

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202192074 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.11.10

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

(22) Дата подачи заявки  
2019.12.17

(54) КЛЕЕНО-ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК ДЛЯ СТАТОРА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

(31) 2018-235863

(72) Изобретатель:

(32) 2018.12.17

Такеда Кадзутоси, Хираяма Рюи (JP)

(33) JP

(74) Представитель:

(86) PCT/JP2019/049273

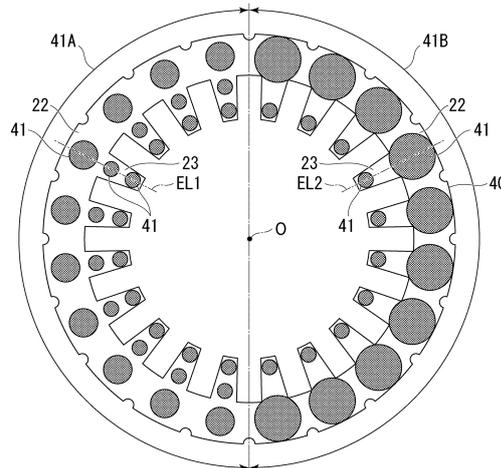
Медведев В.Н. (RU)

(87) WO 2020/129929 2020.06.25

(71) Заявитель:

НИШПОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН  
(JP)

(57) Предложенный клеено-шихтованный сердечник статора содержит множество листов электротехнической стали, соосно перекрывающих друг друга и каждый из которых имеет часть спинки сердечника и зубчатую часть; и множество клеевых частей, которые склеивают между собой листы электротехнической стали, при этом между соответствующими листами электротехнической стали частичная прочность склеивания, обеспеченная посредством клеевых частей и являющаяся средней прочностью склеивания на единицу площади, в зубчатой части, меньше, чем частичная прочность склеивания, обеспеченная посредством клеевых частей и являющаяся средней прочностью склеивания на единицу площади, в части спинки сердечника.



202192074 A1

202192074

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-570521EA/032

### КЛЕЕНО-ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК ДЛЯ СТАТОРА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Область техники, к которой относится изобретение

[0001] Настоящее изобретение относится к клеено-шихтованному сердечнику для статора и к электродвигателю.

Данная заявка притязает на приоритет заявки на патент (Япония) номер 2018-235863, зарегистрированной 17 декабря 2018 года, содержимое которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Предпосылки создания изобретения

[0002] В шихтованном сердечнике, используемом для электродвигателя, когда толщина листа электротехнической стали уменьшается, жесткость на каждый лист электротехнической стали уменьшается. Следовательно, хотя число их наслоений увеличивается, жесткость всего шихтованного сердечника также уменьшается. В этом случае, когда электродвигатель работает, могут возникать деформация статора или смещение шихтованного сердечника вследствие вращения ротора. Дополнительно, когда число слоев увеличивается, обработка во время производства шихтованного сердечника становится трудной, и возникают такие проблемы как деформация шихтованного сердечника и трудность в процедуре намотки.

[0003] Чтобы решать указанные проблемы, например, как в сердечнике электродвигателя (шихтованном сердечнике), описанном в патентном документе 1 ниже, увеличение механической прочности шихтованного сердечника может быть выполнено посредством фиксации формы шихтованного сердечника с помощью клеящего материала. Т.е., в сердечнике мотора, описанном в патентном документе 1, слои отверждаемого при комнатной температуре мгновенного клеящего материала размещаются во всех зубчатых частях таким образом, чтобы протягиваться в направлениях (радиальных направлениях), в которых зубчатые части проходят. Дополнительно, множество слоев термореактивного органического клеящего материала размещаются в окружном направлении практически кольцеобразных листов электротехнической стали. Кроме того, соседние листы электротехнической стали склеиваются друг с другом посредством слоев отверждаемого при комнатной температуре мгновенного клеящего материала и слоев термореактивного органического клеящего материала.

Список библиографических ссылок

Патентные документы

[0004] Патентный документ 1

Не прошедшая экспертизу заявка на патент (Япония), первая публикация № 2016-171652

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением

[0005] Однако, если прочность клеящих материалов в зубчатых частях является слишком высокой, сжимающее усилие вследствие усадки, когда клеящие материалы отвердевают, прикладывается к зубчатым частям, которое неблагоприятно влияет на их магнитные свойства. В способе, описанном в патентном документе 1, эта проблема не распознается, и, конечно, меры не предпринимаются для решения этой проблемы.

[0006] Настоящее изобретение было создано, принимая во внимание вышеуказанные обстоятельства, и его целью является предоставление клеено-шихтованного сердечника для статора, включающего в себя клеевую структуру, которая не оказывает неблагоприятное влияние на магнитные свойства зубчатых частей, в то же время увеличивая их механическую прочность, и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник для статора.

#### Средство решения проблемы

[0007] Чтобы разрешать вышеуказанную проблему, настоящее изобретение использует следующие средства.

(1) Клеено-шихтованный сердечник для статора согласно одному аспекту настоящего изобретения включает в себя: множество листов электротехнической стали, соосно перекрывающих друг друга, и каждый из которых имеет часть спинки сердечника и зубчатую часть; и множество клеевых частей, которые склеивают между собой листы электротехнической стали, в которых, между соответствующими листами электротехнической стали, прочность частичного склеивания, обеспечиваемая клеевыми частями и являющаяся средней прочностью склеивания на единицу площади в зубчатой части, ниже прочности частичного склеивания, обеспечиваемой клеевыми частями и являющейся средней прочностью склеивания на единицу площади в части спинки сердечника.

[0008] (2) В аспекте согласно вышеуказанному (1), может использоваться следующая конфигурация: среднее значение отношений прочности склеивания, полученного делением частичной прочности склеивания в зубчатой части на частичную прочность склеивания в части спинки сердечника, находится в диапазоне 0,1 или больше и меньше 1,0.

[0009] (3) В аспекте согласно вышеуказанному (1) или (2), может использоваться следующая конфигурация: среднее значение  $S1$  частичной прочности склеивания в зубчатой части равно 1-15 МПа; среднее значение  $S2$  частичной прочности склеивания в части спинки сердечника равно 15-50 МПа; и среднее значение  $S1$  ниже среднего значения  $S2$ .

[0010] (4) В аспекте согласно вышеуказанному (1) или (2), может использоваться следующая конфигурация: каждая из клеевых частей выполняется из клеящего материала, имеющего одинаковый химический состав; среднее значение  $A1$  доли площади клеевых частей в зубчатой части равно 10-50%; среднее значение  $A2$  доли площади клеевых частей в части спинки сердечника равно 50-100%; и среднее значение  $A1$  ниже среднего значения  $A2$ .

[0011] (5) В аспекте согласно любому из вышеуказанного (1)-(4), средняя толщина клеевых частей могут быть 1,0-3,0 мкм.

[0012] (6) В аспекте согласно любому из вышеуказанного (1)-(5), средний модуль Е упругости при растяжении клеевых частей может быть 1500-4500 МПа.

[0013] (7) В аспекте согласно любому из вышеуказанного (1)-(6), клеевые части могут быть отверждаемым при комнатной температуре клеящим материалом на акриловой основе, содержащим SGA, выполненный из эластомеросодержащего клеящего материала на акриловой основе.

[0014] (8) Электродвигатель согласно одному аспекту настоящего изобретения включает в себя клеено-шихтованный сердечник для статора согласно любому из вышеуказанного (1)-(7).

#### Преимущества изобретения

[0015] Согласно каждому аспекту настоящего изобретения, является возможным предоставлять клеено-шихтованный сердечник для статора, включающий в себя клеевую структуру, которая не оказывает неблагоприятное влияние на магнитные свойства зубчатых частей, в то же время увеличивая их механическую прочность, и электродвигатель, включающий в себя клеенно-шихтованный сердечник для статора.

#### Краткое описание чертежей

[0016] Фиг. 1 является видом в сечении электродвигателя, включающего в себя клеено-шихтованный сердечник для статора согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 является видом сбоку клеено-шихтованного сердечника для статора.

Фиг. 3 является видом в поперечном сечении по линии А-А на фиг. 2, показывающим множество примеров схем формирования клеевых частей в клеено-шихтованном сердечнике для статора.

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

Фиг. 5 является диаграммой, показывающей примеры, показанные в таблицах 1А и 1В, и является графиком, показывающим соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в позиции части спинки сердечника.

Фиг. 6 является диаграммой, показывающей примеры, показанные в таблицах 2А и 2В, и является графиком, показывающим соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в позиции части спинки сердечника.

Фиг. 7 является диаграммой, показывающей примеры, показанные в таблицах 3А и 3В, и является графиком, показывающим соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в позиции части спинки сердечника.

Фиг. 8 является диаграммой, показывающей примеры, показанные в таблицах 3А и

ЗВ, и является графиком, показывающим соотношение между долей площади в позиции зубчатой части и долей площади в позиции части спинки сердечника.

#### Варианты осуществления для реализации изобретения

[0017] 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 используется, например, для электротранспортного средства.

[0018] Как показано на фиг. 1, электродвигатель 10 включает в себя статор 20, ротор 30, кожух 50 и вращательный вал 60. Статор 20 и ротор 30 помещаются в кожух 50. Статор 20 крепится к внутренней части кожуха 50.

В настоящем варианте осуществления, в качестве электродвигателя 10, используется электродвигатель с внутренним ротором, в котором ротор 30 радиально расположен в статоре 20. Тем не менее, в качестве электродвигателя 10, может использоваться электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен за пределами статора 20. Дополнительно, в настоящем варианте осуществления, электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока, имеющий 12 полюсов и 18 прорезей. Тем не менее, число полюсов, число прорезей, число фаз и т.п. может изменяться надлежащим образом.

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

[0019] 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. В дальнейшем в этом документе, направление вдоль центральной оси О сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) называется "осевым направлением", радиальное направление сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) (т.е., направление, ортогональное к центральной оси О) называется "радиальным направлением", и окружное направление сердечника 21 статора (или части 22 спинки сердечника) (т.е., направление вращения вокруг центральной оси О) называется "окружным направлением".

[0020] Часть 22 спинки сердечника имеет круглую форму при виде сверху статора 20 вдоль осевого направления.

Множество зубчатых частей 23 проходят внутрь в радиальном направлении (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении) от внутренней

периферии части 22 спинки 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 градусов относительно центрального угла, центрированного на центральной оси О. Множество зубчатых частей 23 формируются с возможностью иметь идентичную форму и идентичный размер между собой. Таким образом, 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.

[0021] Ротор 30 располагается в статоре 20 (в сердечнике 21 статора) в радиальном направлении. Ротор 30 включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32.

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

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

[0022] В настоящем варианте осуществления, электродвигатель с внутренними постоянными магнитами используется в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами. Множество сквозных отверстий 33, которые проходят через сердечник 31 ротора в осевое направление, формируются в сердечнике 31 ротора. Множество сквозных отверстий 33 предоставляются таким образом, что они соответствуют компоновке множества постоянных магнитов 32. Каждый постоянный магнит 32 прикрепляется к сердечнику 31 ротора в состоянии, в котором он располагается в соответствующем сквозном отверстии 33. Прикрепление каждого постоянного магнита 32 к сердечнику 31 ротора может реализовываться, например, посредством предоставления склеивания между внешней поверхностью постоянного магнита 32 и внутренней поверхностью сквозного отверстия 33 с помощью клеящего материала и т.п. Кроме того, в качестве электродвигателя с возбуждением постоянными магнитами, электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами может использоваться вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

[0023] Сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора являются шихтованными сердечниками. 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 O) 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.

[0024] Каждый лист 40 электротехнической стали, формирующий сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, формируется, например, посредством вырубki листа электротехнической стали, служащего в качестве основного материала. В качестве листа 40 электротехнической стали, может использоваться известный лист электротехнической стали. Химический состав листа 40 электротехнической стали включает в себя 2,5-3,9% Si, как показано ниже в единицах массовых%. Диапазоны компонентов, отличных от Si, особо не ограничиваются, но желательные диапазоны в настоящем варианте осуществления указаны ниже. Посредством задания химического состава в этих диапазонах, предел текучести YP каждого листа 40 электротехнической стали может задаваться равным 380 МПа или больше и 540 МПа или меньше.

[0025] Si: 2,5-3,9%

Al: 0,001-3,0%

Mn: 0,05-5,0%

Остаток: Fe и примеси

[0026] В настоящем варианте осуществления, лист электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры используется в качестве листа 40 электротехнической стали. В качестве листа электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры, например, может использоваться полоса электротехнической стали без ориентированной зеренной структуры по JIS C 2552:2014. Однако, в качестве листа 40 электротехнической стали также является возможным использование листа электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой вместо листа электротехнической стали с неориентированным зерном. В качестве листа электротехнической стали с ориентированным зерном, может использоваться полоса электротехнической стали с ориентированной зеренной структурой по JIS C 2553:2012.

[0027] Изоляционные покрытия предоставляются на обеих поверхностях листа 40 электротехнической стали для того, чтобы улучшать возможность использования листа 40 электротехнической стали и потери в железе сердечника 21 статора (далее в данном

документе может просто называться "шихтованным сердечником"). 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. Среди них, в случае, в котором изоляционное покрытие является (1) неорганическим соединением или (3) смесью неорганического соединения и органической смолы, является возможным значительно препятствовать ухудшению в магнитных свойствах вследствие усадки при отверждении каждой из клеевых частей. В качестве неорганического соединения, например, (1) комплексное соединение дихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. может быть приведено в качестве примера. В качестве органического полимера, может примерно иллюстрироваться эпоксидная смола, акриловая смола, акрил-стирольная смола, полиэфирная смола, силиконовая смола и фтористая смола.

[0028] Чтобы обеспечивать рабочие характеристики изоляции между листами 40 электротехнической стали, наслаиваемыми друг на друга, верхний предел средней толщины изоляционного покрытия (средняя толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 1,5 мкм, более предпочтительно 1,2 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. Нижний предел средней толщины изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,3 мкм, более предпочтительно 0,5 мкм. В качестве средней толщины изоляционного покрытия, например, 0,8 мкм может быть применена в вышеупомянутых верхнем и нижнем предельных диапазонах.

Средняя толщина изоляционного покрытия является средним значением всего шихтованного сердечника. Толщина изоляционного покрытия едва ли меняется на протяжении их наслоенных позиций в осевом направлении и угловом положении вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средняя толщина изоляционного покрытия может задаваться в качестве значения, измеряемого в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

[0029] По мере того, как толщина листа 40 электротехнической стали становится тоньше, эффект уменьшения потерь в стали постепенно становится насыщенным. Дополнительно, по мере того, как лист электротехнической стали 40 становится более тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. По этой причине, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет

0,10 мм или больше с учетом эффекта улучшения потерь в стали и затрат на изготовление.

С другой стороны, если лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, операция вырубki прессованием листа 40 электротехнической стали становится затруднительной. По этой причине, с учетом операции вырубki прессованием листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,65 мм или меньше. Кроме того, толщина листа 40 электротехнической стали включает в себя толщину изоляционного покрытия.

Средняя толщина каждого листа 40 электротехнической стали является средним значением всего шихтованного сердечника. Толщина каждого листа 40 электротехнической стали едва ли изменяется на протяжении наложенных позиций в осевом направлении и угловой позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средняя толщина каждого листа 40 электротехнической стали может быть задана в качестве значения, измеренного в верхней крайней позиции шихтованного сердечника.

[0030] Множество листов 40 электротехнической стали, формирующих сердечник 21 статора, наслаиваются, например, через множество клеевых частей 41 точечной формы. Каждая из клеевых частей 41 формируется из клеящего материала, который отверждается без разделения. Для клеевой части 41 используется, например, терморезактивный клеящий материал посредством полимерного связывания и т.п. В качестве клеящего материала для формирования клеевой части 41 возможно применять клеящий материал, который содержит любую из (1) акриловой смолы, (2) эпоксидной смолы и (3) акриловой смолы с эпоксидной смолой, каждая имеет адгезионную способность к маслу.

[0031] Для клеящего материала для формирования клеевой части 41 радикально полимеризующийся клеящий материал или т.п. может быть использован в дополнение к терморезактивному клеящему материалу, а с точки зрения производительности предпочтительно используется отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал. Отверждаемый при комнатной температуре (приклеиваемый при комнатной температуре) клеящий материал отверждается при температуре 20-30°C. В качестве отверждаемого при комнатной температуре клеящего материала, клеящий материал на акриловой основе является предпочтительным. Типичный клеящий материал на акриловой основе включает в себя клеящий материал на акриловой основе второго поколения (SGA) и т.п. Любое из анаэробного клеящего материала, мгновенного клеящего материала и эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе может использоваться в пределах диапазона, в котором преимущества настоящего изобретения не нарушаются. Кроме того, клеящий материал, упомянутый в данном документе, представляет собой клеящий материал в состоянии до отверждения и становится клеевой частью 41 после того, как клеящий материал отверждается.

[0032] Средний модуль  $E$  упругости при растяжении клеевой части 41 при комнатной температуре (20-30°C) находится в диапазоне в 1500-4500 МПа. Если средний модуль упругости при растяжении клеевой части 41 меньше 1500 МПа, возникает такая

проблема, что жесткость шихтованного сердечника понижается. По этой причине, нижний предел среднего модуля упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 1500 МПа, более предпочтительно 1800 МПа. Напротив, если средний модуль упругости при растяжении клеевой части 41 превышает 4500 МПа, будет проблема в том, что напряжение и натяжение, прикладываемое к листу 40 электротехнической стали, увеличиваются, и магнитные свойства сердечника ухудшаются. По этой причине, верхний предел среднего модуля упругости при растяжении клеевой части 41 составляет 4500 МПа, более предпочтительно 3650 МПа. Средний модуль упругости при растяжении каждой клеевой части 41 может быть отрегулирован посредством изменения одного или обоих из: условий нагрева и повышения давления, применяемых во время приклеивания; и типа отверждающего агента.

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

[0033] Более конкретно, сначала изготавливается проба для измерения (не показана). Эта проба получается посредством обеспечения склеивания между двумя листами 40 электротехнической стали с использованием клеящего материала, который представляет собой цель измерений, и их отверждения, с тем чтобы сформировать клеевую часть 41. В случае, в котором клеящий материал является термореактивным, отверждение выполняется посредством нагрева и создания повышенного давления он при условиях нагрева и создания повышенного давления в фактической обработке. С другой стороны, в случае, в котором клеящий материал имеет отверждаемый при комнатной температуре тип, отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре.

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

[0034] Поскольку модуль упругости при растяжении, полученный из образца таким образом, является равным среднему значению для всего шихтованного сердечника, это значение считается средним модулем упругости при растяжении. Состав задается так, что средний модуль упругости при растяжении едва ли изменяется на протяжении наложенных позиций в осевом направлении или в угловой позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средний модуль упругости при растяжении может задаваться равным значению, полученному посредством измерения клеевой части 41 после отверждения в верхней конечной позиции шихтованного сердечника.

[0035] В качестве способа склеивания между собой листов 40 электротехнической стали, может применяться способ склеивания, с помощью которого клеящий материал наносится на нижние поверхности (поверхности на одной стороне) листов 40 электротехнической стали, затем они перекрываются, и затем одно или то и другое из нагрева и укладки с прижатием выполняются для отверждения клеящего материала, чтобы формировать клеевую часть 41. 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 используется отверждаемый при комнатной температуре клеящий материал, они склеиваются только посредством пакетирования сжатием без нагрева.

[0036] Чтобы получать стабильную и достаточную прочность склеивания, толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше.

С другой стороны, если толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила склеивания насыщается. Дополнительно, по мере того, как клеевая часть 41 становится толстой, пространственный коэффициент уменьшается, и магнитные свойства, такие как потери в стали шихтованного сердечника, уменьшаются. Таким образом, толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше и 100 мкм или меньше, более предпочтительно 1 мкм или больше и 10 мкм или меньше.

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

[0037] Средняя толщина клеевой части 41 более предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Если средняя толщина клеевой части 41 меньше 1,0 мкм, достаточная сила склеивания не может обеспечиваться, как описано выше. По этой причине, нижний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 1,0 мкм, более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, если средняя толщина клеевой части 41 становится толще 3,0 мкм, возникают такие проблемы, как значительное увеличение величины натяжения листа 40 электротехнической стали вследствие усадки во время затвердевания. По этой причине, верхний предел средней толщины клеевой части 41 составляет 3,0 мкм, более предпочтительно 2,6 мкм.

[0038] Средняя толщина клеевой части 41 является средним значением всего шихтованного сердечника. Средняя толщина клеевой части 41 практически не изменяется в позициях наслаивания в осевом направлении и окружной позиции вокруг центральной оси шихтованного сердечника. По этой причине, средняя толщина клеевой части 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 клеевых частей 41 может регулироваться посредством изменения, например, количества наносимого клеящего материала.

[0039] Фиг. 3 показывает пример схем формирования клеевой части 41. На фиг. 3 две схемы 41А и 41В формирования показаны вместе на одном чертеже с помощью линии

с чередующимися длинными и короткими штрихами в качестве границы. В случае применения схемы 41А формирования вся поверхность листа 40 электротехнической стали формируется в такой схеме покрытия. С другой стороны, в случае применения схемы 41В формирования вся поверхность листа 40 электротехнической стали формируется в такой схеме покрытия.

Во-первых, в случае схемы 41А формирования, клеевая часть 41 формируется так, что средняя доля ее площади в части 22 спинки сердечника и средняя доля ее площади в зубчатых частях 23 являются равными друг другу в каждой позиции шихтованного сердечника в осевом направлении, но компоненты самого используемого клеящего материала отличаются друг от друга. В части 22 спинки сердечника множество клеевых частей 41 в форме круглых точек размещаются в кольцевой форме. Каждая из клеевых частей 41 на части 22 спинки сердечника размещаются перекрывающей воображаемую прямую линию EL1, соединяющую центральную позицию каждой зубчатой части 23 в поперечном направлении и центральную ось O листа 40 электротехнической стали.

[0040] С другой стороны, в зубчатой части 23, две клеевые части 41 размещаются бок о бок, чтобы перекрывать воображаемую прямую линию EL1 для каждой зубчатой части 23. Размер диаметра клеевой части 41 в части 22 спинки сердечника больше размера диаметра клеевой части 41 в зубчатой части 23. По этой причине, число клеевых частей 41 в части 22 спинки сердечника меньше числа клеевых частей 41 в зубчатой части 23, но доли площади являются одинаковыми. Т.е., отношение суммы площадей каждой клеевой части 41 на части 22 спинки сердечника к суммарной площади части 22 спинки сердечника и отношение суммы площадей каждой клеевой части 41 на зубчатой части 23 к суммарной площади зубчатой части 23 являются одинаковыми.

[0041] В случае рассмотрения суммарной площади склеивания между листами 40 электротехнической стали, которые перекрывают друг друга, в качестве частичной прочности, разделенной на часть 22 спинки сердечника и зубчатую часть 23, если используемые клеевые материалы являются одинаковыми, частичная прочность склеивания части 22 спинки сердечника и частичная прочность склеивания зубчатой части 23 являются одинаковыми. Однако, в этой схеме 41А формирования, прочность склеивания клеящего материала, используемого для формирования клеевых частей 41, сформированных на части 22 спинки сердечника, выше прочности склеивания клеящего материала, используемого для формирования клеевых частей 41, сформированных на зубчатой части 23.

[0042] В результате, между соответствующими листами 40 электротехнической стали, средняя прочность склеивания на единицу площади в зубчатых частях 23, вследствие каждой из клеевых частей 41, ниже средней прочности склеивания на единицу площади в части 22 спинки сердечника. Более конкретно, среднее значение отношения прочностей склеивания, полученного делением частичной прочности склеивания каждой единичной площади в зубчатых частях 23 на частичную прочность склеивания каждой единичной площади в части 22 спинки сердечника, находится в диапазоне от 0,1 или

более до менее чем 1,0. Верхний предел среднего значения отношения прочностей склеивания предпочтительно равен 0,8, более предпочтительно 0,6. Дополнительно, нижний предел среднего значения отношения прочностей склеивания предпочтительно равен 0,15, более предпочтительно 0,2.

[0043] Затем, в случае схемы 41В формирования, показанной на фиг. 3, среднее значение частичной прочности склеивания или среднее значение доли площади различаются между частью 22 спинки сердечника и зубчатыми частями 23 в каждой позиции шихтованного сердечника в осевом направлении.

В частности, в случае сравнения по среднему значению частичной прочности склеивания, среднее значение S1 частичной прочности склеивания в зубчатых частях 23 равно 1-15 МПа, а среднее значение S2 частичной прочности склеивания в части 22 спинки сердечника равно 15-50 МПа. Кроме того, среднее значение S1 ниже среднего значения S2.

Нижний предел среднего значения S1 предпочтительно равен 2 МПа, более предпочтительно 3 МПа. Верхний предел среднего значения S1 предпочтительно равен 10 МПа, более предпочтительно 8 МПа. С другой стороны, нижний предел среднего значения S2 предпочтительно равен 20 МПа, более предпочтительно 30 МПа. Также, верхний предел среднего значения S2 предпочтительно равен 45 МПа, более предпочтительно 40 МПа. Однако, тот момент, что среднее значение S1 ниже среднего значения S2, остается неизменным.

[0044] С другой стороны, в случае сравнения по среднему значению доли площади, среднее значение A1 доли площади каждой клеевой части 41 в зубчатых частях 23 равно 10-50%, а среднее значение A2 доли площади каждой клеевой части 41 в части 22 спинки сердечника равно 50-100%. Кроме того, среднее значение A1 ниже среднего значения A2. Также, средняя прочность склеивания на единицу площади каждой клеевой части 41 равна 5-50 МПа, которая является общей для каждой позиции зубчатых частей 23 и части 22 спинки сердечника.

Дополнительно, нижний предел среднего значения A1 предпочтительно равен 10%. Также, верхний предел среднего значения A1 предпочтительно равен 30%, более предпочтительно 20%. С другой стороны, нижний предел среднего значения A2 предпочтительно равен 60%, более предпочтительно 70%. Также, верхний предел среднего значения A2 предпочтительно равен 90%, более предпочтительно 80%. Однако, тот момент, что среднее значение A1 ниже среднего значения A2, остается неизменным.

[0045] Таким образом, среднее значение частичной прочности склеивания или среднее значение доли площади определяется, как описано выше, между частью 22 спинки сердечника и зубчатыми частями 23, в соответствии с чем, средняя прочность склеивания на единицу площади каждой клеевой части 41 в зубчатых частях 23 может быть сделано более низким по сравнению со средней прочностью склеивания на единицу площади в части 22 спинки сердечника.

[0046] Рассматривая компоновку каждой клеевой части 41, в части 22 спинки

сердечника, множество клеевых частей 41 в форме круглых точек размещаются в кольцевой форме. Каждая из клеевых частей 41 части 22 спинки сердечника размещается перекрывающей воображаемую прямую линию EL2, соединяющую центральную позицию каждой зубчатой части 23 в поперечном направлении и центральную ось О листа 40 электротехнической стали.

[0047] С другой стороны, в зубчатой части 23, одна клеевая часть 41 размещается перекрывающей воображаемую прямую линию EL2 для каждой зубчатой части 23. Размер диаметра клеевой части 41 в части 22 спинки сердечника больше размера диаметра клеевой части 41 в зубчатой части 23. Таким образом, среднее значение частичной прочности склеивания зубчатой части 23 сдерживается, чтобы становиться ниже среднего значения частичной прочности части 22 спинки сердечника в каждой позиции шихтованного сердечника в осевом направлении. Другими словами, среднее значение доли площади зубчатой части 23 сдерживается, чтобы становиться ниже среднего значения частичной прочности части 22 спинки сердечника в каждой позиции шихтованного сердечника в осевом направлении. В результате, между листами 40 электротехнической стали, средняя прочность склеивания на единицу площади в зубчатой части 23, вследствие каждой клеевой части 41, ниже средней прочности склеивания на единицу площади в части 22 спинки сердечника.

[0048] В настоящем варианте осуществления множество листов электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, скрепляются друг с другом крепежом 42 (шкантами), показанным на фиг. 1. Однако, множество листов электротехнической стали, формирующих сердечник 31 ротора, могут также иметь слоистую структуру, скрепленную клеящим материалом аналогично сердечнику 21 статора.

Дополнительно, шихтованные сердечники для сердечника 21 статора, сердечника 31 ротора и т.п. могут быть сформированы посредством так называемой укладки витками.

#### Примеры

[0049] 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, во время подачи листа Р электротехнической стали с катушки С (рулона) в направлении стрелки F, вырубка выполняется множество раз посредством пресс-форм, размещенных на каждой ступени, чтобы постепенно формировать формы листов 40 электротехнической стали, клеящий материал наносится на нижние поверхности листов 40 электротехнической стали, и вырубленные листы 40 электротехнической стали наслаиваются, прижимаются и склеиваются во время повышения температуры, тем самым, формируя каждую клеевую часть 41.

[0050] Как показано на фиг. 4, устройство 100 для изготовления включает в себя вырубочную станцию 110 первой ступени в позиции, ближайшей к катушке С, вырубочную станцию 120 второй ступени, расположенную рядом на стороне выхода в

направлении транспортировки листа Р электротехнической стали от вырубочной станции 110, и станцию 130 для нанесения клейкого 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 Р электротехнической стали, и перемещаемую пресс-форму 112, расположенную выше листа Р электротехнической стали.

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

В зависимости от плоской конструкции электродвигателя может быть расположено больше вырубочных станций.

[0051] Станция 130 для нанесения клейкого покрытия включает в себя аппликатор 131, включающий в себя множество инжекторов, расположенных в соответствии с шаблоном нанесения клейкого покрытия. Т.е., каждый инжектор размещается в позиции, соответствующей позиции формирования каждой клеевой части 41, показанной на фиг. 3. Диаметры сопел инжекторов отличаются друг от друга в зависимости от размера клеевых частей 41, которые должны быть сформированы. Дополнительно, в случае схемы 41А формирования, путь протекания клеящего материала, ведущий к инжектору для нанесения клеящего материала на часть 22 спинки сердечника, и путь протекания клеящего материала, ведущий к другому инжектору для нанесения клеящего материала на зубчатую часть 23, могут быть разделены независимо друг от друга. В этом случае, химические компоненты клеящего материала, нанесенного на часть 22 спинки сердечника, и химические компоненты клеящего материала, нанесенного на зубчатую часть 23, могут быть разделены независимо друг от друга.

[0052] Кроме того, вместо конфигурации, в которой множество типов клеящих материалов одновременно наносятся посредством одной станции 130 для нанесения клейкого покрытия, как описано выше, множество (например, две) станции 130 для нанесения клейкого покрытия могут быть предусмотрены, чтобы отдельно наносить клеящие материалы. В этом случае, первый тип клеящего материала наносится на одну из зубчатой части 23 и части 22 спинки сердечника в первой станции 130 для нанесения клейкого покрытия, а второй тип клеящего материала наносится на другую во второй станции 130 для нанесения клейкого покрытия.

[0053] Устройство 100 для изготовления дополнительно включает в себя укладочную станцию 140 в нижележащей позиции относительно станции 130 для нанесения клейкого 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 Р

электротехнической стали. С другой стороны, перемещаемая пресс-форма 144 для придания внешней формы и пружина 145 располагаются выше листа Р электротехнической стали. Кроме того, ссылка с номером 21 указывает сердечник статора.

[0054] В устройстве 100 для изготовления по фиг. 4, имеющем конфигурацию, описанную выше, во-первых, лист Р электротехнической стали последовательно отправляется из катушки С в направлении стрелки F. Затем лист Р электротехнической стали, во-первых, вырубается посредством вырубочной станции 110. Затем, лист Р электротехнической стали вырубается посредством вырубочной станции 120. Посредством этих процессов вырубки, форма листа 40 электротехнической стали, имеющего 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, клеящий материал, подаваемый из каждого из инжекторов аппликатора 131, наносится в точечной форме. В это время, количества или типы наносимых клеящих материалов различаются между частью 22 спинки сердечника и зубчатой частью 23.

[0055] 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 получает постоянное прижимающее усилие пружины 145.

Посредством последовательного повторения процесса вырубки, 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 способом, нагревается, например, до температуры 200°C посредством нагревательного устройства 141 в случае терморезактивного клеящего материала. Этот нагрев отверждает клеящие материалы, чтобы формировать клеевые части 41. В случае отверждаемого при комнатной температуре клеящего материала, клеящий материал отвердевает с течением времени, чтобы формировать клеевые части 41.

Сердечник 21 статора полностью подготавливается посредством каждого из вышеуказанных этапов.

[0056] С использованием устройства 100 для изготовления, описанного выше, изготавливаются сердечники 21 статора, показанные в № 1-13 в таблицах 1А и 1В. Кроме того, для создания сравнительного примера, сердечник 21 статора, показанный в № 14, был также изготовлен с помощью другого устройства.

Сначала, толщина листа рулона (катушки С) была традиционно задана в 0,25 мм. Жидкое изоляционное покрытие, содержащее фосфат металла и эмульсию акриловой смолы, было нанесено на мелкосортный прокат и подвергнуто обжигу при 300°C, чтобы формировать изоляционное покрытие 0,8 мкм на одной его поверхности.

Затем, рулон был сформирован посредством вырубki в однолистовой сердечник (лист 40 электротехнической стали), который имеет форму кольца с внешним диаметром 300 мм и внутренним диаметром 240 мм и снабжается 18 прямоугольными зубчатыми частями, имеющими длину 30 мм и ширину 15 мм на стороне его внутреннего диаметра, с помощью устройства 100 для изготовления.

Затем, во время последовательной подачи вырубленного однолистого сердечника, клеящий материал был нанесен в точечной форме в каждой позиции, показанной на фиг. 3 (за исключением сравнительного примера № 14).

[0057] Химические компоненты листа 40 электротехнической стали, используемого при изготовлении каждого сердечника 21 статора, унифицируются следующим образом. Помимо этого, каждое значение компонента указывает "массовые%".

Si: 3.1%

Al: 0.7%

Mn: 0.3%

Остаток: Fe и примеси

[0058] Табл. 1А

№	Часть	Клеящий материал, использованный для формирования клеевой части			Доля площади	
		Название клеящего материала	Прочность склеивания (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Доля площади (%)	Соотношение долей площади (-)
1	Зубчатая часть	Хлоропрен каучуковый	2,0	0,40	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат А	5,0		60	
2	Зубчатая часть	Цианоакрилат А	5,0	0,33	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Анаэробный	15,0		60	
3	Зубчатая часть	Анаэробный	15,0	0,63	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		60	
4	Зубчатая часть	Цианоакрилат А	5,0	0,10	60	1,00
	Часть спинки	SGA	48,0		60	

	сердечника					
5	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	0,50	60	1,00
	Часть спинки сердечника	SGA	48,0		60	
6	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	0,75	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола А	32,0		60	
7	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	0,57	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		60	
8	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	0,88	60	1,00
	Часть спинки сердечника	SGA	48,0		60	
9	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	<u>4,80</u>	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат А	5,0		60	
10	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	<u>1,31</u>	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола А	32,0		60	
11	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	<u>1,75</u>	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		60	
12	Зубчатая часть	SGA	48,0	<u>1,50</u>	60	1,00
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола А	32,0		60	
13	Зубчатая часть	Хлоропрен	2,0	0,06	60	1,00

		каучуковый				
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола А	32,0		60	
14	Зубчатая часть	(Закреплен крепеза)	посредством	-	-	
	Часть спинки сердечника	(Закреплен крепеза)	посредством	-	-	

[0059] Табл. 1В

№	Суммарная прочность склеивания		Жесткость шихтованного сердечника		Магнитные свойства зубчатой части		Пример/сра внительный пример
	Частичная прочность склеивани я (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Ударное испытание	Решение	Отношен ие увеличен ия потерь в стали	Решение	
1	1,2	0,40	2	Хорошая	105	Превосхо дная	Пример
	3,0						
2	3,0	0,33	2	Хорошая	103	Превосхо дная	Пример
	9,0						
3	9,0	0,63	2	Хорошая	106	Хорошая	Пример
	14,4						
4	3,0	0,10	1	Превосход ная	110	Хорошая	Пример
	28,8						
5	14,4	0,50	1	Превосход ная	104	Превосхо дная	Пример
	28,8						
6	14,4	0,75	2	Хорошая	105	Превосхо дная	Пример
	19,2						

7	14.4	0.57	1	Превосходная	104	Превосходная	Пример
	25.2						
8	25.2	0.88	1	Превосходная	109	Хорошая	Пример
	28.8						
9	14.4	<u>4.80</u>	<u>5</u>	Плохая	<u>126</u>	Плохая	Сравнительный пример
	3.0						
10	25.2	<u>1.31</u>	3	Удовлетворительная	<u>128</u>	Плохая	Сравнительный пример
	19.2						
11	25.2	<u>1.75</u>	3	Удовлетворительная	<u>131</u>	Плохая	Сравнительный пример
	14.4						
12	28.8	<u>1.50</u>	3	Удовлетворительная	<u>127</u>	Плохая	Сравнительный пример
	19.2						
13	1.2	0.06	3	Удовлетворительная	112	Удовлетворительные	Пример
	19.2						
14	0.3	0.60	<u>5</u>	Плохая	<u>125</u>	Плохая	Сравнительный пример
	0.5						

[0060] С другой стороны, клеящий материал для формирования каждой клеевой части 41 был выбран из следующего и использован в соответствующем сочетании. Конкретные сочетания являются такими, как показано в таблице 1А.

Клеящий материал на основе хлоропренового каучука (прочность склеивания: 2 МПа)

Цианоакрилатный клеящий материал (прочность склеивания: 5 МПа)

Анаэробный клеящий материал (прочность склеивания: 15 МПа)

Клеящий материал на основе цианоакрилата В (прочность склеивания: 24 МПа)

Эпоксидный клеящий материал (прочность склеивания: 32 МПа)

Клеящий материал на основе эпоксидной смолы В (прочность склеивания: 42 МПа)

Клеящий материал на основе эпоксидной смолы С (прочность склеивания: 64 МПа)

SGA (прочность склеивания: 48 МПа)

[0061] Также, в примерах в таблице 1А и таблице 1В, доля площади клеевой части 41 в зубчатой части 23 во всех случаях равна доле площади клеевой части 41 в части 22 спинки сердечника. По этой причине, как показано в таблице 1А, отношение прочностей

склеивания, полученное делением частичной прочности склеивания зубчатой части 23 на частичную прочность склеивания части 22 спинки сердечника, равно отношению прочностей склеивания (сравнительный пример № 14 исключается в вышеупомянутом). Частичная прочность склеивания указывает прочность склеивания (прочность склеивания) зубчатой части 23 как единственной части или части 22 спинки сердечника как единственной части.

Листы 40 электротехнической стали уложены пакетом после нанесения клеящих материалов; и после этого каждая клеевая часть 41 была сформирована посредством нагрева и отверждения, в то же время подвергаясь воздействию при предварительно определенном повышенном давлении. Та же работа была повторена для 130 однолистных сердечников, чтобы изготавливать шихтованный сердечник (сердечник 21 статора).

[0062] С другой стороны, в сердечнике 21 статора из № 14 клеящий материал не был использован для склеивания между листами 40 электротехнической стали, и листы 40 электротехнической стали были механически скреплены посредством крепежных деталей. Эти крепежные детали были сформированы как на части 22 спинки сердечника, так и на зубчатых частях 23. Кроме того, размеры крепежных деталей в зубчатых частях 23 сделаны меньшими по сравнению с размерами крепежной детали в части 22 спинки сердечника. В результате, частичная прочность связывания, т.е., средняя прочность связывания на единицу площади в зубчатых частях 23, была отрегулирована до более низкой по сравнению с частичной прочностью связывания, т.е., средней прочностью связывания на единицу площади в частях 22 спинки сердечника.

[0063] Жесткость (механическая прочность) шихтованного сердечника была оценена для каждого из шихтованных сердечников для №№ 1-14, изготовленных с помощью способа, описанного выше. Оценка механической прочности была определена посредством ударного испытания. В столбце "жесткость шихтованного сердечника" в таблице 1В, "превосходная" указывает, что высокая механическая прочность обеспечивается, "хорошая" указывает, что необходимая и достаточная механическая прочность обеспечивается, а "плохая" указывает, что минимальная требуемая механическая прочность не обеспечивается. Здесь, "превосходная" равна "1", "хорошая" равна "2", "удовлетворительная" равна "3", и "плохая" равна "4" или "5".

[0064] Ударное испытание (оценка шума)

Внешняя окружная торцевая часть части 22 спинки сердечника шихтованного сердечника осуществляла вибрацию в радиальном направлении посредством ударного молотка, и модальный анализ вибрации был выполнен с вершиной зубчатой части 23 и центральной частью 22 спинки сердечника в направлении 180° вокруг оси относительно источника вибрации в качестве точек измерения. Дополнительно, для случая, в котором центральная часть части 22 спинки сердечника в радиальном направлении осуществляла вибрацию в осевом направлении посредством ударного молотка, модальный анализ вибрации также был выполнен с вершиной зубчатой части 23 и частью 22 спинки

сердечника в направлении  $180^\circ$  вокруг оси относительно источника вибрации в качестве точек измерения.

[0065] Оценка (решение) была выполнена в соответствии со следующими критериями. Меньшее значение указывает на то, что вибрация предотвращается, а механическая прочность является более высокой.

1 (превосходная): Обнаруживается только один или два пика вибрации.

2 (хорошая): Обнаруживается несколько пиков вибрации.

3 (удовлетворительная): обнаруживаются 10 или более пиков вибрации в зависимости от направления вибрации.

4 (плохая): Существует главный пик, но обнаруживаются 10 или более пиков вибрации.

5 (плохая): Не существует главного пика, и обнаруживаются 10 или более пиков вибрации.

[0066] Кроме того, магнитные свойства шихтованного сердечника также оцениваются. Магнитные свойства были оценены посредством измерения потерь в стали с помощью вращательного моделирующего устройства потерь в стали (не показано), имеющего детектор в форме ротора, имеющий диаметр 239,5 мм. В столбце "магнитные свойства зубчатой части" в таблице 1B "превосходные" указывают, что очень высокие магнитные свойства могут быть обеспечены. Дополнительно, "Хорошая" указывают, что высокие магнитные свойства обеспечиваются. "Удовлетворительные" указывают, что необходимые и достаточные магнитные свойства обеспечиваются. Дополнительно, "плохие" указывают, что магнитные свойства являются более низкими по сравнению с минимальными требуемыми магнитными свойствами.

[0067] Здесь, сначала, значение потерь в стали, измеренное при плотности магнитного потока 1,5 Тл относительно листа 40 электротехнической стали перед склеиванием, было получено в качестве эталонного значения. Затем, потери в стали были измерены аналогично для каждого из шихтованных сердечников при плотности магнитного потока 1,5 Тл. Затем, потери в стали каждого шихтованного сердечника были разделены на эталонное значение и были показаны посредством 100%-указания, чтобы получать степень увеличения. Например, в № 1 в таблице 1B, степень увеличения потерь в стали равна 105%, и это указывает, что потери в стали увеличились на 5% относительно эталонного значения.

Случай, в котором степень увеличения потерь в стали, полученная таким образом, равна 5% или менее (числовое значение в таблице равно 105% или менее), был определен как "превосходный", случай, в котором она больше 5% и равна 10% или менее (числовое значение в таблице больше 105% и равно 110% или менее), был определен как "хороший", случай, в котором она больше 10% и равна 20% или менее (числовое значение в таблице больше 110% и меньше 120%), был определен как "удовлетворительный", и случай, в котором она больше 20% (числовое значение в таблице превышает 120%), был определен как "плохой".

[0068] Как показано в таблице 1А и таблице 1В, в сравнительном примере, показанном в № 9, частичная прочность склеивания в зубчатой части 23 была значительно выше по сравнению с частичной прочностью в части 22 спинки сердечника, и, таким образом, магнитные свойства зубчатой части 23 были снижены. Дополнительно, поскольку частичная прочность склеивания в части 22 спинки сердечника была слишком низкой, жесткость шихтованного сердечника также уменьшается.

Также, в сравнительных примерах, показанных в №№ 10-12, поскольку частичная прочность склеивания в зубчатой части 23 выше частичной прочности в части 22 спинки сердечника, магнитные свойства зубчатой части 23 были снижены.

Также, в сравнительном примере, использующем крепежную деталь, показанном в № 14, поскольку сжимающее усилие было приложено к зубчатой части 23 вследствие формирования крепежной детали, магнитные свойства были значительно снижены.

С другой стороны, в примерах из №№ 1-8 и 13, было подтверждено, что шихтованный сердечник имеет высокую жесткость (механическую прочность), высокие магнитные свойства и желаемую рабочую характеристику.

[0069] Дополнительно, фиг. 5 показывает соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в позиции части спинки сердечника, показанное в таблице 1А. На фиг. 5, соотношения ниже пограничной линии В1, на которой частичная прочность склеивания в позиции зубчатой части и частичная прочность склеивания в позиции части спинки сердечника являются равными, являются сравнительными примерами для №№ 9-12. Хотя № 14 находится выше пограничной линии В1, листы 40 электротехнической стали скрепляются друг с другом посредством крепежа вместо склеивания, и, таким образом, как описано выше, желаемые свойства не были получены, в частности, с точки зрения магнитных свойств.

[0070] Пограничная линия В2 указывает состояние, в котором отношение прочностей склеивания равно 0,1. Хотя пример из № 13, который отклоняется влево от пограничной линии В2 на бумаге, был "удовлетворительным" с точки зрения жесткости и магнитных свойств шихтованного сердечника, прочность связывания зубчатой части 23 была низкой, а жесткость шихтованного сердечника была слегка недостаточной в некоторых случаях, и, таким образом, она не достигла "превосходной". С другой стороны, в примерах, показанных в №№ 1-8, результаты для "превосходного" случая и эквивалентные ему были получены с точки зрения либо жесткости, либо магнитных свойств шихтованного сердечника. Из этого результата можно сказать, что отношение прочностей склеивания более предпочтительно равно 0,1 или более в дополнение к тому, что оно меньше 1,0.

[0071] Затем, с помощью устройства 100 для изготовления, сердечники 21 статора, показанные в №№ 15-29 в таблицах 2А и 2В, были изготовлены. В настоящем варианте осуществления, хотя клеящий материал был изменен в каждом случае, клеящий материал, нанесенный на зубчатую часть 23, и клеящий материал, нанесенный на часть 22 спинки сердечника, были одинаковыми. По этой причине, отношения прочностей склеивания, все

были унифицированы до 1,00.

С другой стороны, что касается доли площади, величина покрытия из клеящего материала, нанесенного на зубчатую часть 23, и величина покрытия из клеящего материала, нанесенного на часть 22 спинки сердечника, являются различными, и, в результате, доля площади была изменена в каждом случае.

Также, в таблице 2В, каждое пороговое значение для "превосходного", "хорошего", "удовлетворительного" и "плохого" касает жесткости шихтованного сердечника описывается в таблице 1В. Аналогично, каждое пороговое значение для "превосходного", "хорошего", "удовлетворительного" и "плохого" касает магнитных свойств зубчатой части также описывается в таблице 1В.

[0072] Табл. 2А

№	Часть	Клеящий материал, использованный для формирования клеевой части			Доля площади	
		Название клеящего материала	Прочность склеивания (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Доля площади (%)	Соотношение долей площади (-)
15	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	20	0,33
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		60	
16	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	40	0,73
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		55	
17	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	10	0,18
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		55	
18	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	45	0,64
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		70	
19	Зубчатая часть	SGA	48,0	1,00	15	0,17
	Часть спинки	SGA	48,0		90	

	сердечника					
20	Зубчатая часть	SGA	48,0	1,00	30	0,40
	Часть спинки сердечника	SGA	48,0		75	
21	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	5	0,05
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		95	
22	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	5	0,13
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		40	
23	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	80	1,07
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		75	
24	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	32,0	1,00	75	1,25
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		60	
25	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	70	2,00
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		35	
26	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	3	0,04
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		80	
27	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	30	0,60
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		50	
28	Зубчатая часть	Эпоксидная	64,0	1,00	55	0,69

		смола С				
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		80	
29	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	64,0	1,00	10	0,11
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		90	

[0073] Табл. 2В

№	Суммарная прочность склеивания		Жесткость шихтованного сердечника		Магнитные свойства зубчатой части		Пример/срав нительный пример
	Частичная прочность склеивани я (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Ударное испытание	Решение	Отношен ие увеличен ия потерь в стали	Решение	
15	4,8	0,33	2	Хорошая	105	Превосхо дная	Пример
	14,4						
16	9,6	0,73	2	Хорошая	106	Хорошая	Пример
	13,2						
17	4,2	0,18	1	Превосхо дная	103	Превосхо дная	Пример
	23,1						
18	8,4	0,29	1	Превосхо дная	109	Хорошая	Пример
	29,4						
19	7,2	0,17	1	Превосхо дная	104	Превосхо дная	Пример
	43,2						
20	14,4	0,40	1	Превосхо дная	108	Хорошая	Пример
	36,0						

21	1,2	0,05	3	Удовлетв орительна я	110	Хорошая	Пример
	22,8						
22	1,2	0,13	3	Удовлетв орительна я	110	Хорошая	Пример
	9,6						
23	19,2	<u>1,07</u>	3	Удовлетв орительна я	<u>123</u>	Плохая	Сравнительн ый пример
	18,0						
24	24,0	<u>1,67</u>	3	Удовлетв орительна я	<u>121</u>	Плохая	Сравнительн ый пример
	14,4						
25	16,8	<u>2,00</u>	3	Удовлетв орительна я	<u>131</u>	Плохая	Сравнительн ый пример
	8,4						
26	1,3	0,04	3	Удовлетв орительна я	112	Удовлетв орительн ые	Пример
	33,6						
27	12,6	0,60	1	Превосхо дная	106	Хорошая	Пример
	21,0						
28	35,2	0,69	1	Превосхо дная	114	Удовлетв орительн ые	Пример
	51,2						
29	6,4	0,11	1	Превосхо дная	110	Хорошая	Пример
	57,6						

[0074] В сравнительных примерах из №№ 23-25, показанных в таблицах 2А и 2В, частичная прочность склеивания в зубчатой части 23 была выше частичной прочности в части 22 спинки сердечника, и, таким образом, магнитные свойства зубчатой части 23 ухудшились.

Дополнительно, фиг. 6 показывает соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в части спинки сердечника, показанное в таблице 2А. На фиг. 6, соотношения ниже пограничной линии

В3, на которой частичная прочность склеивания в позиции зубчатой части и частичная прочность склеивания в позиции части спинки сердечника являются равными, являются сравнительными примерами для №№ 23-25.

[0075] С другой стороны, как показано в таблице 2В, было подтверждено, что, в примерах для №№ 15-22 и 26-29, шихтованные сердечники имели высокую жесткость (механическую прочность), высокие магнитные свойства и желаемую рабочую характеристику.

Кроме того, примеры из №№ 17-20 и 27, окруженные пограничной линией В4, формирующей квадратную рамку, были "превосходными" и в жесткости, и в магнитных свойствах шихтованного сердечника. Из этого результата было обнаружено, что более предпочтительным является то, что: среднее значение S1 частичной прочности склеивания в зубчатой части 23 равно 3-15 МПа; среднее значение S2 частичной прочности склеивания в части 22 спинки сердечника равно 15-50 МПа; и среднее значение S1 ниже среднего значения S2.

[0076] Затем, с помощью устройства 100 для изготовления, сердечники 21 статора, показанные в №№ 30-47 в таблицах 3А и 3В, были изготовлены.

Также, в таблице 3В, каждое пороговое значение для "превосходного", "хорошего", "удовлетворительного" и "плохого" касаясь жесткости шихтованного сердечника описывается в таблице 1В. Аналогично, каждое пороговое значение для "превосходного", "хорошего", "удовлетворительного" и "плохого" касаясь магнитных свойств зубчатой части также описывается в таблице 1В.

[0077] В №№ 30-46, хотя использованный клеящий материал были изменен в каждом случае, клеящий материал, нанесенный на зубчатую часть 23, и клеящий материал, нанесенный на часть 22 спинки сердечника, были одинаковыми (клеящий материал имеет одинаковые химические компоненты). По этой причине, отношения прочностей склеивания, все были унифицированы до 1,00. Дополнительно, что касается доли площади, величина покрытия из клеящего материала, нанесенного на зубчатую часть 23, и величина покрытия из клеящего материала, нанесенного на часть 22 спинки сердечника, были различными, и, в результате, доля площади была изменена в каждом случае.

[0078] С другой стороны, в № 47, клеящий материал, нанесенный на зубчатую часть 23, и клеящий материал, нанесенный на часть 22 спинки сердечника, были различными. Кроме того, в № 47, сочетание обоих клеящих материалов было выбрано таким, что прочность склеивания для клеящего материала в зубчатой части 23 была ниже прочности склеивания для клеящего материала в части 22 спинки сердечника. Также, что касается доли площади, величина покрытия из клеящего материала, нанесенного на зубчатую часть 23, была меньше величины покрытия из клеящего материала, нанесенного на часть 22 спинки сердечника. В результате, доля площади в зубчатой части 23 было меньше доли площади в части 22 спинки сердечника.

[0079] Табл. 3А

№	Часть	Клеящий материал, использованный для формирования клеевой части			Доля площади	
		Название клеящего материала	Прочность склеивания (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Доля площади (%)	Соотношение долей площади (-)
30	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	64,0	1,00	30	0,43
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		70	
31	Зубчатая часть	Эпоксидная смола А	32,0	1,00	40	0,44
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола А	32,0		90	
32	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	64,0	1,00	35	0,58
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		60	
33	Зубчатая часть	SGA	48,0	1,00	40	0,73
	Часть спинки сердечника	SGA	48,0		55	
34	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	15	0,23
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		65	
35	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	20	0,29
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		70	
36	Зубчатая часть	SGA	48,0	1,00	15	0,17
	Часть спинки	SGA	48,0		90	

	сердечника					
37	Зубчатая часть	SGA	48,0	1,00	15	0,20
	Часть спинки сердечника	SGA	48,0		75	
38	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	5	0,05
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		95	
39	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	5	0,13
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		40	
40	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	80	<u>1,07</u>
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		75	
41	Зубчатая часть	Анаэробный	15,0	1,00	80	<u>1,33</u>
	Часть спинки сердечника	Анаэробный	15,0		60	
42	Зубчатая часть	Цианоакрилат В	24,0	1,00	70	<u>2,00</u>
	Часть спинки сердечника	Цианоакрилат В	24,0		35	
43	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	3	0,04
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		80	
44	Зубчатая часть	Эпоксидная смола В	42,0	1,00	3	0,09
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола В	42,0		35	
45	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	64,0	1,00	55	0,69

	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		80	
46	Зубчатая часть	Эпоксидная смола С	64,0	1,00	8	0,09
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	64,0		90	
47	Зубчатая часть	Анаэробный	15,0	0,36	20	0,57
	Часть спинки сердечника	Эпоксидная смола С	42,0		45	

[0080] Табл. 3В

№	Суммарная прочность склеивания		Жесткость шихтованного сердечника		Магнитные свойства зубчатой части		Пример/срав нительный пример
	Частичная прочность склеивани я (МПа)	Отношение прочностей склеивания (-)	Ударное испытание	Решение	Отношен ие увеличен ия потерь в стали	Решение	
30	19,2	0,43	1	Превосход ная	105	Превосхо дная	Пример
	44,8						
31	12,8	0,44	1	Превосход ная	105	Превосхо дная	Пример
	28,8						
32	22,4	0,58	1	Превосход ная	107	Хорошая	Пример
	38,4						
33	19,2	0,73	1	Превосход ная	108	Хорошая	Пример
	26,4						
34	3,6	0,23	1	Превосход ная	109	Хорошая	Пример
	15,6						

35	8,4	0,29	1	Превосходная	103	Превосходная	Пример
	29,4						
36	7,2	0,17	1	Превосходная	107	Хорошая	Пример
	43,2						
37	7,2	0,20	1	Превосходная	106	Хорошая	Пример
	36,0						
38	1,2	0,05	2	Хорошая	110	Хорошая	Пример
	22,8						
39	1,2	0,13	2	Хорошая	105	Превосходная	Пример
	9,6						
40	19,2	<u>1,07</u>	2	Хорошая	<u>127</u>	Плохая	Сравнительный пример
	18,0						
41	12,0	<u>1,33</u>	3	Удовлетворительная	<u>128</u>	Плохая	Сравнительный пример
	9,0						
42	16,8	<u>2,00</u>	3	Удовлетворительная	<u>131</u>	Плохая	Сравнительный пример
	8,4						
43	1,3	0,04	3	Удовлетворительная	111	Удовлетворительные	Пример
	33,6						
44	1,3	0,09	3	Удовлетворительная	115	Удовлетворительные	Пример
	14,7						
45	35,2	0,69	1	Превосходная	113	Удовлетворительные	Пример
	51,2						
46	5,1	0,09	1	Превосходная	112	Удовлетворительные	Пример
	57,6						

47	3,0	0,16	3	Удовлетво рительная	103	Превосхо дная	Пример
	18,9						

[0081] В результате, в сравнительных примерах для №№ 40-42, показанных в таблицах 3А и 3В, частичная прочность склеивания в зубчатой части 23 была выше частичной прочности в части 22 спинки сердечника, и, таким образом, магнитные свойства зубчатой части 23 снизились.

С другой стороны, как показано в таблицах 3А и 3В, было подтверждено, что, в примерах для №№ 30-39 и 43-47, шихтованные сердечники имели высокую жесткость (механическую прочность), высокие магнитные свойства и желаемую рабочую характеристику.

[0082] Дополнительно, фиг. 7 показывает соотношение между частичной прочностью склеивания в позиции зубчатой части и частичной прочностью склеивания в части спинки сердечника, показанное в таблице 3А. На фиг. 7, соотношения ниже пограничной линии В5, на которой частичная прочность склеивания в позиции зубчатой части и частичная прочность склеивания в позиции части спинки сердечника являются равными, являются сравнительными примерами для №№ 40-42.

[0083] Дополнительно, фиг. 8 показывает соотношение между долей площади в позиции зубчатой части и долей площади в позиции части спинки сердечника, показанное в таблице 3А.

Примеры для №№ 30-37, окруженные пограничной линией В6, формирующей квадратную рамку на фиг. 8, получили "превосходный" или эквивалентный ему результат с точки зрения жесткости и магнитных свойств шихтованного сердечника. Из этого результата было обнаружено, что более предпочтительным является то, что: среднее значение А1 доли площади каждой из клеевых частей в зубчатой части 23 равно 10-50%; среднее значение А2 доли площади каждой из клеевых частей в части 22 спинки сердечника равно 50-100%; и среднее значение А1 ниже среднего значения А2.

[0084] Вариант осуществления и примеры настоящего изобретения были описаны выше. Однако, технические рамки настоящего изобретения не ограничиваются только вышеописанным вариантом осуществления и примерами, и различные модификации могут быть добавлены без отступления от сути настоящего изобретения.

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

[0085] 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.

[0086] 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

[0087] Согласно настоящему изобретению, клеено-шихтованный сердечник для статора, включающий в себя клеевую структуру, которая не влияет неблагоприятно на магнитные свойства, в то же время увеличивая его механическую прочность, и электродвигатель, включающий в себя клеено-шихтованный сердечник для статора, могут быть предоставлены. Следовательно, он обеспечивает широкую промышленную применимость.

#### Краткое описание ссылок с номерами

[0088] 10 - электродвигатель

21 - клеено-шихтованный сердечник для статора

22 - часть спинки сердечника

23 - зубчатая часть

40 - лист электротехнической стали

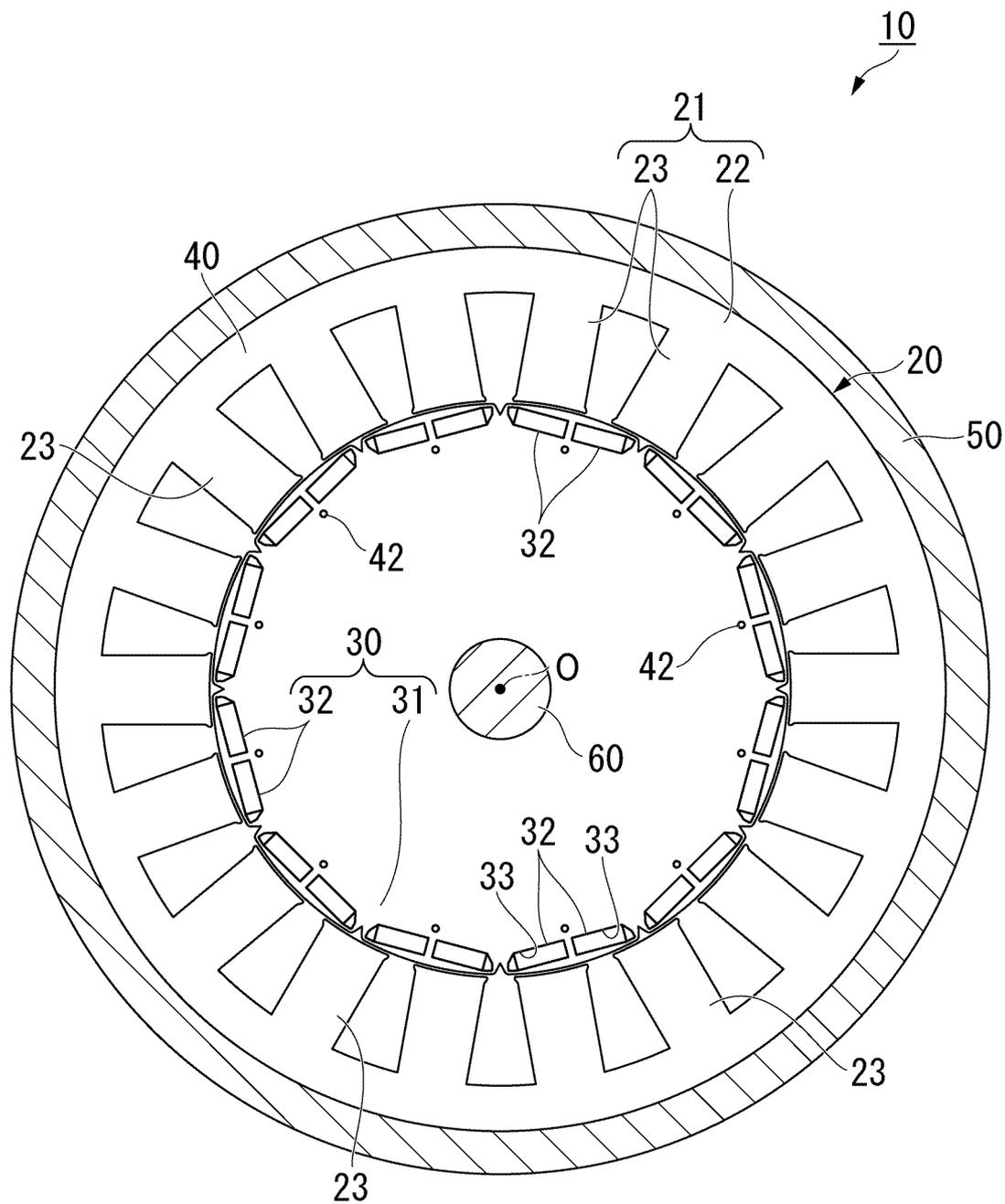
41 - клеевая часть

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

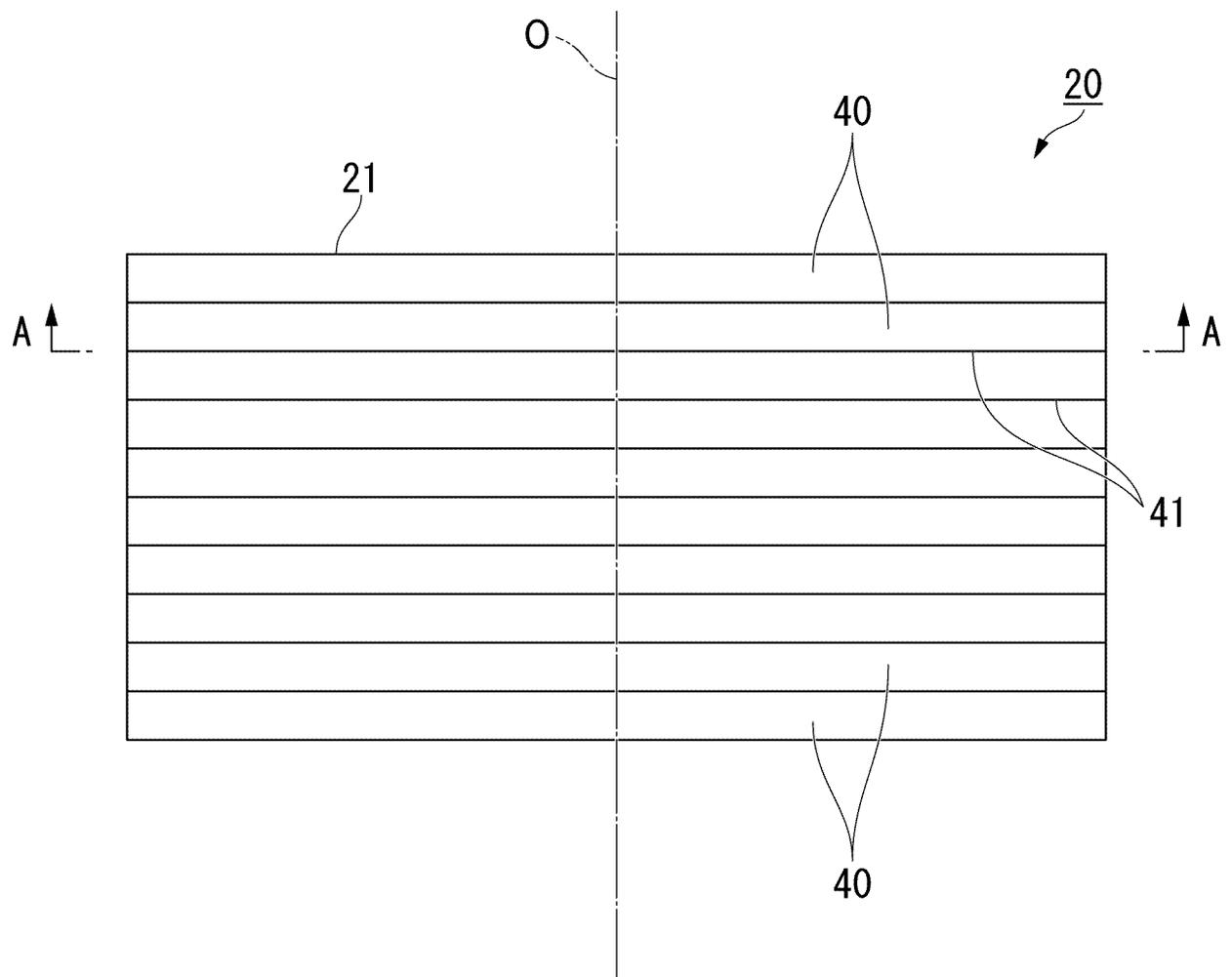
1. Клеено-шихтованный сердечник для статора, содержащий:  
множество листов электротехнической стали, соосно перекрывающих друг друга, и каждый из которых имеет часть спинки сердечника и зубчатую часть; и  
множество клеевых частей, которые склеивают между собой листы электротехнической стали,  
при этом, между соответствующими листами электротехнической стали,  
частичная прочность склеивания, обеспеченная посредством клеевых частей и являющаяся средней прочностью склеивания на единицу площади, в зубчатой части, меньше чем частичная прочность склеивания, обеспеченной посредством клеевых частей и являющейся средней прочностью склеивания на единицу площади, в части спинки сердечника.
2. Клеено-шихтованный сердечник для статора по п. 1,  
при этом среднее значение отношения прочностей склеивания, полученного делением частичной прочности склеивания в зубчатой части на частичную прочность склеивания в части спинки сердечника, находится в диапазоне 0,1 или больше и меньше 1,0.
3. Клеено-шихтованный сердечник для статора по п. 1 или 2,  
где: среднее значение  $S1$  частичной прочности склеивания в зубчатой части равно 1-15 МПа;  
среднее значение  $S2$  частичной прочности склеивания в части спинки сердечника равно 15-50 МПа; и  
среднее значение  $S1$  ниже среднего значения  $S2$ .
4. Клеено-шихтованный сердечник для статора по п. 1 или 2,  
где: каждая из клеевых частей выполняется из клеящего материала, имеющего одинаковый химический состав;  
среднее значение  $A1$  доли площади клеевых частей в зубчатой части равно 10-50%;  
среднее значение  $A2$  доли площади клеевых частей в части спинки сердечника равно 50-100%; и  
среднее значение  $A1$  ниже среднего значения  $A2$ .
5. Клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп. 1-4,  
- в котором средняя толщина клеевых частей составляет 1,0-3,0 мкм.
6. Клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп. 1-5,  
- в котором средний модуль  $E$  упругости при растяжении клеевых частей составляет 1500-4500 МПа.
7. Клеено-шихтованный сердечник для статора по любому из пп. 1-6,  
- в котором клеевые части представляют собой клеевой при комнатной температуре клеящий материал на акриловой основе, включающий в себя SGA, изготовленный из эластомерсодержащего клеящего материала на акриловой основе.
8. Электродвигатель, содержащий клеено-шихтованный сердечник для статора по

любому из пп. 1-7.

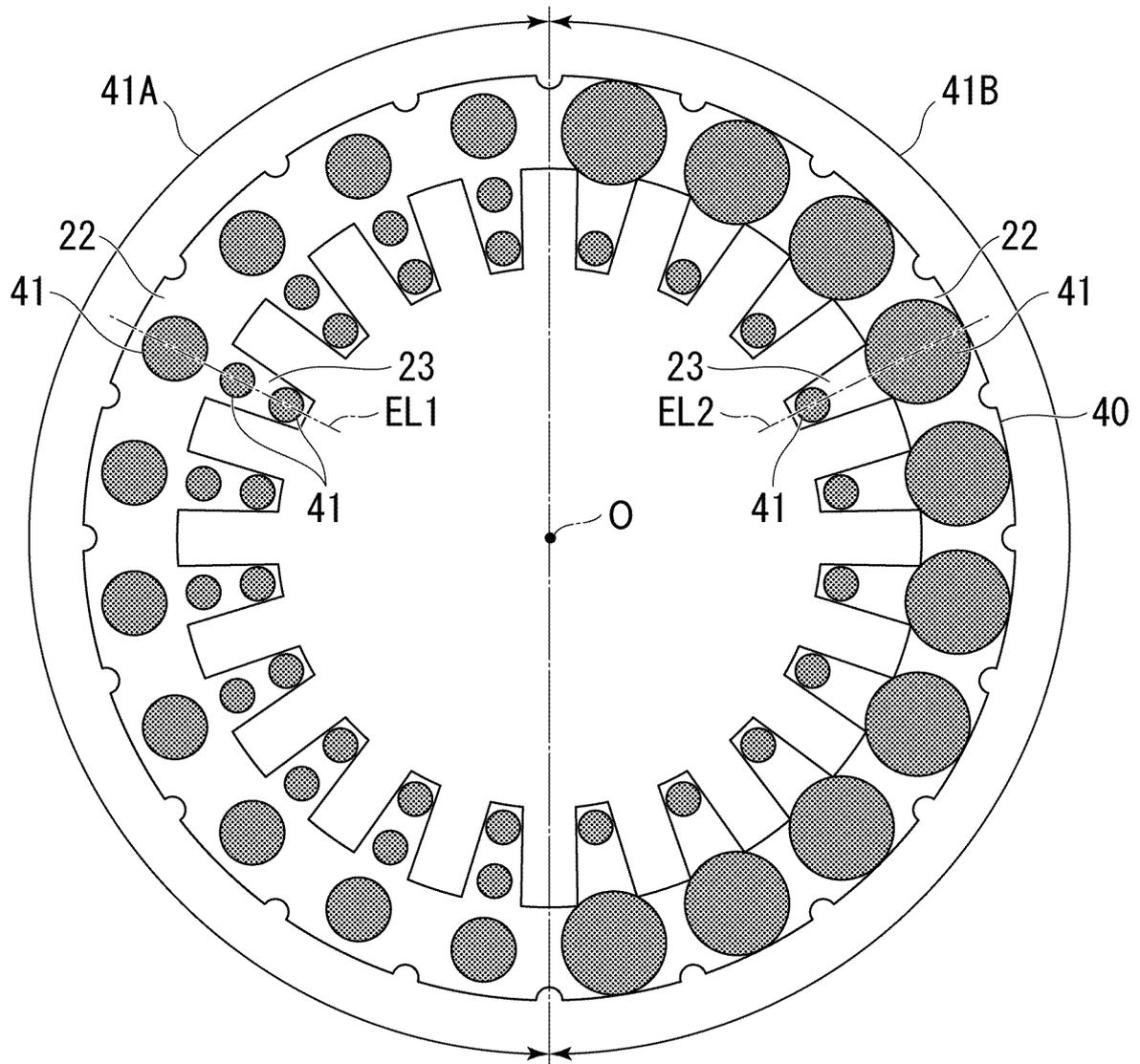
ФИГ. 1



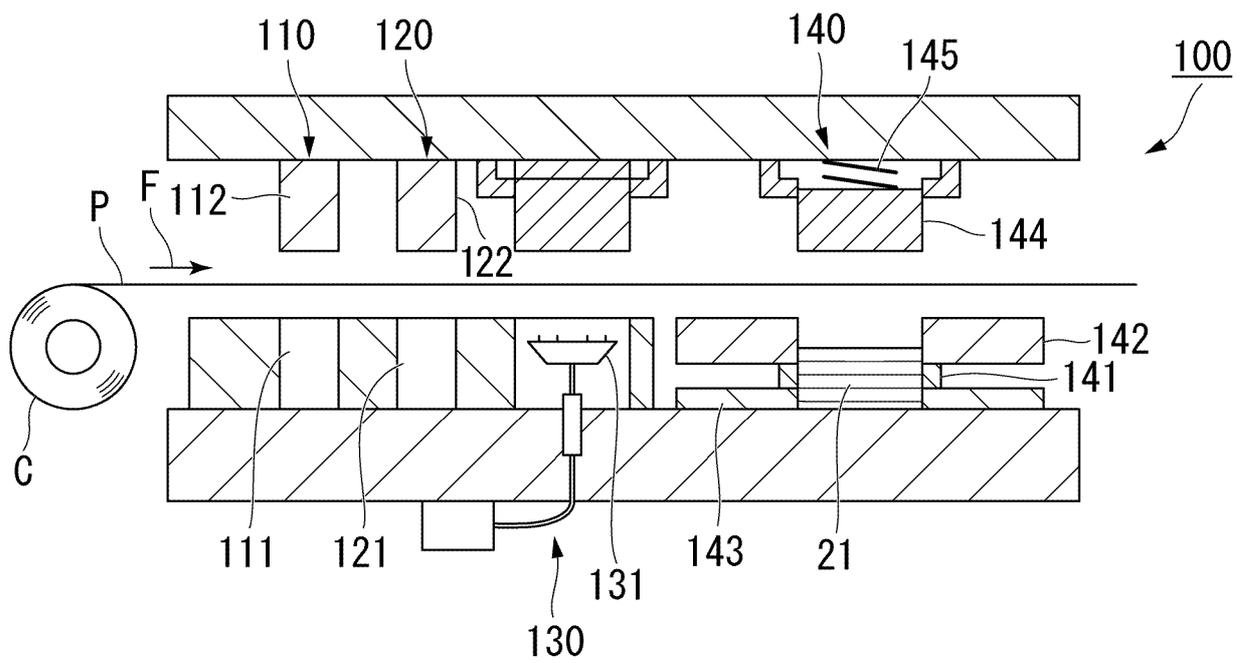
ФИГ. 2



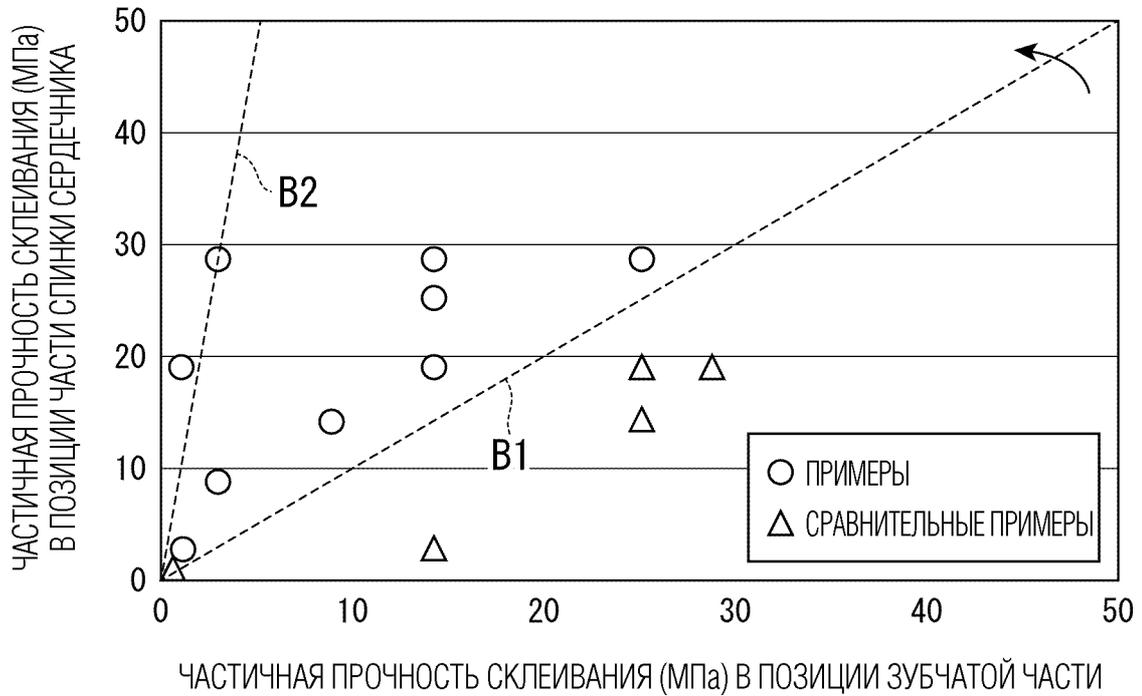
ФИГ. 3



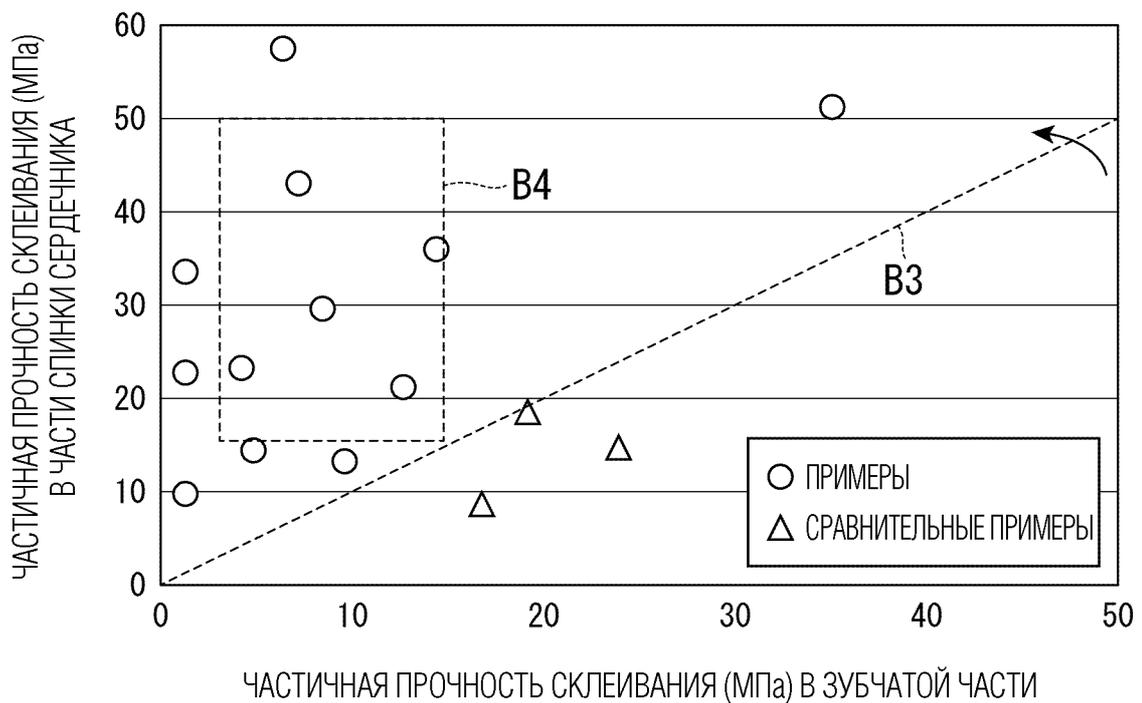
ФИГ. 4



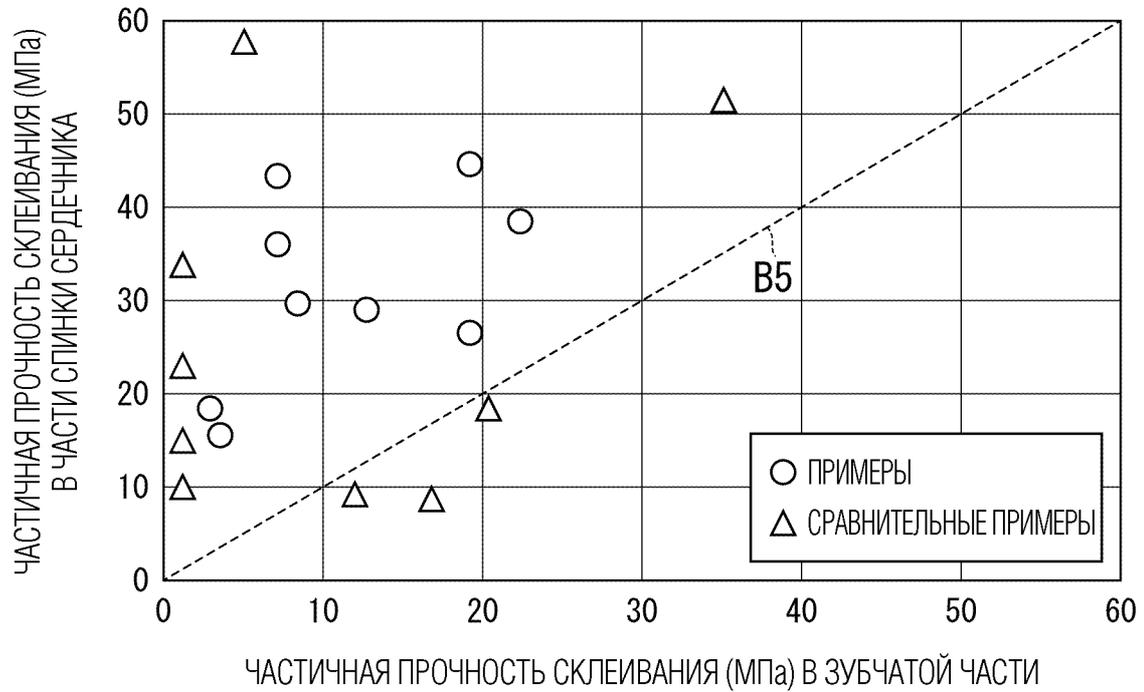
ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ. 8

