



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013144999/02, 09.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.10.2013

(45) Опубликовано: 20.04.2015 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 493810 А, 23.02.1976. SU 1046019
А, 07.10.1983. SU 579661 А, 30.04.1980. US
20130130026 А1, 23.05.2013. EP 1333451 А2,
06.08.2003

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Марк
Т.В.

(72) Автор(ы):

Шустов Илья Игоревич (RU),
Бекетов Аскольд Рафаилович (RU),
Баранов Михаил Владимирович (RU),
Пластун Анатолий Трофимович (RU),
Денисенко Виктор Иванович (RU),
Недзельский Владимир Евгеньевич (RU),
Зыков Павел Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТНОГО КЛИНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электромашиностроения и может быть использовано для получения магнитодиэлектрического материала в виде листов или плит для изготовления магнитного клина электрических машин. Осуществляют смешивание ферромагнитного компонента, эпоксидной смолы и отвердителя, заливку полученной массы в пресс-форму, в которой размещен армирующий элемент в виде стекловолокнистой ткани, и последующую обработку магнитным полем при прессовании.

Ферромагнитный компонент вводят в виде наночастиц магнетита размером до 100 нм и воздействуют магнитным полем с напряженностью не менее 800 эрстед на магнитодиэлектрическую массу с предварительно определенной степенью отверждения не более 30%. Обеспечивается получение материала для изготовления магнитного клина, позволяющего уменьшить добавочные потери двигателя и обладающего требуемой магнитной проницаемостью. 2 ил., 2 пр.

RU 2 548 868 C1

RU 2 548 868 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01F 1/113 (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013144999/02, 09.10.2013**

(24) Effective date for property rights:
09.10.2013

Priority:

(22) Date of filing: **09.10.2013**

(45) Date of publication: **20.04.2015** Bull. № 11

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intelektual'noj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Shustov Il'ja Igorevich (RU),
Beketov Askol'd Rafailovich (RU),
Baranov Mikhail Vladimirovich (RU),
Plastun Anatolij Trofimovich (RU),
Denisenko Viktor Ivanovich (RU),
Nedzel'skij Vladimir Evgen'evich (RU),
Zykov Pavel Grigor'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **METHOD OF MATERIAL MANUFACTURING FOR MAGNETIC WEDGE PRODUCTION**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to the electrical machine building, and can be used to manufacture the magnetic-dielectric material in form of sheets or plates to produce the magnetic wedge of the electrical machines. The ferromagnetic component, epoxy resin and curing agent are mixed, the obtained mass is poured in the die mould with reinforcement element in form of the glass fibre fabric, and then treatment by the magnetic field is performed during pressing. The ferromagnetic component is added in form of the nano

size particles of ferriferrous oxide with size up to 100 nm, and magnetic field is applied with intensity at least 800 oersted to the magnetic-dielectric mass with preliminary determined degree of solidification max. 30%.

EFFECT: material is manufactured for the magnetic wedge production ensuring decreasing of the additional motor losses and ensuring required magnetic permittivity.

2 dwg, 2 ex

R U 2 5 4 8 8 6 8 C 1

R U 2 5 4 8 8 6 8 C 1

Изобретение относится к области электромашиностроения и может быть использовано для изготовления материала для получения магнитного клина электрических машин.

Известен состав и способ получения магнитодиэлектрического материала (авт. св-во №57966, опубликованное 30.04.80 г., бюлл.№16), состоящего из ферромагнитного наполнителя в виде магнетита, фурановоэпоксидной смолы, отвердителя и стеклонити. Компоненты тщательно перемешивают, магнитодиэлектрическую массу вакуумируют и используют для формования магнитных клиньев с последующим отверждением. Для упрочнения в магнитодиэлектрическую массу добавляют стекловолокно. После отверждения магнитные клинья должны пройти термообработку при температуре 100-120°C.

Компоненты магнитодиэлектрической массы тщательно перемешивают, тем самым равномерно по объему распределяется ферромагнитный материал.

При равномерном распределении ферромагнитного компонента по объему магнитного клина снижается эффективность его работы в электрических машинах, так как на характеристики магнитного поля в воздушном зазоре между статором и ротором существенное влияние оказывает число слоев с различной магнитной проницаемостью (ферромагнитный и диэлектрические слои) в материале магнитного клина, а также геометрические размеры этих участков. Послойная структура материала магнитного клина ограничивает магнитные потоки пазового рассеяния, замыкающегося через клин, что, в конечном счете, влияет на кратность пускового и максимального моментов электрической машины, уменьшение добавочных потерь до 30%, повышение КПД на 0,4-0,6%.

Введение стеклонитей не является лучшим вариантом для повышения механических характеристик магнитодиэлектрического материала магнитных клиньев.

Перемешивание эпоксидной смолы с ферромагнетиком, отвердителем и стеклонитью, как правило, не позволяет добиться равномерного распределения стеклонити по объему материала. Отдельные стеклонити замыкаются друг на друге и в местах, где происходит контактирование стеклонитей, образуются участки, незаполненные связующим. Возникают структурные дефекты, которые являются концентраторами напряжений и приводят к ухудшению механических характеристик материала.

Недостатком также является применение связующего в виде смолы, которая при полимеризации подвергается вакуумированию и термообработке при 100-120°C.

Сегодня известны эпоксидные смолы типа ЭА-5, ЭА-10, которые не требуют выполнения указанных технологических операций для получения магнитодиэлектрического материала.

Наиболее близким к предлагаемому является способ приготовления материала для изготовления магнитных клиньев (авт. св-во №493810, опубликованное 30.11.75 г., бюлл. №44), который и выбран в качестве прототипа.

Ферромагнитный материал смешивают со связующим и перед заливкой массы в пресс-форму в последнюю вводят магнитомягкую проволоку в виде ориентированной сетки с немагнитопроводящим утком, после заливки массы осуществляют прессование плит, совмещенное с вибрацией, обеспечивающей выделение из магнитодиэлектрической массы изоляционной пленки, обволакивающей сетку, при этом производят магнитное ориентирование частиц железа в заданном направлении.

Указанный способ имеет следующие недостатки.

Для упрочнения магнитодиэлектрического материала в виде листов или плит перед заливкой массы в пресс-форму вводят магнитомягкую проволоку в виде

ориентированной сетки с немагнитопроводящим утком. Магнитомягкую проволоку используют в качестве армирующего элемента для повышения механической прочности материала магнитных клиньев. Решая задачу повышения прочностных характеристик, магнитомягкая металлическая сетка блокирует внешнее магнитное поле, которое
5 используется только для ориентации зерен ферромагнетика в пространстве. Снижается эффективность действия магнитного поля на ориентацию частиц ферромагнетика в вязкой среде отверждаемой магнитодиэлектрической массы.

Дополнительно магнитодиэлектрический материал армируется стекловолокном. Отдельные стеклонити замыкаются уже не только друг на друга, образуя дефекты,
10 которые являются концентраторами напряжений, но они также замыкаются на металлическую сетку. Повышается вероятность образования участков, плохо пропитанных органическим связующим, что обязательно будет снижать прочностные характеристики материала.

Использование магнитомягкой проволоки в виде сетки с немагнитным утком требует
15 удаления немагнитного утка за счет виброобработки магнитодиэлектрической массы в пресс-форме. Авторы вынужденно вводят дополнительную операцию, без которой нельзя рассчитывать на межфазное взаимодействие между проволокой и связующим. Однако из-за высокой адгезионной способности связующего полное удаление изолирующего утка будет весьма затруднительным.

20 Задачей изобретения является создание материала магнитного клина, позволяющего уменьшить добавочные потери двигателя за счет ограничения потока пазового рассеяния.

Указанная задача решается тем, что способ изготовления материала для получения магнитного клина в виде листов и плит включает смешение ферромагнитного
25 компонента с эпоксидной смолой, отверждение и заливку получаемой массы в пресс-форму, где помещен армирующий элемент в виде стекловолокнистой ткани, и последующую обработку магнитным полем при прессовании, отличающийся тем, что ферромагнитный компонент вводят в виде наночастиц магнетита размером до 100 нм и воздействуют магнитным полем с напряженностью не менее 800 эрстед на
30 магнитодиэлектрическую массу с предварительно определенной степенью отверждения не более 30%.

При введении частиц большего размера за счет снижения подвижности в вязкой среде эпоксидного связующего нельзя рассчитывать на формирование слоистой
35 структуры без пересечения отдельных участков ферромагнитных слоев и снижения эффективности воздействия магнитного клина на электромагнитный поток пазового рассеяния и уменьшение добавочных потерь двигателя. К такому же результату приводит использование наночастиц магнетита и магнитной обработки напряженностью 300 эрстед.

Введение наночастиц магнетита обеспечивает высокую подвижность частиц в вязкой
40 среде эпоксидного связующего при прессовании магнитодиэлектрической массы с армирующим элементом в виде стекловолокнистой ткани, что позволяет формировать слоистую структуру материала магнитного клина с четким разделением межфазной границы получения плотной структуры в пределах слоя ферромагнетика. В этом случае ферромагнитный слой работает в условиях воздействия магнитного поля как единая
45 частица, что обеспечивает требуемую магнитную проницаемость материала.

Кроме того, ферромагнитный наполнитель с размером частиц до 100 нм не снижает прочностных характеристик отвержденной эпоксидной смолы.

Степень полимеризации эпоксидной смолы предварительно определяется, и магнитная

обработка производится при степени отверждения не более 30% от полного.

Пример 1

Смесь ферромагнетика в виде магнетита с размером частиц от 10 до 100 нм, эпоксидной смолы марки К-153, отвердителя, взятых в соотношении: 25 масс.% магнетита, остальное - эпоксидная смола и 10 масс.% отвердителя, тщательно перемешивают и заливают в пресс-форму, в которую предварительно помещают армирующую сетку в виде стекловолоконной ткани, далее накладывают магнитное поле напряженностью 800 эрстед. Предварительно определяют степень полимеризации магнетодиэлектрической массы и магнитную обработку начинают при степени полимеризации не более 30%.

Металлографический анализ отвержденного материала показывает, что ферромагнитный компонент образует замыкающиеся слои с неравномерным распределением по объему материала. На рис.1 показано распределение ферромагнитного компонента в отвержденной эпоксидной смоле после обработки магнитным полем напряженностью 300 эрстед: 1 - отвержденная эпоксидная смола, 2 - ферромагнитный компонент.

Применение магнитных клиньев, изготовленных из материала подобной структуры, показало, что асинхронный двигатель марки ДМ, по результатам испытаний согласно ГОСТ 25941-83, имел снижение добавочных потерь на 10%.

Пример 2

Смесь ферромагнетика в виде магнетита с размером частиц до 100 нм, эпоксидной смолы марки ЭП-10, отвердителя, взятых в соотношении: 25 вес.% магнетита, остальное - эпоксидная смола и 1-2% отвердителя, тщательно перемешивают и заливают в пресс-форму, в которую предварительно помещают армирующую сетку в виде стекловолоконной ткани, далее накладывают магнитное поле напряженностью 800 эрстед. Предварительно определяют степень отверждения магнетодиэлектрической массы и магнитную обработку начинают при степени полимеризации не более 30%. Металлографический анализ отвержденного материала показывает, что материал имеет слоистую чередующуюся структуру из слоев отвержденного полимера и ферромагнитного наполнителя. Слои ферромагнитного компонента не замыкаются друг на друге. Слой ферромагнитного компонента имеет высокоплотную структуру, что обеспечивает высокую магнитную проницаемость слоя. На рис.2 показано распределение ферромагнитного компонента в отвержденной эпоксидной смоле после обработки магнитным полем напряженностью 800 эрстед: 1 - отвержденная эпоксидная смола; 2 - ферромагнитный компонент.

Применение магнитных клиньев, изготовленных из материала, показало, что асинхронный двигатель марки ДМ, по результатам испытаний согласно ГОСТ 25941-83, имел снижение вредных потерь на 30%, что подтверждает технический результат предлагаемого изобретения.

Формула изобретения

Способ получения магнетодиэлектрического материала в виде листов или плит для изготовления магнитного клина электрических машин, включающий смешивание ферромагнитного компонента, эпоксидной смолы и отвердителя, заливку полученной массы в пресс-форму, в которой размещен армирующий элемент в виде стекловолоконной ткани, и последующую обработку магнитным полем при прессовании, отличающийся тем, что ферромагнитный компонент вводят в виде наночастиц магнетита размером до 100 нм и воздействуют магнитным полем с

напряженностью не менее 800 эрстед на магнитодиэлектрическую массу с предварительно определенной степенью отверждения не более 30%.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

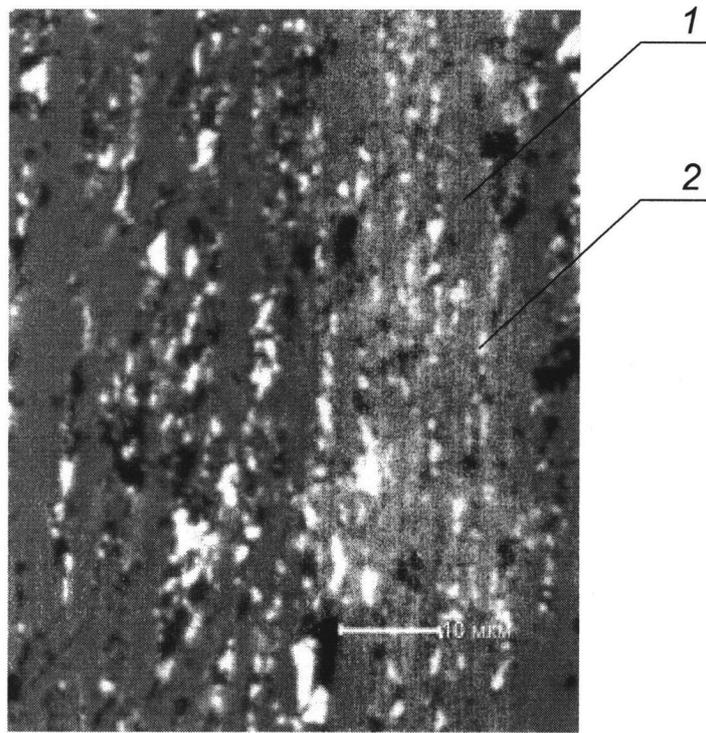


Рис. 1

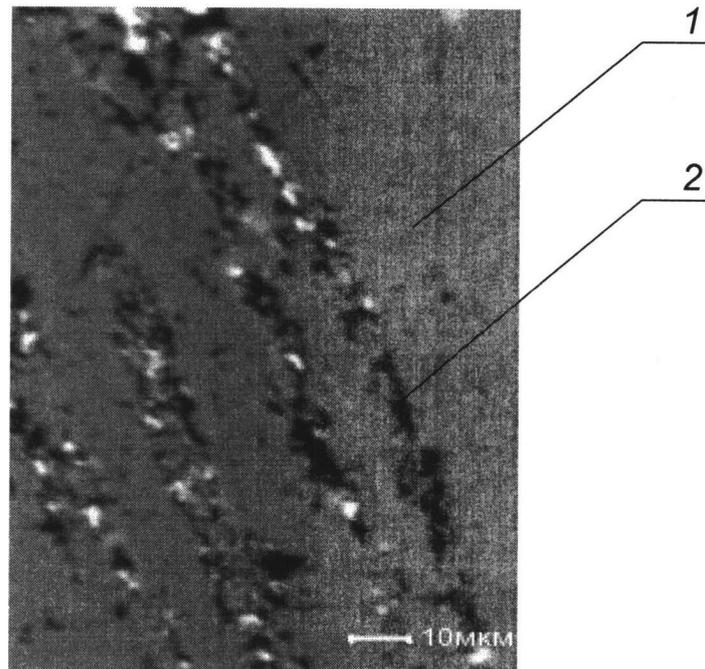


Рис. 2