



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108781003 A

(43)申请公布日 2018.11.09

(21)申请号 201680083784.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.03.23

H02K 1/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.09.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/059159 2016.03.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/163327 JA 2017.09.28

(71)申请人 新日铁住金株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 川又龙太郎

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 任玉敏

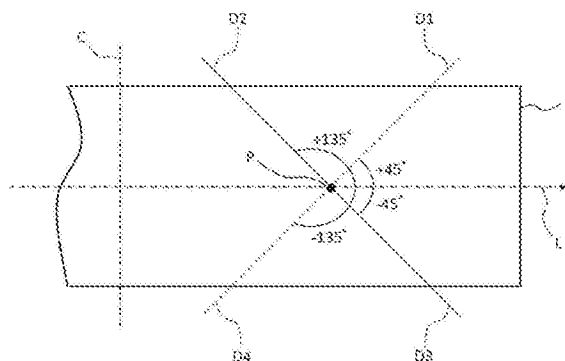
权利要求书2页 说明书17页 附图7页

(54)发明名称

无方向性电磁钢板及其制造方法和爪极式
马达

(57)摘要

一种爪极式马达的定子芯用的无方向性电磁钢板,是相对于轧制方向成 45° 的方向的磁通密度比上述轧制方向的磁通密度及相对于上述轧制方向成 90° 的方向即板宽方向的磁通密度大的带状的钢板。



1. 一种无方向性电磁钢板, 是爪极式马达的定子芯用的无方向性电磁钢板, 其特征在于,

是相对于轧制方向成 45° 的方向的磁通密度比上述轧制方向的磁通密度及相对于上述轧制方向成 90° 的方向即板宽方向的磁通密度大的带状的钢板。

2. 如权利要求1所述的无方向性电磁钢板, 其特征在于,

当设相对于上述轧制方向向绕板面法线的逆时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第1方向、设以 135° 的角度倾斜的方向为第2方向、设相对于上述轧制方向向绕上述板面法线的顺时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第3方向、设以 135° 的角度倾斜的方向为第4方向, 将磁化力 5000A/m 下的上述第1方向的磁通密度、上述第2方向的磁通密度、上述第3方向的磁通密度和上述第4方向的磁通密度的平均值以单位T设为 $B_{50}(45-\text{ave.})$, 将磁化力 5000A/m 下的上述轧制方向的磁通密度和上述板宽方向的磁通密度的平均值以单位T设为 $B_{50}(L+C)$ 时, 下述(1)式成立,

$$B_{50}(L+C) + 0.020 < B_{50}(45-\text{ave.}) \cdots (1)。$$

3. 如权利要求2所述的无方向性电磁钢板, 其特征在于,

在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的逆时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向中, 上述第1方向的磁通密度最高,

在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的逆时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向中, 上述第2方向的磁通密度最高,

在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的顺时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向中, 上述第3方向的磁通密度最高,

在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的顺时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向中, 上述第4方向的磁通密度最高,

当设上述第1方向的磁通密度为 $B_{45\text{max}}$ 时, 满足相对于上述第1方向的角度绕上述板面法线为 $\pm 10^\circ$ 的范围中包含的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\text{max}}$ 以上的条件, 关于上述第2方向、上述第3方向及上述第4方向分别也满足该条件。

4. 一种无方向性电磁钢板的制造方法, 其特征在于,

具有:

热轧工序, 对于通过将板坯粗轧而得到的薄板坯, 在精热轧开始温度为 800°C 以上 1150°C 以下、热轧完成温度不到 750°C 、以及精热轧机的最终机架出侧的轧制速度是 300m/分 以下的条件下进行热轧; 以及

冷轧工序, 对于从上述热轧工序得到的热轧钢板, 以减量率超过 87% 进行冷轧。

5. 一种无方向性电磁钢板的制造方法, 其特征在于,

具有:

热轧工序, 对于通过将板坯粗轧而得到的薄板坯, 在精热轧开始温度是 800°C 以上 1150°C 以下、热轧完成温度是 800°C 以下、精热轧减量率是 94% 以上以及精热轧机的最终机架出侧的轧制速度是 300m/分 以下的条件下进行热轧。

6. 一种爪极式马达, 是使用权利要求1~3中任一项所述的无方向性电磁钢板作为定子芯的爪极式马达, 其特征在于,

通过以爪极的朝向相对于上述无方向性电磁钢板的轧制方向成 45° 的角度的方式冲切

出的带状坯材来形成定子芯。

无方向性电磁钢板及其制造方法和爪极式马达

技术领域

[0001] 本发明涉及被作为爪极式马达的铁芯材料使用的无方向性电磁钢板及其制造方法、和使用该无方向性电磁钢板的爪极式马达。

背景技术

[0002] 从1970年代起,通过板金技术的发展而定位精度提高,所以爪极式马达受到关注。特别是被作为步进马达及汽车的交流发电机使用,而最近向再生电力发生用的发电机兼交流发电机等的应用正在扩大。还期待作为EV/HEV用的驱动用马达的用途扩大。

[0003] 作为爪极式马达的定子芯,以往以来使用将无方向性电磁钢板冲切为有爪的圆板状、将爪弯折并通过圆筒拉深成形而形成芯背的结构,但近年来使用将无方向性电磁钢板冲切为具有多个爪(爪极)的带状坯材、将其板金加工为圆筒状的结构。爪极式马达由于能够通过板金加工容易地制作马达磁芯,所以在重视成本削减的用途的马达中有重要价值。

[0004] 但是,如果使用通常的无方向性电磁钢板将带状的坯材冲切而将该坯材加工为定子芯,则发生磁通的流动在定子芯的爪极和芯背处不顺畅的问题。即,这样的定子芯由于将被一体冲切为带状的部件加工为圆筒状而使用,所以不意味着坯材的磁特性在面内是无方向性的,而仅关于作为成 90° 的爪极和芯背的各自的朝向的两方向磁特性良好是重要的。但是,相对于轧制方向为 0° 和 90° 方向的磁特性较好的双向性电磁钢板需要在现状下实施困难的工艺,还没有在工业上被实用化。

[0005] 此外,为了将冲切后的带状坯材板金加工为磁芯,因为由通过板金加工产生的应变带来的磁特性的劣化的影响,爪极式马达的磁芯与将通过冲切得到的钢板层叠而得到的一般的马达相比,有在制作出同等输出/转矩者的情况下效率较差的问题。为了解决该问题,要求开发出与以往的无方向性电磁钢板及热轧钢板相比、磁特性在板金加工中应力感受性不敏感的无方向性电磁钢板或热轧钢板。

[0006] 在专利文献1中,公开了一种使用双向性电磁钢板作为分割磁芯的技术。但是,双向性电磁钢板由于在制造过程中需要轧制,所以生产性较差而成为高成本,有难以响应对爪极式马达要求的严格的成本降低的问题。

[0007] 在专利文献2中,公开了一种使用将磁性粉压缩而形成的磁芯的爪极式马达。但是,在此情况下,由于使用磁性粉作为磁芯,所以在施加了达 10000A/m 的高磁场的情况下需要磁通密度为 1.7 特斯拉以上的直流磁化特性,与无方向性电磁钢板相比,动作磁通密度变低,马达的转矩下降。并且,为了转矩提高而需要增加铜线的绕数,马达自身变大,而且有通过使用的铜线的量增加而铜线的成本增加的问题。并且,由于是分割磁芯,所以在磁芯的组装作业中花费工夫,成本上升。因此,难以满足对爪极式马达要求的低成本及小型化的要求。

[0008] 在专利文献3中,公开了一种将2个以上的与励磁用爪极形磁轭单元相同构造的传感器用爪极形磁轭单元以邻接于励磁用爪极形磁轭单元而在旋转轴的轴线方向上排列的方式配置的步进马达。但是,该马达除了励磁用爪极形磁轭单元以外还需要旋转传感器用

爪极形磁轭单元,需要在该单元内卷绕铜线。因此,马达成为大型而重量增加,制造成本增加。

[0009] 在专利文献4中,公开了一种为了使得在具有爪极型构造的定子芯与线圈绕线架的组装时不易发生定子芯和线圈绕线架的位置偏差、在线圈绕线架上设置定位用突起而使其与定子芯的定位用孔嵌合的步进马达,但这是关于一般的爪极式马达的组装方法的技术,不是实现马达特性的提高、高效率化、小型化的技术。

[0010] 在专利文献5中,公开了一种爪极的侧面与轴向平行、能够提高生产性的单相爪极型马达,但并不是实现爪极式马达的高效率化、高转矩化、小型化等的技术。此外,具有爪极的定子是一体冲切,有不能活用无方向性电磁钢板的集合组织的问题。

[0011] 在专利文献6中,公开了一种爪极型马达,是磁芯被三分割的构造,由具有朝向轴向下方的爪极的磁芯、具有朝向轴向上方的爪极的磁芯、和将绕线在上下二分割的磁芯构成,为具有爪极的磁芯将分割绕线的磁芯从上下夹入的构造。该马达以确保从齿向爪极流动的磁路的截面积为目的,以为了使截面积增加而使用无垢的磁性体、烧结材料或压粉材料为前提,没有设想使用无方向性电磁钢板。此外,为了确保磁芯的磁通而磁芯的截面积增加,如果使用无方向性电磁钢板,则有涡电流增大、爪极式马达的效率大幅下降的问题。

[0012] 在专利文献7中,作为相对于轧制方向以 45° 的角度交叉的双向的磁特性良好的冷轧无方向性电磁钢板制造方法,公开了一种将板坯再加热温度设为 1150°C 以下且 700°C 以上、将精热轧开始温度设为 650°C 以上 850°C 以下、将热轧完成温度设为 550°C 以上 800°C 以下的精热轧方法。

[0013] 但是,在实现专利文献7所公开的精热轧开始温度及热轧完成温度的情况下,有在精热轧机的热轧辊上作用的轧制反作用力增加、其磨损较快而寿命变短、并且辊的轴承的寿命也因增加的轧制反作用力而变短的问题。

[0014] 进而,在先于精热轧进行的粗轧中,如果使板坯再加热温度低温化,则在通过通常的连续铸造制造的板坯中,即使拥有粗轧机的能力,其轧制反作用力也为过大,有难以轧制为规定的板厚的薄板坯的问题。

[0015] 在专利文献8中,作为相对于轧制方向以 45° 的角度交叉的双向的磁特性良好的热轧无方向性电磁钢板制造方法,公开了一种将板厚 20mm 以上 100mm 以下的薄铸片使精热轧开始温度为 650°C 以上 850°C 以下、使热轧完成温度为 550°C 以上 800°C 以下的精热轧方法。

[0016] 但是,在实现专利文献8中公开的精热轧开始温度及热轧完成温度的情况下,有作用在精热轧机的热轧辊上的轧制反作用力增加,其磨损变快而寿命变短,并且辊的轴承的寿命也因为增加的轧制反作用力而变短的问题。

[0017] 现有技术文献

[0018] 专利文献

[0019] 专利文献1:日本特开平11-355983号公报

[0020] 专利文献2:日本特开2008-72854号公报

[0021] 专利文献3:日本特开2001-161054号公报

[0022] 专利文献4:日本特开2003-189584号公报

[0023] 专利文献5:日本特开2013-201811号公报

[0024] 专利文献6:日本特开2005-117744号公报

[0025] 专利文献7:日本特开2011-111658号公报

[0026] 专利文献8:日本特开2012-67330号公报

发明内容

[0027] 发明要解决的课题

[0028] 如果考虑爪极式马达的磁芯中的磁场的流动,则通过使用相互正交的双向的磁特性良好的电磁钢板(双向性电磁钢板)能够得到磁特性良好的磁芯,对于本领域技术人员而言是显而易见的。但是,如上述那样,在爪极式马达的制造过程中,由于将从电磁钢板冲切出的带状坯材板金加工为磁芯,所以以通过板金加工在磁芯中产生的应变为原因而发生磁特性的劣化。结果,在以同输出及同转矩的条件下与将通过冲切得到的钢板层叠而得到的通常马达比较的情况下,有使用双向性电磁钢板制作出的爪极式马达最大效率低的问题。

[0029] 另外,在本说明书中,所谓通常马达,是指一体冲切型的感应马达、在定子中使用分割磁芯的感应马达、一体冲切型的同步马达、在定子中使用分割磁芯的同步马达等。

[0030] 对于上述问题,本申请的发明者们发现,如果使用相对于轧制方向成 45° 的方向的磁特性良好的无方向性电磁钢板作为爪极式马达的定子芯的材料,则与使用相同的无方向性电磁钢板制作具有芯背和齿并对齿的周围施以了绕线的通常马达的情况相比最大效率变高。换言之,即使在爪极式马达以外的马达中使用具有上述特征的无方向性电磁钢板,也没有发现应用到爪极式马达中的情况那样的效率的改善效果。

[0031] 另一方面,如在上述专利文献7及8中公开那样,作为相对于轧制方向成 45° 的方向的磁特性良好的无方向性电磁钢板的制造方法,已知有在低温下进行精热轧的技术,但为了用现状的粗轧机及精热轧机实现这些技术,存在设备上的问题。

[0032] 本发明是鉴于上述情况而做出的,目的是提供一种在解决以往技术具有的设备上的问题的同时、低成本而磁特性良好、成为高效率且小型的爪极式马达的定子芯的材料的无方向性电磁钢板及其制造方法以及由其无方向性电磁钢板制作的爪极式马达。

[0033] 用来解决课题的手段

[0034] 如上述那样,本申请的发明者们发现,如果使用相对于轧制方向成 45° 的方向的磁特性良好的无方向性电磁钢板作为爪极式马达的定子芯的材料,则与使用相同的无方向性电磁钢板制作具有芯背和齿且对齿的周围施以了绕线的通常马达的情况相比,最大效率变高。

[0035] 得到这样的效果的技术的理由还不清楚,但推测了以下这样的理由。即,可以想到在相对于轧制方向成 45° 的方向的磁特性良好的无方向性电磁钢板中,集合组织或结晶组织被改善。因此,在将从该无方向性电磁钢板冲切出的带状坯材进行板金加工而形成磁芯时,被向磁芯导入的残留应变变量减少,结果爪极式马达的磁芯内的磁通的流动被大幅地改善。

[0036] 作为制造具有这样的特征的无方向性电磁钢板的方法,已知有在上述专利文献7及8中公开那样的在低温下进行精热轧的技术(将精热轧温度条件设定得比通常的周知的温度低的技术),为了用现状的粗轧机及精热轧机实现这些技术而存在设备上的问题(热轧辊及轴承的寿命缩短),其实现并不容易。

[0037] 本申请的发明者们进行了进一步的研究,结果发现,通过在将板坯加热温度及粗

轧温度维持为通常的温度的同时、将精热轧中的轧制速度设定得较低而精密地进行控制冷却,能够在解决以往技术具有的的设备上的问题的同时,制造具有与以往技术同等以上的磁特性的无方向性电磁钢板,并完成了本发明。另外,在以下的说明中,所谓以往制法,是指在专利文献7及8中公开的通过低温精热轧进行的无方向性电磁钢板的制造方法。

[0038] 本申请的发明者们还发现,根据有关本发明的制造方法,与以往制法相比,能够得到以相对于轧制方向成 45° 的方向为中心的磁通密度较高的范围绕板面法线以较大的角度分布、并且其绝对值也较高的具有极好的磁特性的无方向性电磁钢板。

[0039] 通过使精热轧的轧制速度降低而能够制造出具有比以往制法好的磁特性的无方向性电磁钢板的技术的理由还不清楚,但推测了以下这样的理由。即,从粗轧机向精热轧机输送的薄板坯一边通过精热轧机的热轧辊而受到排热一边在远比冷轧高的温度下被轧制,但通过轧制速度下降,其加工发热自身被抑制。结果,考虑有可能得到具有与以往制法制造出的无方向性电磁钢板不同的集合组织或结晶组织的无方向性电磁钢板。

[0040] 此外,本申请的发明者们同时发现,在以往制法的轧制速度的情况下,通过有关本发明的制造方法得到的 45° 方向的磁特性良好的效果受损。该技术的理由也还不清楚,但推测理由为,通过提高轧制速度,应变速度增加,所以在精轧中再结晶进展到所需以上程度,不能形成磁特性良好的集合组织或结晶组织。

[0041] 基于以上那样的研究结果完成的本发明的主旨是以下这样的。

[0042] (1) 有关本发明的一技术方案的无方向性电磁钢板,是爪极式马达的定子芯用的无方向性电磁钢板,是相对于轧制方向成 45° 的方向的磁通密度比上述轧制方向的磁通密度及相对于上述轧制方向成 90° 的方向即板宽方向的磁通密度大的带状的钢板。

[0043] (2) 在上述(1)所记载的无方向性电磁钢板中,也可以是,当设相对于上述轧制方向向绕板面法线的逆时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第1方向、设以 135° 的角度倾斜的方向为第2方向、设相对于上述轧制方向向绕上述板面法线的顺时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第3方向、设以 135° 的角度倾斜的方向为第4方向,将磁化力 5000A/m 下的上述第1方向的磁通密度、上述第2方向的磁通密度、上述第3方向的磁通密度和上述第4方向的磁通密度的平均值以单位T设为 $B_{50}(45-\text{ave.})$,将磁化力 5000A/m 下的上述轧制方向的磁通密度和上述板宽方向的磁通密度的平均值以单位T设为 $B_{50}(L+C)$ 时,下述(1)式成立。

[0044] $B_{50}(L+C) + 0.020 < B_{50}(45-\text{ave.}) \cdots (1)$

[0045] (3) 在上述(2)所记载的无方向性电磁钢板中,也可以是,在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的逆时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向中,上述第1方向的磁通密度最高;在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的逆时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向中,上述第2方向的磁通密度最高;在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的顺时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向中,上述第3方向的磁通密度最高;在相对于上述轧制方向的角度包含在向绕上述板面法线的顺时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向中,上述第4方向的磁通密度最高。

[0046] 当设上述第1方向的磁通密度为 $B_{45\text{max}}$ 时,满足相对于上述第1方向的角度绕上述板面法线为 $\pm 10^\circ$ 的范围中包含的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\text{max}}$ 以上的条件,关于上述第2方向、上述第3方向及上述第4方向分别也满足该条件。

[0047] (4) 有关本发明的一技术方案的无方向性电磁钢板的制造方法具有:热轧工序,对

于通过将板坯粗轧而得到的薄板坯,在精热轧开始温度为800℃以上1150℃以下、热轧完成温度不到750℃以及精热轧机的最终机架出侧的轧制速度是300m/分以下的条件下进行热轧;以及冷轧工序,对于从上述热轧工序得到的热轧钢板,以减量率超过87%进行冷轧。

[0048] (5)有关本发明的另一技术方案是无方向性电磁钢板的制造方法具有:热轧工序,对于通过将板坯粗轧而得到的薄板坯,在精热轧开始温度是800℃以上1150℃以下、热轧完成温度是800℃以下、精热轧减量率是94%以上以及精热轧机的最终机架出侧的轧制速度是300m/分以下的条件下进行热轧。

[0049] (6)有关本发明的一技术方案的爪极式马达,是使用上述(1)~(3)的任一项中记载的无方向性电磁钢板作为定子芯的爪极式马达,通过以爪极的朝向相对于上述无方向性电磁钢板的轧制方向成45°的角度的方式冲切出的带状坯材来形成定子芯。

[0050] 发明效果

[0051] 根据本发明的上述技术方案,能够在解决以往技术具有的設備上的问题的同时,得到低成本且磁特性良好、适合制造高效率且小型的爪极式马达的无方向性电磁钢板及其制造方法以及由该无方向性电磁钢板制作的爪极式马达。

附图说明

[0052] 图1是表示有关本发明的一实施方式的无方向性电磁钢板的平面图。

[0053] 图2是表示从有关本实施方式的无方向性电磁钢板形成爪极式马达的定子芯的带状坯材的冲切例的平面图。

[0054] 图3是表示形成有关本实施方式的爪极式马达的定子芯的带状坯材的例子的平面图。

[0055] 图4是表示将图3的带状坯材加工为圆筒状的状态的立体图。

[0056] 图5是表示接着图4的加工状态的立体图。

[0057] 图6A是表示将线圈向定子芯插入而制作定子的过程中的、将线圈插入的过程的说明图。

[0058] 图6B是表示将线圈向定子芯插入而制作定子的过程中的、将定子芯的线圈下方侧弯折的过程的说明图。

[0059] 图6C是通过图6A及图6B所示的过程制作出的定子的完成图。

[0060] 图7是表示接着图6C的加工状态的立体图。

[0061] 图8是完成的爪极式马达的外观立体图。

[0062] 图9是装接在外板上的爪极式马达的外观立体图。

[0063] 图10是以相对于轧制方向的角度为横轴、以各角度方向的磁通密度相对于45°方向的磁通密度(最大磁通密度)的比为纵轴的曲线图。

具体实施方式

[0064] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。另外,在本说明书及附图中,对实质上具有相同功能结构的要素通过赋予相同的标号而省略重复说明。

[0065] 图1是有关本发明的一实施方式的无方向性电磁钢板1的平面图。如图1所示,在本实施方式中,作为爪极式马达的定子芯用的钢板,使用在板面内相对于轧制方向L成45°的

方向的磁通密度比轧制方向L的磁通密度及相对于轧制方向L成 90° 的方向即板宽方向C的磁通密度大的带状的无方向性电磁钢板1。

[0066] 如图1所示,在本实施方式中,设相对于轧制方向L向绕板面法线P(相对于板面正交的轴线)的逆时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第1方向D1,设以 135° 的角度倾斜的方向为第2方向D2。此外,设相对于轧制方向L向绕板面法线P的顺时针方向以 45° 的角度倾斜的方向为第3方向D3,设以 135° 的角度倾斜的方向为第4方向D4。另外,以下有设板面法线P的逆时针为正朝向、设板面法线P的顺时针为负朝向、对角度赋予正负符号的情况(参照图1)。

[0067] 上述的第1方向D1、第2方向D2、第3方向D3及第4方向D4分别是在板面内相对于轧制方向L成 45° 的方向。在有关本实施方式的无方向性电磁钢板1中,第1方向D1、第2方向D2、第3方向D3及第4方向D4的磁通密度分别比轧制方向L的磁通密度及板宽方向C的磁通密度大。

[0068] 将磁化力 5000A/m 下的第1方向D1的磁通密度、第2方向D2的磁通密度、第3方向D3的磁通密度和第4方向D4的磁通密度的平均值在单位T(特斯拉)下设为 $B_{50}(45-\text{ave.})$ 。此外,将磁化力 5000A/m 下的轧制方向L的磁通密度和板宽方向C的磁通密度的平均值在单位T(特斯拉)下设为 $B_{50}(L+C)$ 。在此情况下,在有关本实施方式的无方向性电磁钢板1中,优选的是下述(1)式成立。

[0069] $B_{50}(L+C) + 0.020 < B_{50}(45-\text{ave.}) \cdots (1)$

[0070] 在用爱泼斯坦装置测量磁化力 5000A/m 下的各方向的磁通密度的情况下,作为磁通密度的测量值而使用爱泼斯坦测量值。此外,在通过SST(磁试验器)测量磁化力 5000A/m 下的各方向的磁通密度的情况下,使用在各方向上切断的试料,取相同数量测量的平均值。

[0071] 在有关本实施方式的无方向性电磁钢板1中,优选的是,在相对于轧制方向L的角度包含在向绕板面法线P的逆时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向(即,在该方向中包含轧制方向L及板宽方向C)中,第1方向D1的磁通密度最高。这里,当设第1方向D1的磁通密度为 $B_{45\text{max}}$ 时,优选的是满足相对于第1方向D1的角度包含在绕板面法线P $\pm 10^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\text{max}}$ 以上的条件。

[0072] 即,在相对于轧制方向L的角度包含在 $0^\circ \sim +90^\circ$ 的范围中的方向中,与第1方向D1的磁通密度突出地较高相比,对于以磁通密度为最大的第1方向D1的角度($+45^\circ$)为中心的角度范围,磁通密度的分布具有一定的宽度(参照后述的图10)。更优选的是,相对于第1方向D1的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 15^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\text{max}}$ 以上。

[0073] 同样优选的是,在相对于轧制方向L的角度包含在向绕板面法线P的逆时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向(即,在该方向中也包括轧制方向L及板宽方向C)中,第2方向D2的磁通密度最高。关于第2方向D2也优选的是满足与第1方向D1的条件相同条件。

[0074] 即,当设第2方向D2的磁通密度为 $B_{135\text{max}}$ 时,优选的是满足相对于第2方向D2的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 10^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{135\text{max}}$ 以上的条件。更优选的是,相对于第2方向D2的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 15^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{135\text{max}}$ 以上。

[0075] 同样,在相对于轧制方向L的角度包含在向绕板面法线P的顺时针方向为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围中的方向(即,在该方向中也包括轧制方向L及板宽方向C)中,优选的是第3方向D3的

磁通密度最高。关于第3方向D3,也优选的是满足与第1方向D1的条件同条件。

[0076] 即,当设第3方向D3的磁通密度为 $B_{45\max}'$ 时,优选的是满足相对于第3方向D3的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 10^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\max}'$ 以上的条件。更优选的是,相对于第3方向D3的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 15^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{45\max}'$ 以上。

[0077] 同样优选的是,在相对于轧制方向L的角度包含在向绕板面法线P的顺时针方向为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围中的方向(即,在该方向中也包括轧制方向L及板宽方向C)中,第4方向D4的磁通密度最高。关于第4方向D4,也优选的是满足与第1方向D1的条件相同条件。

[0078] 即,当设第4方向D4的磁通密度为 $B_{135\max}'$ 时,优选的是满足相对于第4方向D4的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 10^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{135\max}'$ 以上的条件。更优选的是,相对于第4方向D4的角度包含在绕板面法线P为 $\pm 15^\circ$ 的范围中的方向的磁通密度是 $0.99 \times B_{135\max}'$ 以上。

[0079] 具有相对于轧制方向L成 45° 的方向(第1方向D1、第2方向D2、第3方向D3及第4方向D4)的磁通密度比轧制方向L及板宽方向C的磁通密度大的特征的无方向性电磁钢板1如后述那样,通过控制热轧、冷轧来制造。在无方向性电磁钢板1的制造工序中,热轧条件的控制是非常重要的,关于退火工序的控制没有特别设定限制。通过将这样的无方向性电磁钢板1作为爪极式马达的定子芯使用,最大限度地活用了该无方向性电磁钢板1的特性,能够大幅地改善爪极式马达的效率。

[0080] 关于通过具有上述特征的无方向性电磁钢板1能够将爪极式马达的效率大幅地改善,在以往的轧制方向及板宽方向的磁特性良好的双向性电磁钢板或在整周方向上磁特性良好的无方向性电磁钢板及热轧钢板的情况下不产生这样的效果的原因,如以下这样做出推测。

[0081] 考虑是因为,具有上述特征的无方向性电磁钢板1因为集合组织被改善或结晶组织被改善的某个理由,在板金加工时向钢板导入的残留应变量减少,结果成形出的爪极式马达的磁芯内的磁通流大幅地被改善。该效果根据本发明者们的研究,在使用磁芯的弯曲半径R是10mm以下或被弯曲加工为大致直角的爪极式马达磁芯的爪极式马达中较显著。

[0082] 在将具有上述特征的无方向性电磁钢板1通过冷轧制造的情况下,在热轧工序中,对通过将板坯粗轧而得到的薄板坯进行热轧以使热轧完成温度不到 750°C ,然后,在冷轧工序中,通过对从热轧工序得到的热轧钢板使减量率超过87%进行冷轧来制造。从相对于轧制方向L成 45° 的方向的磁特性提高的观点,热轧工序中的精热轧开始温度优选的是 800°C 以上 1150°C 以下,更优选的是 900°C 以上 1050°C 以下。对于热轧完成温度不设置下限,但从轧制性的观点看优选的是 500°C 以上。从相对于轧制方向L成 45° 的方向的磁特性提高的观点看,热轧工序中的轧制速度优选的是精热轧机的最终机架出侧速度为300m/分以下,更优选的是为200m/分以下,从生产性的观点看,更优选的是20m/分以上。

[0083] 此外,在将具有上述特征的无方向性电磁钢板1通过热轧制造的情况下,在热轧工序中,对于通过将板坯粗轧而得到的薄板坯在热轧完成温度为 800°C 以下且 650°C 以上、以及精热轧减量率为94%以上的条件下进行热轧,以低温完成来抑制热轧钢板的再结晶。没有特别设置精热轧减量率的上限,但从生产性的观点优选的是98.5%以下。由此,形成相对于轧制方向 45° 方向的磁特性良好的集合组织。从相对于轧制方向L成 45° 的方向的磁特性

提高的观点看,精热轧开始温度优选的是800℃以上1150℃以下,更优选的是900℃以上1050℃以下。如果热轧完成温度过低,则通过残留应力而磁特性下降,所以优选的是将下限设为650℃。此外,如果热轧完成温度过高,则在穿过精热轧机的最终机架之后在热轧钢板中发生再结晶,不能得到希望的集合组织,所以将上限设为800℃。从相对于轧制方向L成45°的方向的磁特性提高的观点,轧制速度优选的是精热轧装置的最终机架出侧速度为300m/分以下,更优选的是为200m/分以下,从生产性的观点,优选的是20m/分以上。

[0084] 另外,也可以进行在热轧辊的冷却水中以体积比混入0.5~20%的油脂乳液的润滑热轧。

[0085] 如上述那样,在有关本实施方式的无方向性电磁钢板1的制造方法中,在板坯加热后,进行直到薄板坯的粗轧,在低速下进行精热轧,在低温下完成。在低温下进行粗轧由于被轧制材的板厚较大,所以用现状的粗轧机是困难的,所以优选的是在以往的周知技术的温度范围即800℃以上1250℃以下进行粗热轧。更优选的是在850℃以上1050℃以下的温度范围中进行粗轧。

[0086] 在精热轧中,为了使热轧完成温度下降,有使精热轧开始温度降低、或将精热轧开始温度设为与以往的周知技术相同程度并在精热轧中用各种手段进行冷却控制的两种方法。

[0087] 这里,在使精热轧开始温度降低情况下,需要使粗轧结束的薄板坯均一地降低到规定的温度,作为其方法,可以举出使用薄铸片、在将其粗轧后卷绕到隧道炉或盘管炉上而均热保持的方法。通过该方法,能够精密地控制精热轧开始温度而使热轧完成温度降低,但是有如何将粗轧结束后的薄板坯在短时间中冷却的问题。该冷却由于通常也成为200℃以上,所以需要以短时间实现有厚度的薄板坯的冷却。

[0088] 在有关本实施方式的无方向性电磁钢板1的制造方法中,为了在低温下开始精热轧,也可以将薄板坯进行水汽冷却、或用专用的冷却辊接触传热冷却、或将它们组合而冷却到规定的温度,开始精热轧。

[0089] 此外,为了进一步提高相对于轧制方向L成45°的方向的磁特性,更优选的是不特别进行薄板坯的冷却,而通过低速轧制在精热轧中进行冷却。由此,能够得到以第1方向D1的角度(+45°)、第2方向D2的角度(+135°)、第3方向D3的角度(-45°)及第4方向D4的角度(-135°)的各自为中心,在绕板面法线P为±10°(在更好的磁特性中是±15°)的范围中包含的方向的磁通密度为各中心角度方向的最大磁通密度的0.99倍以上的值的、磁特性良好的无方向性电磁钢板1。

[0090] 为了实现这样的磁特性,如上述那样,轧制速度优选的是精热轧机的最终机架出侧的速度为300m/分以下,更优选的是200m/分以下,从生产性的观点,优选的是20m/分以上。因此,希望根据需要而在精热轧机中控制机架间的冷却,使板宽方向C的温度分布变得均匀。此外,由于精轧速度较低,所以希望进行将从精热轧线圈的前端部到后端部的线圈长度方向的温度分布保持为均匀的控制热轧。

[0091] 作为实现该方法的方法,在粗轧机的后表面、精热轧机的前表面或精热轧机的机架间设置条形加热器,根据需要而进行线圈宽度方向、长度方向的温度补偿。此外,在精热轧的冷却中,也由于在低速热轧中进行温度容易下降的热轧板端部的温度补偿,所以需要在板宽方向上用不同的冷却方法,在板宽方向上实现不同的冷却速度。辊与被轧制材的接

触时间因低速精热轧而较长,所以根据需要而将精热轧机的辊适当地冷却,进行由与辊的接触带来的冷却。设置辊宽度方向的温度偏差从其寿命的观点看是困难的,所以优选的是在机架间进行板宽方向的冷却补偿,将借助辊排热的冷却控制在钢板长度方向上进行。

[0092] 关于有关本实施方式的无方向性电磁钢板1的成分,只要是通常的无方向性电磁钢板就不特别设置限制。但是,以下对从无方向性电磁钢板1的通常的磁特性确保的观点看为较好的成分的例子进行叙述。但是,并不由这些成分限定地规定具有本发明想要的集合组织的无方向性电磁钢板的成分。

[0093] 有关本实施方式的无方向性电磁钢板1的成分以质量%看为

[0094] $0.1 \leq \text{Si} \leq 6.5$

[0095] $0.1 \leq \text{Mn} \leq 1.5$,

[0096] Al添加并非必须,但在添加的情况下为 $0.1 \leq \text{Al} \leq 2.5$,优选的是做成

[0097] $\text{C} \leq 0.003$

[0098] $\text{N} \leq 0.003$

[0099] $\text{S} \leq 0.003$,

[0100] 其余部为由Fe及不可避免的杂质构成的成分。

[0101] Si、Mn、Al如果不到0.1%,则添加到无方向性电磁钢板1时的电阻率的增加不充分,不能得到希望的低铁损,所以优选的是添加0.1%以上。如果Si添加量超过6.5%,则热轧性及冷轧性下降,所以优选的是6.5%以下。如果Mn添加量超过1.5%,则由其添加效果带来的集合组织改善效果饱和而变得不经济,所以优选的是1.5%以下。Al的添加并非必须,如果Al添加量超过2.5%,则磁滞损失增加,电阻率较高的无方向性电磁钢板1中的铁损改善效果饱和,所以优选的是将添加量控制为2.5%以下。

[0102] 如果C含量超过0.003%,则通过无方向性电磁钢板1的使用中的磁时效而发生铁损的值增加的问题,所以C含量优选的是0.003%以下。如果N含量超过0.003%,则在钢中形成微细的各种氮化物,成为无方向性电磁钢板1的结晶粒成长的妨碍或妨碍磁壁的移动,都为铁损增大的原因,所以N含量优选的是0.003%以下。如果S含量超过0.003%,则在板坯加热中硫化物熔体化,在精热轧时微细地析出而成为无方向性电磁钢板1的结晶粒成长的妨碍或成为磁壁移动的妨碍,都为铁损增大的原因,所以S含量优选的是0.003%以下。

[0103] 图2是表示形成爪极式马达的定子芯的带状坯材的、从钢板的冲切例的平面图。钢板1如上述那样,是相对于轧制方向L成45°的方向的磁通密度比轧制方向L的磁通密度及板宽方向C的磁通密度大的无方向性电磁钢板。相对于该钢板1的轧制方向L以45°的角度将带状坯材2冲切。带状坯材2在带状的芯背部11的宽度方向两侧,在相对于芯背部11的长度方向垂直的方向上具有多个、例如各12极或24极的爪极12。这样,通过从相对于轧制方向L成45°的方向的磁特性良好的无方向性电磁钢板,以45°的角度冲切出带状坯材2,该带状坯材2在芯背部11的长度方向及爪极12方向这两方上都具有良好的磁特性。在本实施方式中,将该带状坯材2一体加工,成形出爪极式马达的定子芯。

[0104] 图3~图9表示从如图2那样冲切出的带状坯材2制作爪极式马达的次序。以下,说明爪极式马达的制作次序的概要。

[0105] 如图2所示那样从钢板1以45°的角度冲切出的带状坯材2在图3中的箭头所示的方向,即芯背部11的长度方向及爪极12方向上磁特性良好。将该带状坯材2通过板金加工而如

图4所示那样做成筒状,进而,如图5所示,将在芯背部11的宽度方向单侧、在图5中在上侧表示的爪极12向内侧折入,从下方将线圈21插入。将线圈21如图6A所示那样,插入到通过从芯背部11将爪极12大致直角地弯折而在芯背部11与爪极12之间形成的空间中,然后,如图6B及图6C所示,将相反侧(在图6B及图6C中是下侧)的爪极12也向芯背部11的内侧折入。对置的爪极12如图6C所示,为各极交替地取位那样的构造。

[0106] 另外,为了作业性的改善或其他目的,在图6A、图6B及图6C的工序中也可以在将各部件的上下颠倒的状态下进行各作业。

[0107] 以上,爪极式马达的定子31完成,在该定子31的内部中,如图7所示那样插入例如永久磁铁型转子22,图8所示的外定子型爪极式马达32完成。进而,例如如图9所示那样装接外板23,作为爪极式马达32使用。

[0108] 如以上这样,将带状的坯材2通过板金加工进行一体加工而成形为定子芯的爪极式马达32,其定子31的芯背部11的方向是作为坯材的钢板1的一定的方向,芯背部11、爪极12都利用钢板1的磁特性良好的方向即相对于轧制方向L成45°的方向。通过使用从该带状坯材2一体成形的结构作为爪极式马达的定子芯,爪极式马达的效率大幅地改善。

[0109] 此外,有关本实施方式的无方向性电磁钢板1由于能够通过比双向性电磁钢板简单的方法制造,所以与使用双向电磁钢板的情况相比能够实现大幅的成本降低。并且,由于能够以一体冲切将磁芯冲压,所以磁芯制造成本也能够降低。进而,能够以低磁场得到高磁通密度,能够减少作为励磁绕线而需要的铜线的量,由于不需要将磁芯分割,所以制造成本也能够降低。即,能够以低成本实现爪极式马达的小型化、高转矩且高效率化。

[0110] 以上,对本发明的优选的实施方式进行了说明,但本发明并不限于该例子。应了解的是,只要是本领域技术人员,就能够在权利要求书所记载的技术思想的范畴内想到各种变更例或修正例,关于它们当然也属于本发明的技术的范围。

[0111] 实施例

[0112] (实施例1)

[0113] 熔制出表1所示的成分的钢1~3,以连续铸造做成200mm厚的板坯,将其加热到1100℃,通过粗轧做成40mm厚的薄板坯。对于该薄板坯,将精热轧开始温度FOT如表2所示那样进行各种设定,进行精轧,做成2.0mm的热轧钢板。为了控制粗轧后的薄板坯的温度,通过水汽冷却及专用的冷却辊将薄板坯冷却,为了补偿温度而使用条形加热器。此外,将精热轧机的最终机架出侧的轧制速度设为100m/分以上250m/分,控制了热轧完成温度。将设置在机架间的条形加热器与机架间的冷却并用,以使热轧完成温度变得均匀。进而,将其酸洗,将冷轧率进行各种设定而进行冷轧后,实施完成退火。完成退火条件对于钢1设为750℃、30秒,对于钢2设为950℃、20秒,对于钢3设为1050℃、20秒。然后,测量各个钢板的B50(45-ave.)和B50(L+C)。另外,在FOT及冷轧率中,对于通过冷轧来制造无方向性电磁钢板的情况下的本发明的范围外的数值赋予下划线。

[0114] 同时,使用各钢板制作对爪极式马达及定子的齿施以绕线的通常马达,调查其最大效率。爪极式马达制作时的板金弯曲加工如图6(a)所示那样设为直角。将结果表示在表2中。

[0115] [表1]

[0116]

	Si	Mn	Al	C	N	S
钢1	0.30	0.20	tr.	0.0009	0.0007	0.0003
钢2	2.01	0.22	0.31	0.0008	0.0007	0.0005
钢3	3.10	0.25	1.22	0.0007	0.0006	0.0005

[0117] [表2]

[0118]

	F0T (°C)	冷轧率 (%)	B50 (45—ave.) —B50 (L+C) (T)	用在通常马达 中的情况下的 最大效率 (%)	用在爪极式马达 中的情况下的最 大效率 (%)	判定
钢 1	<u>800</u>	<u>85</u>	-0.04	78.1	78	比较例
钢 1	<u>800</u>	89	-0.03	84.9	85	比较例
钢 1	730	<u>85</u>	0.01	90.2	90	比较例
钢 1	730	89	0.06	92.2	95	本发明
钢 1	650	<u>85</u>	0.02	90.5	90.6	比较例
钢 1	650	89	0.06	91	95.5	本发明
钢 1	550	<u>85</u>	0.02	91.2	91.3	比较例
钢 1	550	89	0.07	91.9	96	本发明
钢 2	<u>800</u>	<u>85</u>	-0.03	79	78.8	比较例
钢 2	<u>800</u>	89	-0.03	84.8	84.6	比较例
钢 2	730	<u>85</u>	0.01	90.1	89.8	比较例
钢 2	730	89	0.05	92.5	94.9	本发明
钢 2	650	<u>85</u>	0.01	90.3	90.1	比较例
钢 2	650	89	0.06	91.3	95.2	本发明
钢 2	550	<u>85</u>	0.02	90	90	比较例
钢 2	550	89	0.06	92.3	94.8	本发明
钢 3	<u>800</u>	<u>85</u>	-0.03	79.1	78.9	比较例
钢 3	<u>800</u>	89	-0.02	84.9	84.6	比较例
钢 3	730	<u>85</u>	0.01	90	89.7	比较例
钢 3	730	89	0.04	92.4	94.8	本发明
钢 3	650	<u>85</u>	0.01	90.4	90.2	比较例
钢 3	650	89	0.05	92.6	95.1	本发明
钢 3	550	<u>85</u>	0.01	89.8	89.6	比较例
钢 3	550	<u>89</u>	0.05	92.2	95.9	本发明

[0119] 根据表2,在精热轧开始温度F0T比750℃低、并且冷轧率超过87%的情况下,50 (45—ave.) —B50 (L+C) 的值为0.04T以上,可知相对于轧制方向成45°的方向的磁通密度良好。进而,在用基于该制造方法的无方向性电磁钢板制作爪极式马达的情况下,可知得到了94.0%以上的良好的最大效率。并且,在通常马达的情况下,没有得到比得上爪极式马达的最大效率。

[0120] (实施例2)

[0121] 熔制出表3所示成分的钢,以连续铸造做成200mm厚的板坯,将其加热到1100℃,以粗轧做成20mm厚的薄板坯。对于该薄板坯,将热轧完成温度FT及减量率如表4所示那样进行各种设定,进行精轧。此时,精热轧开始温度设为950℃,为了调整热轧完成温度,精热轧机的最终机架出侧的轧制速度设为150m/分~300m/分。为了使精热轧板的温度分布在板宽方向、长度方向上均匀,通过设置在精热轧机前及精热轧机间的条形加热器控制温度。此外,在精热轧机架间进行板宽方向及长度方向的冷却控制。为了精热轧温度控制,不仅向钢板直接喷雾冷却水,还控制轧制辊的冷却,通过由辊进行的排热控制,控制了热轧完成温度。使用该热轧钢板,测量B50 (L+C) 和B50 (45—ave.)。另外,在FT及减量率中,对通过热轧制造无方向性电磁钢板的情况下的本发明的范围外的数值赋予了下划线。

[0122] 同时,使用各钢板制作对爪极式马达及定子的齿施以绕线的通常马达,调查其最大效率。爪极式马达制作时的板金弯曲加工的半径R为3mm。将结果表示在表4中。

[0123] [表3]

[0124]

	Si	Mn	Al	C	N	S
钢4	0.31	0.19	tr.	0.0007	0.0007	0.0005
钢5	2.00	0.21	0.30	0.0008	0.0006	0.0005
钢6	3.11	0.23	1.20	0.0007	0.0006	0.0006

[0125] [表4]

[0126]

	FT (°C)	薄板坯减量 率 (%)	B50 (45—ave.) —B50 (L+C) (T)	用在通常马达 中的情况下的 最大效率 (%)	用在爪极式马达 中的情况下的最 大效率 (%)	判定
钢 4	825	92	-0.04	78	77.9	比较例
钢 4	825	96	-0.04	84.8	84.6	比较例
钢 4	780	92	0.01	90.1	90	比较例
钢 4	780	96	0.05	92	95.6	本发明
钢 4	730	92	0.02	90.6	90.6	比较例
钢 4	730	96	0.06	91.3	95.8	本发明
钢 4	650	92	0.02	91.2	91.2	比较例
钢 4	650	96	0.06	91.8	96.5	本发明
钢 5	825	92	-0.03	79.1	78.9	比较例
钢 5	825	96	-0.03	84.6	84.3	比较例
钢 5	780	92	0.02	90	90	比较例
钢 5	780	96	0.06	91.5	96	本发明
钢 5	730	92	0.02	90.4	90.4	比较例
钢 5	730	96	0.06	91.4	96.3	本发明
钢 5	650	92	0.02	90.2	90.2	比较例
钢 5	650	96	0.07	92.1	95.9	本发明
钢 6	825	92	-0.03	79.3	79.1	比较例
钢 6	825	96	-0.02	84.8	84.5	比较例
钢 6	780	92	0.01	89.9	89.6	比较例
钢 6	780	96	0.05	92.6	96.6	本发明
钢 6	730	92	0.01	90.5	90.3	比较例
钢 6	730	96	0.05	82.7	96.8	本发明
钢 6	650	92	0.02	89.7	89.7	比较例
钢 6	650	96	0.05	92.3	96.9	本发明

[0127] 根据表4可知,在FT为800℃以下且薄板坯减量率为94%以上时,相对于轧制方向成45°的方向的磁通密度良好。进而可知,在用该制造方法的无方向性电磁钢板制作出爪极式马达的情况下,得到了95.0%以上的良好的最大效率。并且,在通常马达的情况下,没有得到比得上爪极式马达的最大效率。

[0128] (实施例3)

[0129] 熔制出表5所示的成分的钢,以连续铸造做成200mm厚的板坯,将其加热到1100℃,以粗轧做成20mm厚的薄板坯。对于该薄板坯,将热轧率以96%设为一定,将热轧完成温度如表6所示那样设为3个水准而进行精轧。此时,精热轧开始温度设为900℃,精热轧机的最终机架出侧的轧制速度设为100m/分~200m/分,调整热轧完成温度。此时,精热轧开始温度设为950℃,为了调整热轧完成温度,精热轧机的最终机架出侧的轧制速度设为150m/分~300m/分。为了使精热轧板的温度分布在板宽方向、长度方向上均匀,通过设置在精热轧机间的条形加热器、边缘加热器控制温度。此外,在精热轧机架间进行板宽方向及长度方向的

冷却控制。为了精热轧温度控制,不仅向钢板直接喷雾冷却水,还控制轧制辊的冷却,通过由辊进行的排热控制,控制热轧完成温度。使用得到的热轧钢板,制作出爪极式马达。将爪极式马达制作时的板金弯曲加工的半径R设为7mm。

[0130] 将热轧完成温度为675℃者设为1.00,比较制作出的爪极式马达的最大效率。将其结果表示在表6中。

[0131] [表5]

[0132]

	Si	Mn	Al	C	N	S
钢7	0.32	0.20	tr.	0.0006	0.0006	0.0006
钢8	2.05	0.22	0.29	0.0007	0.0007	0.0005
钢9	3.12	0.21	1.24	0.0007	0.0006	0.0006

[0133] [表6]

	热精加工 温度 (℃)	用在通常马达中的情况 下的最大效率 (相对于 FT675℃材)	用在爪极式马达中的情 况下的最大效率 (相对于 FT675℃材)	判定
钢 7	625	0.91	0.93	比较例
钢 7	675	1.00	1.00	本发明
钢 7	860	0.99	0.98	比较例
钢 8	625	0.92	0.94	比较例
钢 8	675	1.00	1.00	本发明
钢 8	860	0.99	0.97	比较例
钢 9	625	0.91	0.95	比较例
钢 9	675	1.00	1.00	本发明
钢 9	860	0.99	0.97	比较例

[0134] 根据表6可知,使用热轧完成温度625℃的热轧钢板的爪极式马达的最大效率比热轧完成温度675℃者差。考虑其原因是因为,由于热轧完成温度过低,所以在爪极式马达中使用的热轧钢板内的残留应变增加。此外,在爪极式马达的最大效率下,使用热轧完成温度675℃的热轧钢板者与热轧完成温度860℃者相比最大效率较好。考虑这是因为,在有关本实施方式的无方向性电磁钢板中,特别在爪极式马达的情况下热轧钢板的集合组织呈现出使马达的特性提高的特征。

[0135] (实施例4)

[0136] 熔制出表7所示的成分的钢,以连续铸造做成200mm厚的板坯,将其加热到1100℃,以粗轧做成20mm厚的薄板坯。对于该薄板坯,将热轧率以95%设为一定,作为本发明例,将热轧完成温度设为730℃而进行精轧,得到从轧制方向起为45°方向的磁特性良好的热轧钢板X,以及作为比较例,将热轧完成温度设为860℃,从轧制方向起45°方向的磁特性不好的通常的无方向性热轧钢板Y这两种热轧钢板。在精热轧时,将精热轧开始温度设为920℃,最终机架通过速度设为110m/分。为了控制热轧完成温度,使用机架间的控制冷却、以及设置在机架间的边缘加热器及条形加热器。此外,为了比较电磁钢板的磁通密度的角度特性,使用钢10,同时通过精热轧制造出将精热轧开始温度设为920℃、将最终机架的通过速度设为

400m/分、将热轧完成温度设为730℃的比较材。将其称作钢10-Z。将热轧完成温度以外的其他热轧条件通过冷却控制而设为与钢10-X相同。但是,在钢10-Z中,将精热轧中的冷却控制强化,得到了与钢10-X同等的热轧完成温度。

[0138] 将热轧钢板X都以n数=10而通过SST进行测量,结果满足 $B50(L+C)+0.020 < B50(45-ave.)$ 。在表7中,与供试材的成分一起而表示 $B50(45-ave.) - B50(L+C)$ 的测量结果。

[0139] 同时,使用各热轧钢板X、Y制作爪极式马达,并调查其最大效率。在制作爪极式马达时,使板金弯曲加工的半径R变化。将使用本发明例的热轧钢板X的情况与使用比较例的热轧钢板Y的情况下的爪极式马达的最大效率的比较表示在表8中。

[0140] [表7]

	Si	Mn	Al	C	N	S	B50 (45-ave.) - B50 (L+C)
钢 10-X	0.3	0.19	tr.	0.0005	0.0005	0.0003	0.083
钢 10-Y	0.3	0.19	tr.	0.0005	0.0005	0.0003	-0.075
钢 11-X	2.01	0.2	0.3	0.0006	0.0006	0.0004	0.061
钢 11-Y	2.01	0.2	0.3	0.0006	0.0006	0.0004	-0.054
钢 12-X	3.11	0.21	1.22	0.0006	0.0005	0.0005	0.043
钢 12-Y	3.11	0.21	1.22	0.0006	0.0005	0.0005	-0.04

[0142] [表8]

		本发明例	比较例
坯材	板金加工的角的半径 R (mm)	使用本发明制法的钢板 X 的情况下的最大效率 (%)	使用本发明制法外的钢板 Y 的情况下的最大效率 (%)
钢 10	3	91.4	88.7
钢 10	8	91.3	90.8
钢 10	10	90.7	90.5
钢 10	12	89.8	89.8
钢 11	5	92.5	90.5
钢 11	7	92.4	90.9
钢 11	10	92.0	91.8
钢 11	13	91.0	91.0
钢 12	5	92.9	91.7
钢 12	7	92.8	92.2
钢 12	10	92.3	92.1
钢 12	11	91.8	91.8

[0144] 根据表8可知,在板金加工的角的半径R为10mm以下的情况下,由于弯曲加工的残留应力变大,所以本发明效果显著地显现。推测这可能是因为,如果板金加工的半径R为10mm以上,则实施了弯曲加工时的残留应力变低,在作为马达使用时,通过加工部的铁芯的磁通的流动被改善,不易受到热轧钢板的集合组织或结晶组织的影响。

[0145] 此外,在表8中,在使用本发明例的钢板X的情况下,如果板金弯曲加工的半径R变小则可看到效率变高的趋势,但这是因为如果角的半径变小则铁芯内的绕线的占积率提高,所以在如本发明例那样使用不易受到板金加工的残留应力的影响的钢板的情况下,爪极式马达的效率提高。

[0146] 将钢10-X、钢10-Y及钢10-Z分别相对于轧制方向的角度而切断,作为爱泼斯坦试料而测量磁通密度B50的值。切断角度设为每隔 5° ,除此以外,还采取了相对于轧制方向成 22.5° 的方向及成 67.5° 的方向的试料。试料的采取是在相对于轧制方向倾斜 $\pm\theta(^{\circ})$ 的方向上采取,将相对于轧制方向成 90° 以上的角度的试料设为与 $\theta=(180-\theta)$ 相同而处置。

[0147] 对各试料测量磁通密度B50的结果表示,在钢10-X及钢10-Z中,在改变角度而测量的试料中,相对于轧制方向成 $\pm 45^{\circ}$ 的试料和成 $\pm 135^{\circ}$ 的试料的磁通密度B50显示出最高的磁通密度B45max(钢10-X)及B45max(钢10-Z)。在钢10-Y中,轧制方向B0max(钢10-Y)显示出最高的磁通密度B50的值。此外,将这些值设为1.000,将计算各角度的试料的磁通密度B50的相对的比的结果表示在图10中。

[0148] 在满足本发明的热轧条件的精热轧最终机架穿过速度110m/分的低速精热轧的B45max(钢10-X)和比较例的精热轧最终机架穿过速度400m/分的B45max(钢10-Z)中,本发明的磁通密度显示出更高的值。在图10中,将相对于轧制方向成 $\pm 45^{\circ}$ 及 $\pm 135^{\circ}$ 的4方向的平均值在横轴上显示为 45° 。此外,将相对于轧制方向在 $\pm 45^{\circ}$ 以外成以 θ 倾斜的2方向的角度试料的平均值都在横轴上显示为 θ 。此外,在横轴上将轧制方向显示为 0° ,将板宽方向显示为 90° 。

[0149] 根据图10可知,在本发明的无方向性电磁钢板中,相对于轧制方向成 $\pm 45^{\circ}$ 及 $\pm 135^{\circ}$ 的方向的磁通密度的最大值是B45max(钢10-X),相对于此,在以 45° 为中心是 $\pm 10^{\circ}$ 的横轴上的 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 的角度范围中是超过B45max(钢10-X)的0.99倍的值,在是 $\pm 15^{\circ}$ 的横轴上的 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的角度范围中维持等于B45max的0.99倍或其以上的值。

[0150] 而在比较例的B45max(钢10-Z)中,在以 45° 为中心是 $\pm 5^{\circ}$ 的横轴上的 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的角度范围中低于0.99倍,在是 $\pm 10^{\circ}$ 的横轴上的 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 的角度范围中低于0.98倍,从呈现磁通密度的最大值的成 45° 的方向开始角度偏离的方向的磁通密度B50的下降显著。在比较例的B0max(钢10-Y)中,在磁通密度B50的值是轧制方向的 $\theta=0^{\circ}$ 时其值最高,但磁通密度的值与本发明的B45max(钢10-X)相比,根据图10可知,本发明的钢10-X在全部的测量方向上B50的值较低。另外,如果将比较例的磁通密度与本发明例的磁通密度以绝对值比较,则在比较例的B0max(钢10-Y)中,磁通密度B50的值(绝对值)在作为轧制方向的 $\theta=0^{\circ}$ 时其值最高,是1.765T。另一方面,本发明的磁通密度B45max(钢10-X)的值是1.841T。据此,本申请的发明者们基于图10确认了本发明的钢10-X与比较例的钢10-Y相比在全部的测量方向上磁通密度B50的值呈现更高的值。

[0151] 根据以上可知,通过本发明的低速精热轧,与通过以往技术得到的比较例相比,在更大的范围中获得了 45° 方向的磁通密度较高的电磁钢板。

[0152] 产业上的可利用性

[0153] 本发明能够作为小型马达、步进马达、交流发电机、发电机、还有电动汽车或混合动力汽车的驱动用马达等的定子芯使用。此外,能够作为铁芯用途的无方向性电磁钢板使用。

- [0154] 标号说明
- [0155] 1 无方向性电磁钢板
- [0156] 2 带状坯材
- [0157] 11 芯背部
- [0158] 12 爪极
- [0159] 21 线圈
- [0160] 31 定子
- [0161] 32 爪极式马达
- [0162] L 轧制方向
- [0163] C 板宽方向
- [0164] D1 第1方向 (相对于轧制方向成 45° 的方向)
- [0165] D2 第2方向 (相对于轧制方向成 45° 的方向)
- [0166] D3 第3方向 (相对于轧制方向成 45° 的方向)
- [0167] D4 第4方向 (相对于轧制方向成 45° 的方向)

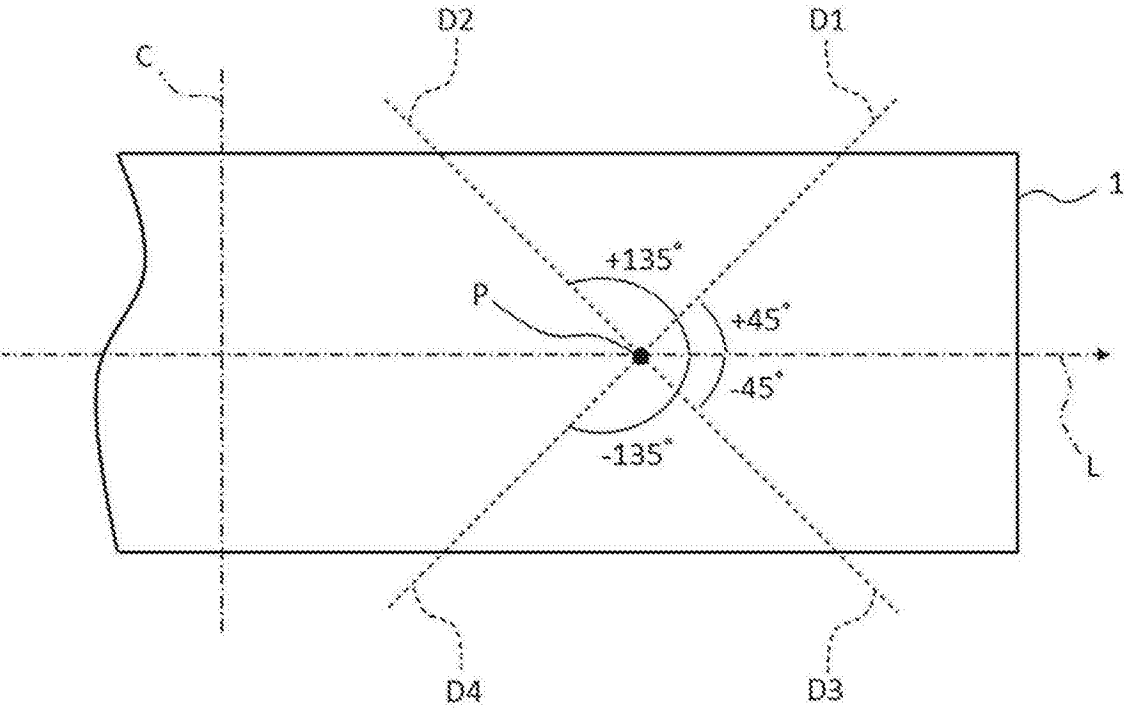


图1

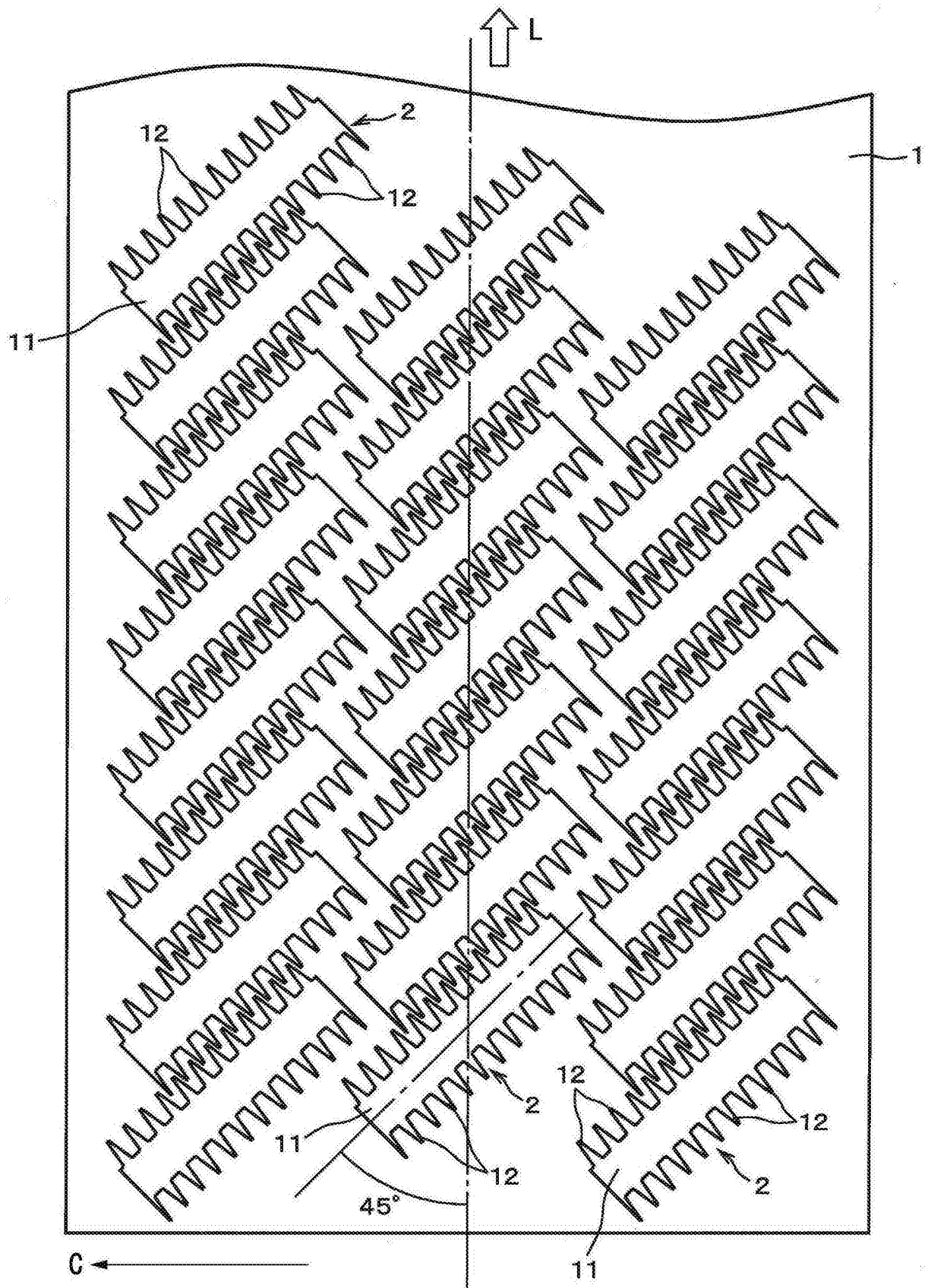


图2

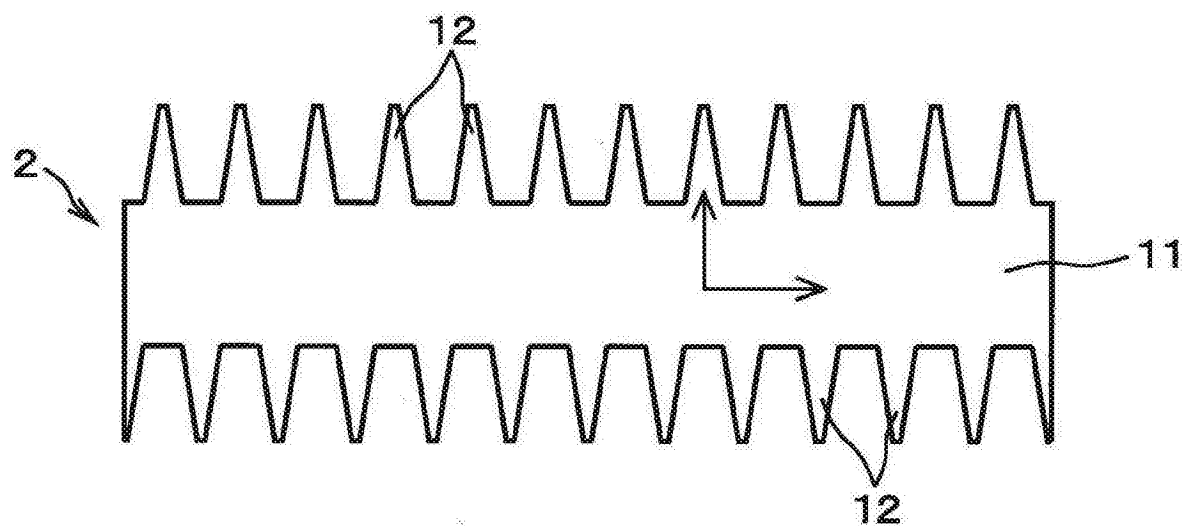


图3

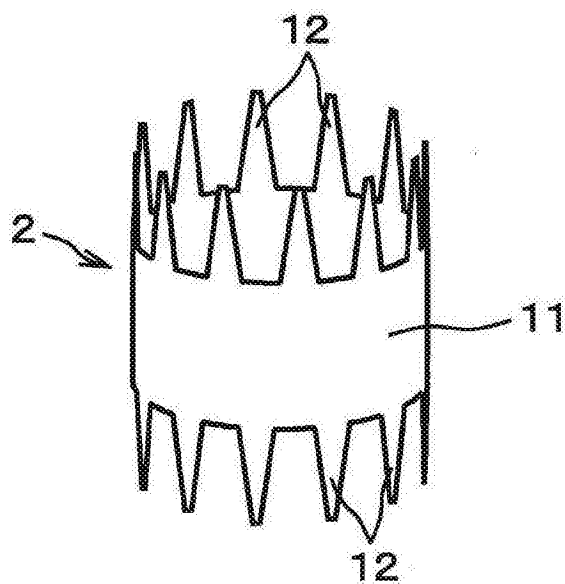


图4

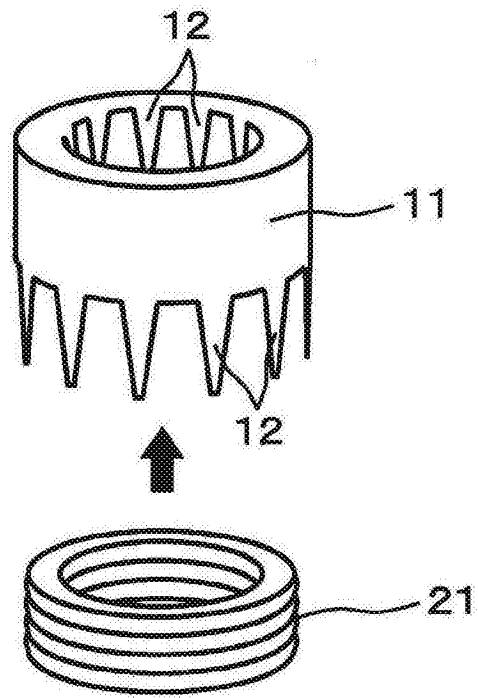


图5

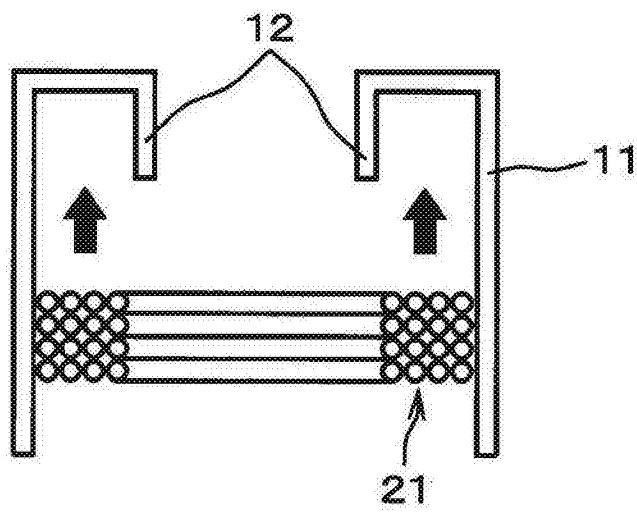


图6A

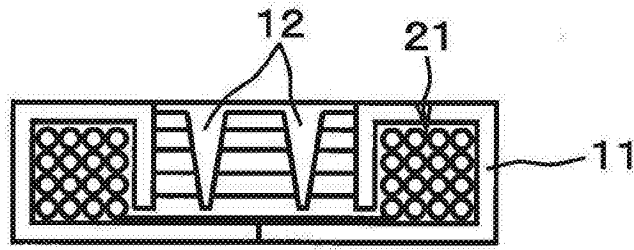


图6B

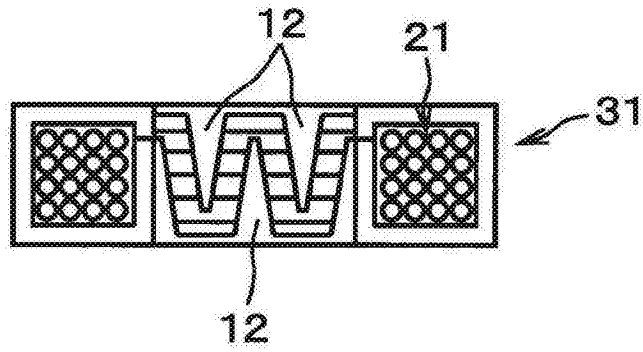


图6C

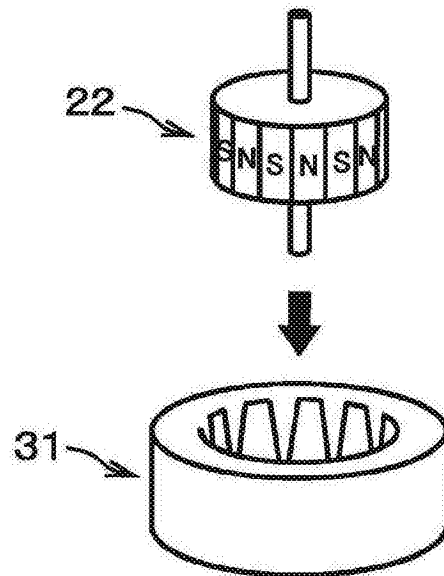


图7

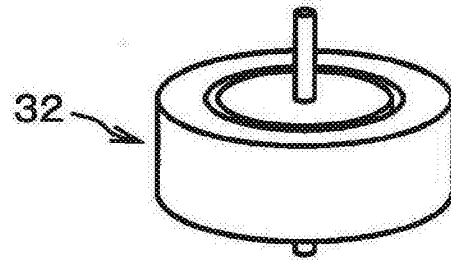


图8

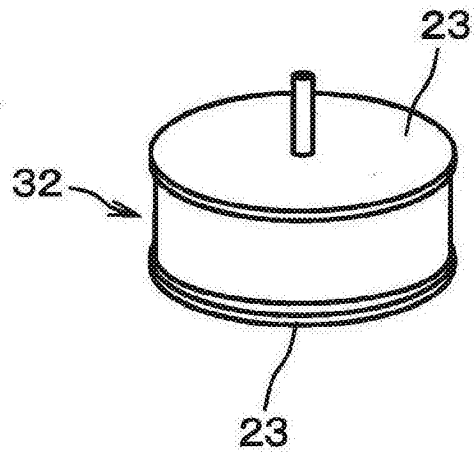


图9

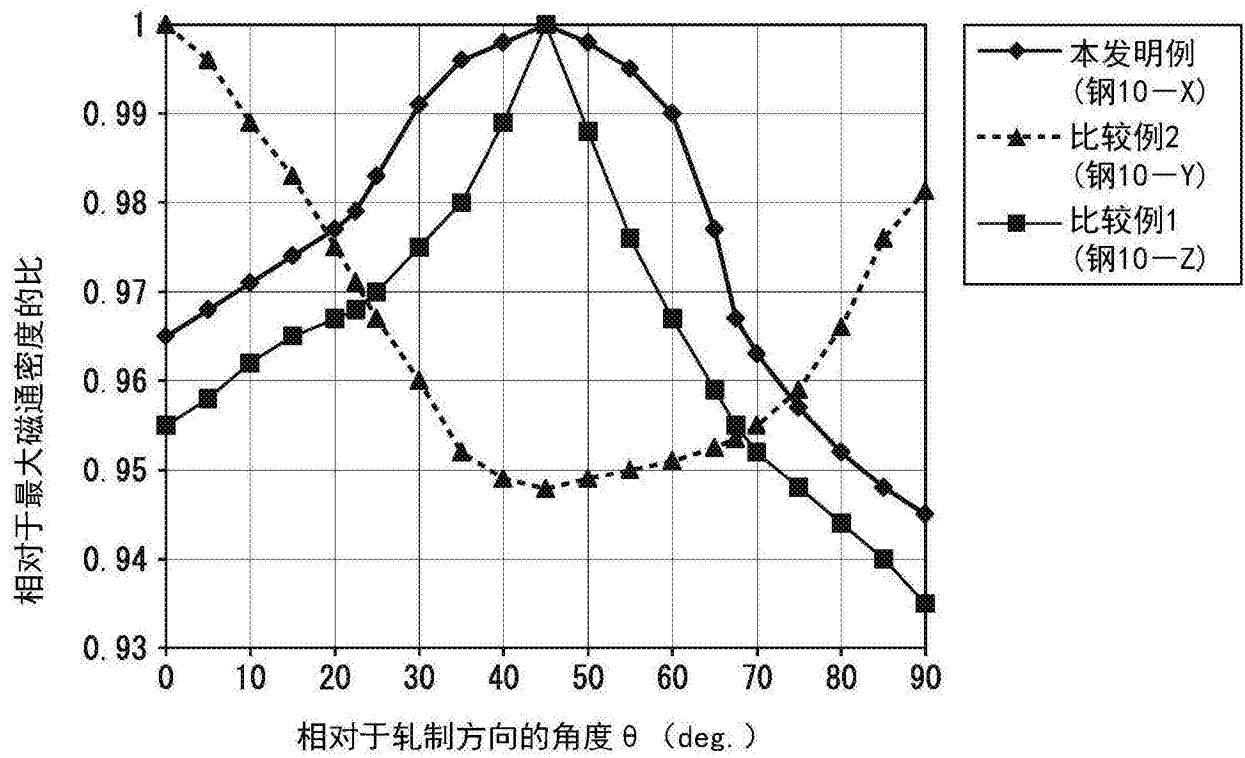


图10