электротехнической стали, связанных посредством склеивания в одном участке сердечника 21 статора в направлении укладки, может сдерживаться. Другими словами, листы 40 электротехнической стали, связанные посредством склеивания, могут распределяться в направлении укладки. Как результат, точность внешней формы сердечника 21 статора дополнительно может повышаться.

В этой связи аналогично обычным изделиям сердечник 21 статора также имеет уникальную резонансную частоту. Если резонансная частота сердечника 21 статора является низкой, резонанс возникает с большой вероятностью, когда вводится обычная вибрация. По этой причине предпочтительно, если резонансная частота сердечника 21 статора является высокой.

Здесь, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов в направлении укладки, резонансная частота сердечника 21 статора имеет тенденцию зависеть от N .

Таким образом, когда они приклеиваются через каждые N наборов, $(N+1)$ листов 40 электротехнической стали располагаются между клеевыми частями 41 рядом друг с другом в направлении укладки, и эти листы 40 электротехнической стали прикрепляются друг к другу. Когда прочность связывания клеевых частей 41 ниже прочности связывания прикрепления, $(N+1)$ листов 40 электротехнической стали с большой вероятностью должны вести себя как единое целое с клеевыми частями 41 в качестве начальных точек. Другими словами, $(N+1)$ листов 40 электротехнической стали ведут себя, как если они составляют один блок. В таком сердечнике 21 статора, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов с равными интервалами в направлении укладки, резонансная частота сердечника 21 статора затрагивается посредством делителя N . Помимо этого, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N_1 наборов, через каждые N_2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью отличия друг от друга, резонансная частота сердечника 21 статора затрагивается посредством наименьшего общего кратного N_1 , N_2 и т.д. Чем больше делитель или наименьшее общее кратное, тем выше резонансная частота сердечника 21 статора.

Множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые наборы с простым номером (в настоящем варианте осуществления, через каждый второй набор) в направлении укладки. По этой причине, даже когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N наборов (в данном документе N является простым числом) с равными интервалами в направлении укладки, N является простым числом, и в силу этого делитель может увеличиваться. Кроме того, также, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N_1 наборов, через каждые N_2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью различия друг от друга, наименьшее общее кратное N_1 , N_2 и т.д. может увеличиваться. Следовательно, резонансная частота сердечника 21 статора может увеличиваться. Как результат, например, резонансная частота может становиться частотой выше частоты в слышимом диапазоне. Соответственно, например, аналогично настоящему варианту осуществления, даже когда этот сердечник 21 статора применяется к электродвигателю, возникновение шума вследствие резонанса может сдерживаться.

В примере модификации, проиллюстрированном на фиг. 10, участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различным номером в направлении укладки, присутствуют смешанно во множестве листов 40 электротехнической стали. По этой причине, когда множество листов 40 электротехнической стали приклеиваются через каждые N_1 наборов, через каждые N_2 наборов и т.д. в направлении укладки с возможностью различия друг от друга, наименьшее общее кратное N_1 , N_2 и т.д. может увеличиваться. Следовательно, резонансная частота сердечника 21 статора может увеличиваться в соответствии с наименьшим общим кратным чисел их наборов. Соответственно возникновение шума вследствие резонанса дополнительно может сдерживаться.

Аналогично вышеприведенному примеру такие функциональные преимущества заметно демонстрируются, когда они приклеиваются друг к другу через каждые наборы с различным простым номером в направлении укладки. Таким образом, в этом случае наименьшее общее кратное может увеличиваться.

Объем настоящего изобретения не ограничен вариантом осуществления, и различные изменения могут применяться в диапазоне без отступления от сущности настоящего изобретения.

Форма сердечника статора не ограничена формами, описанными в варианте осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника статора, толщины укладки, число прорезей, отношение размеров части 23 зубцов в радиальном направлении относительно окружного направления, отношение размеров части 22 спинки сердечника относительно частей 23 зубцов в радиальном направлении и т.п. могут произвольно рассчитываться в соответствии с характеристиками требуемо-

го электродвигателя.

В роторе согласно варианту осуществления, два постоянных магнита 32 в одном наборе формируют 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 варианте осуществления электродвигатель с возбуждением постоянными магнитами описывается в качестве примера электродвигателя, но конструкция электродвигателя не ограничена этим, как описано ниже в качестве примера. Кроме того, также могут использоваться различные известные конструкции, которые не описываются ниже в качестве примера.

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

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

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

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

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

Кроме того, составляющие элементы в варианте осуществления могут надлежащим образом заменяться известными составляющими элементами в диапазоне без отступления от сущности настоящего изобретения. Помимо этого, примеры модификаций могут надлежащим образом комбинироваться.

Далее выполняется проверочное испытание для проверки вышеприведенных функциональных преимуществ. Это проверочное испытание выполняется в моделированиях с использованием программного обеспечения. Программное обеспечение моделирования электромагнитного поля на основе конечно-элементного способа JMAG, изготовленное посредством JSOL Corporation, используется в качестве программного обеспечения.

Первое проверочное испытание и второе проверочное испытание выполняются в качестве проверочного испытания.

Первое проверочное испытание.

В первом проверочном испытании проверяются функциональные преимущества на основе сочетания приклепления и склеивания.

В этом проверочном испытании моделирования выполняются для статоров по сравнительным примерам 1 и 2 и статоров по примерам 1-3.

Во всех статорах по сравнительным примерам 1 и 2 и статорах по примерам 1-3 совместно вышеприведенный статор 20 согласно варианту осуществления, проиллюстрированному на фиг. 1-6, приспособляется в качестве базовой конструкции, и следующие аспекты изменяются в этом статоре 20. Таким образом, толщины листов для листов электротехнической стали задаются равными 0,20 мм, толщина укладки шихтованного сердечника задается равной 50 мм, число листов электротехнической стали задается равным 250.

После этого, в статоре по сравнительным примерам 1, все слои 250 листов электротехнической стали связываются посредством приклепления. В статоре по сравнительному примеру 2, все слои 250 листов электротехнической стали связываются посредством склеивания. В статоре по примеру 1 250 листов электротехнической стали связываются через каждый второй набор в направлении укладки посредством склеивания, и оставшиеся листы электротехнической стали связываются посредством приклепления (они попеременно связываются посредством склеивания и приклепления). В статоре по примеру 2 250 листов электротехнической стали связываются через каждые два набора в направлении укладки посредством склеивания, и оставшиеся листы электротехнической стали связываются посредством приклепления. В статоре по примеру 3 в 250 листах электротехнической стали, 125 листов электротехнической стали на одной стороне в направлении укладки связываются посредством склеивания и 125 оставшихся листов электротехнической стали связываются посредством приклепления.

В каждом из статоров по сравнительным примерам 1 и 2 и по примерам 1-3 проверяются потери в стали для одного листа электротехнической стали и размерная точность в качестве сердечника статора. Потери в стали вычисляются через моделирование с использованием вышеприведенного программного обеспечения. Размерная точность оценивается на основе размера отклонения от целевого размера в случае, в котором пять сердечников статора изготавливаются для каждого примера.

Следующая табл. 1 показывает результаты.

Таблица 1

	Сравнительный пример 1	Пример 1	Пример 2	Пример 3	Сравнительный пример 2
Способ связывания	прикрепление для всех слоев	прикрепление и склеивание через каждый второй набор	Склеивание через каждые два набора и прикрепление для оставшихся листов	прикрепление для половины и склеивание для другой половины	Склеивание для всех слоев
Паразитный ток	Короткое замыкание формируется	Небольшое короткое замыкание	Небольшое короткое замыкание	Небольшое короткое замыкание	Короткое замыкание избегается
Размерная точность	Превосходная	Хорошая	Допустимая	Хорошая	Плохая
Потери в стали (Вт/кг)	25,2	23,4	24,0	23,5	21,6

Из вышеозначенного в примере 1 по сравнению со сравнительным примером 1, например, наблюдается улучшение потерь в стали в 8,8% ($= (25,2 - 23,4) / 25,2$). По сравнению со сравнительным примером 1 улучшение потерь в стали достигается во всех примерах 1-3, и также подтверждено, что появляется небольшое формирование паразитного тока. Дополнительно относительно размерной точности получен такой результат, что примеры 1-3 являются более превосходными, чем сравнительный пример 2.

Второе проверочное испытание.

Во втором проверочном испытании проверяется взаимосвязь между интервалами склеивания и резонансом.

В этом проверочном испытании моделирования выполняются для статоров по примерам 11-21.

Во всех статорах по примерам 11-21 совместно вышеприведенный статор 20 согласно варианту осуществления, проиллюстрированному на фиг. 1-6, используется в качестве базовой конструкции, и следующие аспекты изменяются в этом статоре 20. Таким образом, толщины листов для листов электротехнической стали задаются равными 0,20 мм, толщина укладки шихтованного сердечника задается равной 50 мм, число листов электротехнической стали задается равным 250.

Далее задаются статоры по примерам 11-19 следующим образом.

В статоре по примеру 11 250 листов электротехнической стали связываются через каждый второй набор в направлении укладки посредством склеивания и оставшиеся листы электротехнической стали связываются посредством прикрепления (они попеременно связываются посредством склеивания и прикрепления).

В статоре по примеру 12 250 листов электротехнической стали связываются через каждые два набора в направлении укладки посредством склеивания, оставшиеся листы электротехнической стали связываются посредством прикрепления.

Аналогично в статорах по примерам 13-19 в 250 листах электротехнической стали интервал для связывания посредством склеивания постепенно увеличивается на один набор в соответствии с приращением номера примера, к примеру, через каждые три набора, через каждые четыре набора и т.д. и вплоть до через каждые девять наборов в направлении укладки.

Помимо этого, статоры по примерам 20 и 21 задаются следующим образом.

В статоре по примеру 20 в 250 листах электротехнической стали участки, приклеенные через каждые три набора в направлении укладки, и участки, приклеенные через каждые пять наборов в направлении укладки, смешиваются, и затем наборы, которые не приклеиваются, связываются посредством прикрепления.

В статоре по примеру 21 в 250 листах электротехнической стали участки, приклеенные через каждые три набора в направлении укладки, участки, приклеенные через каждые пять наборов в направлении укладки, и участки, приклеенные через каждые семь наборов в направлении укладки, смешиваются, и затем наборы, которые не приклеиваются, связываются посредством прикрепления.

Относительно этих статоров по примерам 11-19 проверяется то, возникает или нет вибрация в слышимом диапазоне во время резонанса.

Следующая табл. 2 показывает результаты.

Таблица 2

	Пример 11	Пример 12	Пример 13	Пример 14	Пример 15	Пример 16	Пример 17	Пример 18	Пример 19	Пример 20	Пример 21
Расположение клеевых частей	Через каждый второй набор	Через каждые два набора	Через каждые три набора	Через каждые четыре набора	Через каждые пять наборов	Через каждые шесть наборов	Через каждые семь наборов	Через каждые восемь наборов	Через каждые девять наборов	Через каждые три набора и через каждые пять наборов смешанно	Через каждые три набора, через каждые пять наборов и через каждые семь наборов смешанно
Резонанс	Слабый в слыши мом диапазо не	Слабый в слыши мом диапазо не	Слабый в слыши мом диапазо не	Сильный в слыши мом диапазо не	Слабый в слыши мом диапазо не	Сильный в слыши мом диапазо не	Слабый в слыши мом диапазо не	Сильный в слыши мом диапазо не	Сильный в слыши мом диапазо не	Чрезвычай но слабый в слыши мом диапазо не	Чрезвычай но слабый в слыши мом диапазо не

Из вышеозначенного в статорах по примерам 11, 12, 13, 15 и 17 (в статорах, в которых множество листов электротехнической стали приклеиваются через каждые наборы с простым номером в направлении укладки) подтверждается то, что вибрация в слышимом диапазоне является слабой.

Кроме того, в статорах по примерам 20 и 21 (в статорах, в которых участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различным простым номером в направлении укладки, присутствуют смешанно во множестве листов электротехнической стали) подтверждается то, что вибрация в слышимом диапазоне является чрезвычайно слабой.

Промышленная применимость.

Согласно настоящему изобретению размерная точность внешней формы может обеспечиваться и магнитные свойства могут улучшаться. Таким образом, предусмотрена существенная промышленная применимость.

Краткое описание ссылок с номерами.

10 - Электродвигатель;

21 - сердечник статора (шихтованный сердечник);

22 - часть спинки сердечника;

23 - часть зубцов;

40 - лист электротехнической стали.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шихтованный сердечник, содержащий множество листов электротехнической стали, которые уложены пакетом друг на друга и закреплены друг с другом посредством приклеивания, сформированного посредством посадки выдающихся частей в утопленные части, или приклеивания,

причем два листа электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки образуют один набор листов электротехнической стали,

при этом из всех наборов листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки каждый из этих наборов из двух листов электротехнической стали рядом друг с другом в направлении укладки закреплен с другими в шихтованном сердечнике посредством приклеивания или приклеивания, и

при этом некоторые наборы из двух листов электротехнической стали из всех наборов листов электротехнической стали прикреплены, но не приклеены друг к другу, и оставшиеся наборы из двух листов электротехнической стали приклеены, но не прикреплены друг к другу.

2. Шихтованный сердечник по п.1, в котором множество листов электротехнической стали приклеены через каждые второй или более наборов в направлении укладки.

3. Шихтованный сердечник по п.2, в котором множество листов электротехнической стали при-

клеены через каждые наборы с простым номером в направлении укладки.

4. Шихтованный сердечник по п.2 или 3, в котором участки, приклеенные друг к другу через каждые наборы с различным номером в направлении укладки, присутствуют смешанно во множестве листов электротехнической стали.

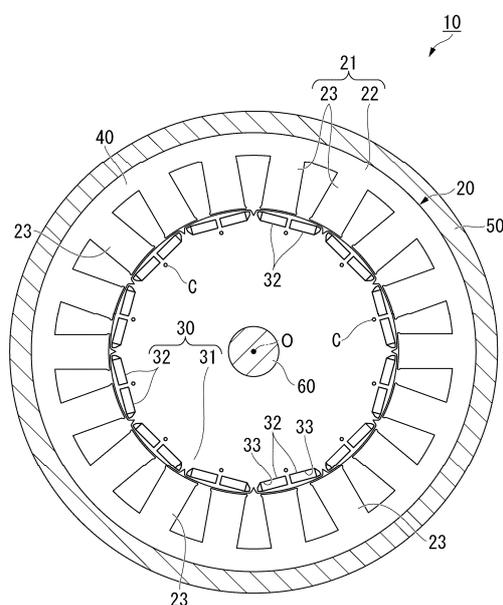
5. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-4, в котором листы электротехнической стали включают в себя кольцевую часть спинки сердечника и множество частей зубцов, выступающих в радиальном направлении части спинки сердечника из части спинки сердечника и расположенных с интервалами в окружном направлении части спинки сердечника.

6. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-5, в котором средняя толщина клеевой части составляет в пределах диапазона 1,0-3,0 мкм.

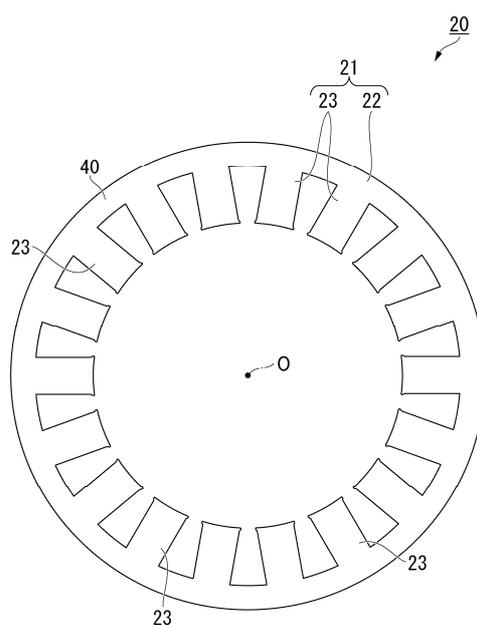
7. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-6, в котором средний модуль упругости E при растяжении клеевой части составляет в пределах диапазона 1500-4500 МПа.

8. Шихтованный сердечник по любому из пп.1-7, в котором клеевая часть представляет собой клеящий при комнатной температуре клеящий материал на акриловой основе, включающий в себя SGA, включающий в себя эластомерсодержащий клеящий материал на акриловой основе.

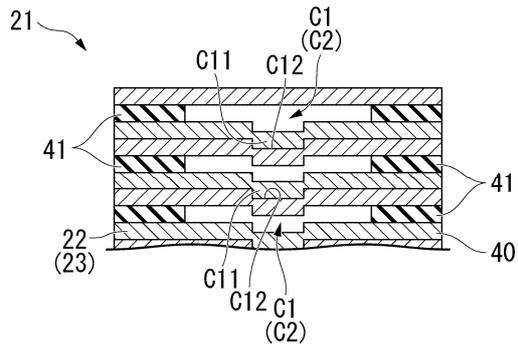
9. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп.1-8.



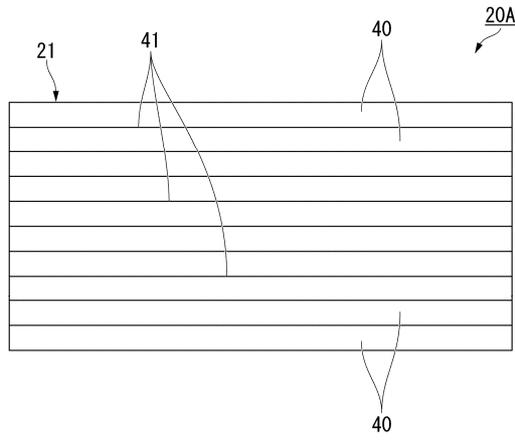
Фиг. 1



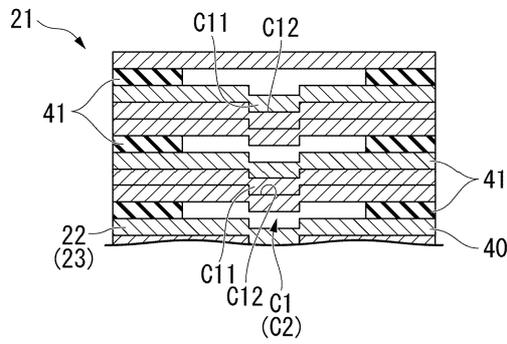
Фиг. 2



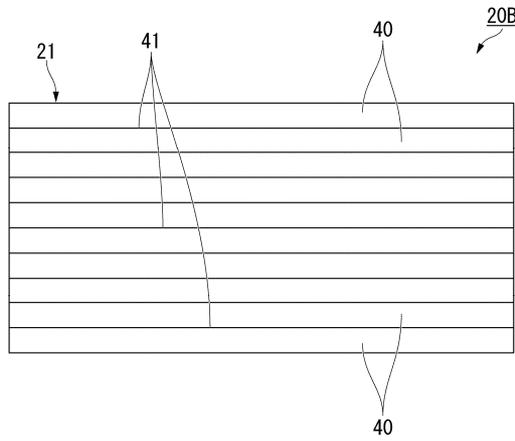
Фиг. 6



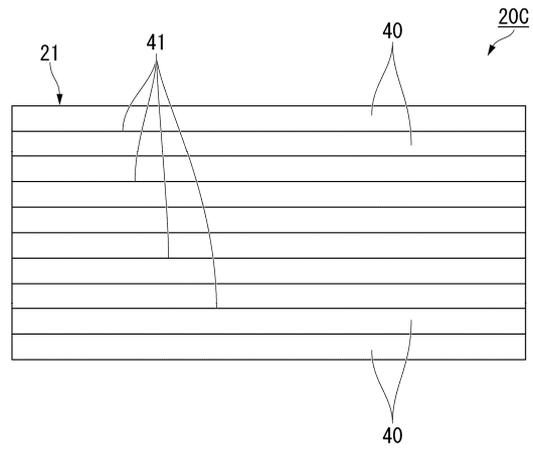
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

