



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205519649 U

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201620256356.6

(22)申请日 2016.03.30

(30)优先权数据

2015-068348 2015.03.30 JP

(73)专利权人 日立金属株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 原田务

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

代理人 龙淳

(51)Int.Cl.

B22F 3/03(2006.01)

H01F 41/02(2006.01)

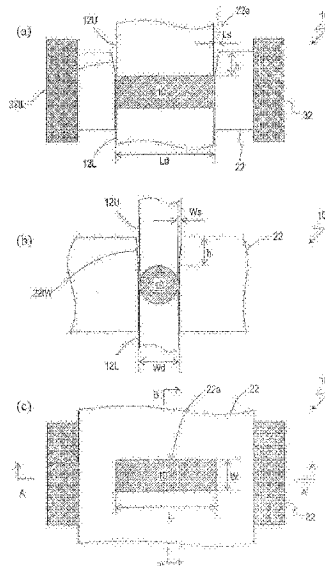
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54)实用新型名称

压制装置

(57)摘要

本实用新型为压制装置。压模的贯通孔包括有长度Ld及宽度Wd的成形部和成形部上侧的锥形部22tL、22tW,锥形部22tL最上端长度比Ld大2×Ls,锥形部22tW最上端宽度与Wd相等或比Wd大2×Ws,设锥形部22tL最上端宽方向一端边与成形部宽方向一端边在长方向的差为Ls1、锥形部22tL最上端宽方向另一端边与成形部宽方向另一端边在长方向的差为Ls2、锥形部22tW最上端长方向一端边与成形部长方向一端边在宽方向的差为Ws1、锥形部22tW最上端长方向另一端边与成形部长度方向另一端边在宽方向的差为Ws2时,Ls1+Ls2=2×Ls、Ws1+Ws2=2×Ws,Ls1+Ls2>Ws1+Ws2。



1. 一种压制装置,其包括具有形成模腔的贯通孔的压模和用于对填充于所述模腔内的磁性粉末进行压制的上压头及下压头,所述压制装置的特征在于:

所述压模的贯通孔包括:具有长度 L_d 及宽度 W_d 的成形部,其中 $L_d > W_d$;和形成于所述成形部的上侧的锥形部,

所述锥形部的最上端的长度 L 比 L_d 大 $2 \times L_s$,所述锥形部的最上端的宽度 W 与 W_d 相等或比 W_d 大 $2 \times W_s$,

当设所述锥形部的最上端的宽度方向的一侧端边与所述成形部的宽度方向的一侧端边在长度方向上的差为 L_{s1} 、设所述锥形部的最上端的宽度方向的另一侧端边与所述成形部的宽度方向的另一侧端边在长度方向上的差为 L_{s2} 、设所述锥形部的最上端的长度方向的一侧端边与所述成形部的长度方向的一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s1} 、设所述锥形部的最上端的长度方向的另一侧端边与所述成形部的长度方向的另一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s2} 时, $L_{s1} + L_{s2} = 2 \times L_s$ 、 $W_{s1} + W_{s2} = 2 \times W_s$, $L_{s1} + L_{s2}$ 比 $W_{s1} + W_{s2}$ 大。

2. 如权利要求1所述的压制装置,其特征在于:

L_s 为0.075mm以上0.15mm以下, W_s 为0mm以上0.025mm以下。

3. 如权利要求1或2所述的压制装置,其特征在于:

满足 $L_s/L_d > W_s/W_d$ 。

4. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

具有用于对所述模腔内的所述磁性粉末施加取向磁场的磁场产生装置,所述磁场产生装置配置成能够与所述长度方向平行地施加所述取向磁场。

5. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

所述上压头和所述下压头中至少一者的加压面包含曲面。

6. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

所述上压头和所述下压头两者的加压面包含凹曲面。

7. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

所述上压头和所述下压头的加压面为镜面加工后的面。

8. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

还包括:粉末填充装置,以抹平方法将所述磁性粉末填充在所述模腔内;和磁场产生装置,用于对所述模腔内的所述磁性粉末施加取向磁场,

抹平方向与所述取向磁场的方向相差 90° 。

9. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

所述压模的所述上压头和所述下压头由硬质合金形成。

10. 如权利要求1或者2所述的压制装置,其特征在于:

所述压模的所述锥形部的高度 h 为16mm以上53mm以下。

11. 如权利要求3所述的压制装置,其特征在于:

L_d 为67.57mm以上82.00以下, W_d 为14.63mm以上30.06mm以下。

12. 如权利要求3所述的压制装置,其特征在于:

所述压模的所述锥形部的高度 h 为20mm, $(L_s/L_d)/(W_s/W_d)$ 超过1.0且为2.1以下。

压制装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及粉末压制装置(以下,称为“压制装置”)和磁铁的制造方法,特别涉及稀土类烧结磁铁的制造中所使用的装置和稀土类烧结磁铁的制造方法。

背景技术

[0002] 永久磁铁(以下,简称为“磁铁”)作为各种形状的磁铁片使用。稀土类磁铁具有优异的磁特性,被广泛利用。作为稀土类烧结磁铁,在各领域广泛使用稀土类·钴系磁铁和稀土类·铁·硼系磁铁这两种。其中,稀土类·铁·硼系磁铁(以下,称为“R-Fe-B系磁铁”)在各种磁铁中都显示最高的最大磁能积,价格也比较便宜,所以正在积极地用于各种电子设备。

[0003] R-Fe-B系烧结磁铁的磁铁片例如通过以下方法来制造。此外,在本说明书中,未磁化状态的也称为磁铁。

[0004] 准备具有所需的组成的R-Fe-B系合金的粉末。通过对合金粉末进行磁场中压制成形,可得到所需形状的成形体,通过对成形体进行烧结可得到烧结体。根据需要,烧结体被实施追加的热处理。在热处理之前或之后,接受机械加工,成为所需的大小和形状的磁铁片。之后,磁铁片被清洗以除去因机械加工而产生且附着于磁铁表面的磨削加工粉或磨削液。

[0005] 为了提高R-Fe-B系烧结磁铁的磁铁片的制造效率或材料的成品率,尝试形成具有与最终磁铁片的形状接近的形状的成形体。

[0006] 成形体的形状为各种各样,有平板形状、块形状、弓形形状、圆柱形状、半圆锥形状等。

[0007] 因成形体的形状,有时会在从压制装置的压模的模腔拔出成形体时产生龟裂。其中,特别是为了与圆柱形状的中心轴平行地施加取向磁场,而以与成形方向正交的方向成为取向磁场的施加方向的方式配置有磁场产生装置的压制装置中,圆柱形状的成形体在从压模的模腔拔出时,容易产生龟裂。

[0008] 专利文献1公开的是如下所述的粉末成型压制装置,即:改良供粉盒和供粉盒引导棒,通过向压模上以成为半圆柱形状的方式供给粉末,能够提高粉末的密度分布的均匀性,能够得到接近圆柱形状的成形体。此外,在专利文献1中所记载的粉末成型压制装置是通常的粉末冶金用的装置,没有记载对稀土类磁铁用磁性粉末进行成形的例子。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开昭59-166601号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 在专利文献1记载的粉末成型装置中,为了以成为半圆柱形状的方式供给粉末,使

供粉盒沿着半圆柱形状的中心轴滑动。因此,在制作磁性粉末的圆柱形状的成形体时,不能以与圆柱形状的中心轴平行地施加取向磁场的方式配置磁场产生装置。

[0014] 另外,磁性粉末(特别是稀土类磁铁用磁性粉末)由于流动性比专利文献1记载的超硬合金粉末低,因此即使使用上述的供粉盒或供粉盒引导棒,也不容易以成为半圆柱形状的方式均匀地供给粉末。

[0015] 因此,即使使用专利文献1记载的粉末成型装置来制作磁性粉末的圆柱形状的成形体,也不能消除龟裂。更不能制作与圆柱形状的中心轴平行地进行了磁场取向的圆柱形状的成形体。

[0016] 本实用新型的目的在于,提供一种压制装置和使用这种压制装置的磁铁的制造方法,其中,所述压制装置即使使用与现有技术相同的供粉装置,也能够抑制磁性粉末的圆柱形状等棒状的成形体的成形中产生龟裂。

[0017] 用于解决课题的技术方案

[0018] 本实用新型实施方式的压制装置包括具有形成模腔的贯通孔的压模用于对填充于所述模腔内的磁性粉末进行压制的上压头及下压头,其中,所述压模的贯通孔包括:具有长度 L_d 及宽度 W_d 的成形部,其中 $L_d > W_d$;和形成于所述成形部的上侧的锥形部,所述锥形部的最上端的长度 L 比 L_d 大 $2 \times L_s$,所述锥形部的最上端的宽度 W 与 W_d 相等或比 W_d 大 $2 \times W_s$,当设所述锥形部的最上端的宽度方向的一侧端边与所述成形部的宽度方向的一侧端边在长度方向上的差为 L_{s1} 、设所述锥形部的最上端的宽度方向的另一侧端边与所述成形部的宽度方向的另一侧端边在长度方向上的差为 L_{s2} 、设所述锥形部的最上端的长度方向的一侧端边与所述成形部的长度方向的一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s1} 、设所述锥形部的最上端的长度方向的另一侧端边与所述成形部的长度方向的另一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s2} 时, $L_{s1} + L_{s2} = 2 \times L_s$, $L_{s1} + L_{s2}$ 比 $W_{s1} + W_{s2}$ 大。此外,“ \times ”表示乘法运算。通过对所得到的成形体进行烧结,可得到烧结体,例如烧结磁铁。

[0019] 在某实施方式中, L_s 为0.075mm以上0.15mm以下, W_s 为0mm以上0.025mm以下。

[0020] 在某实施方式中,满足 $L_s/L_d > W_s/W_d$ 。

[0021] 在某实施方式中,具有用于对所述模腔内的所述磁性粉末施加取向磁场的磁场产生装置,所述磁场产生装置配置成能够与所述长度方向平行地施加所述取向磁场。

[0022] 在某实施方式中,所述上压头及所述下压头中至少一者的加压面包含曲面。

[0023] 在某实施方式中,所述上压头及所述下压头两者的加压面包含凹曲面。

[0024] 在某实施方式中,所述上压头及所述下压头的加压面为镜面加工后的面。

[0025] 本实用新型实施方式的磁铁的制造方法包括:工序(a),准备磁性粉末;工序(b),向上述任一项所述的压制装置的所述模腔内填充所述磁性粉末;工序(c),使所述上压头下降,直到所述上压头的下端位于所述贯通孔的所述成形部,利用所述下压头和所述上压头,对填充于所述模腔内的所述磁性粉末进行加压,制作具有预先规定的规定密度的成形体;工序(d),在工序(c)之后,在用所述下压头和所述上压头按压所述成形体的状态下,使所述压模相对于所述上压头和所述下压头相对地下降,直到所述成形体的整体位于比所述贯通孔的最上端更靠上的位置为止。

[0026] 在某实施方式中,所述工序(b)是以所述磁性粉末的上表面成为大致平坦的方式向所述模腔内填充所述磁性粉末的工序。

[0027] 在某实施方式中,所述工序(c)在对填充于所述模腔内的所述磁性粉末施加了与所述长度 L_d 平行的取向磁场的状态下进行。

[0028] 在某实施方式中,所述磁性粉末为稀土类磁铁用磁性粉末。

[0029] 发明效果

[0030] 根据本实用新型,能够提供一种压制装置和使用这种压制装置的磁铁的制造方法,其中,所述压制装置即使使用与现有技术相同的供粉装置,也能够抑制圆柱形状等棒状的成形体的成形中产生龟裂。

附图说明

[0031] 图1(a)~(c)是本实用新型实施方式的压制装置100的示意图,(a)是沿着(c)的A-A'线的截面图,(b)是沿着(c)的B-B'线的截面图,(c)是去掉了上压头12U以后的状态的俯视图。

[0032] 图2是表示将大致圆柱状的成形体10G成形时产生龟裂的情况的图。

[0033] 图3是表示压模的拔模量与位移量之间的关系的图表。

[0034] 符号说明

[0035]	10	模腔
[0036]	12U	上压头
[0037]	12L	下压头
[0038]	22	压模
[0039]	22a	贯通孔
[0040]	22tL、22tW	锥形部
[0041]	32	磁场产生装置

具体实施方式

[0042] 下面,参照附图对本实用新型实施方式的压制装置和使用该压制装置的磁铁的制造方法进行说明。在下述中,对稀土类烧结磁铁特别是R-Fe-B系烧结磁铁的制造所使用的压制装置和稀土类烧结磁铁的制造方法进行说明,但不局限于本实用新型的实施方式。

[0043] 在此,R-Fe-B系烧结磁铁的组成用R-T-(M)-B表示,R为含有Y的稀土元素,且一定含有Nd,T为Fe或Fe与Co及/或Ni的混合物,M为添加元素(例如,Al、Ti、Cu、V、Cr、Ni、Ga、Zr、Nb、Mo、In、Sn、Hf、Ta、W中的至少一种),B为硼或硼与碳的混合物。

[0044] 如图1(a)~(c)所示,本实用新型的实施方式的压制装置100包括具有形成模腔10的贯通孔22a的压模22和用于对填充于模腔10内的磁性粉末进行压制的上压头12U及下压头12L。压模22的贯通孔22a包括:具有长度 L_d 及宽度 W_d ($L_d > W_d$)的成形部;和形成于成形部的上侧的锥形部22tL、22tW。压制装置100为单轴压制装置,例如,液压机。

[0045] 贯通孔22a的成形部的长度 L_d 和 W_d 为一定(相对于深度不变化),限定模腔10的长度 L_d 和宽度 W_d 。锥形部22tL、22tW的长度和宽度随着深度而变化,越接近贯通孔22a的最上端越大。锥形部22tL的最上端的长度 L 比 L_d 大 $2 \times L_s$,锥形部22tW的最上端的宽度 W 与 W_d 相等或比 W_d 大 $2 \times W_s$,当设锥形部22tL的最上端的宽度方向的一侧端边与成形部的宽度方向的一侧端边在长度方向上的差为 L_{s1} 、设锥形部22tL的最上端的宽度方向的另一侧端边与成

形部的宽度方向的另一侧端边在长度方向上的差为 L_{s2} 、设锥形部22tW的最上端的长度方向的一侧端边与上述成形部的长度方向的一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s1} 、设上述锥形部22tW的最上端的长度方向的另一侧端边与上述成形部的长度方向的另一侧端边在宽度方向上的差为 W_{s2} 时, $L_{s1}+L_{s2}=2\times L_s$, L_{s1} 和 L_{s2} 分别单独比 W_s 大。

[0046] 在此,将 L_s 称为长度方向拔模量,将 W_s 称为宽度方向拔模量。在以下的说明中,为了简单起见,如图1(a)及(b)所示,作为典型的例子,例示 L_s 和 W_s 在两侧都相等的情况。在本实用新型实施方式的压制装置100中,长度方向拔模量 L_s 和宽度方向拔模量 W_s 无需在两侧相等。即,当设一侧端边的长度方向拔模量为 L_{s1} 、设另一侧端边的长度方向拔模量为 L_{s2} 时,无需 $L_{s1}=L_{s2}$,也可以 $L_{s1}\neq L_{s2}$ 。此时,上述的 $2\times L_s$ 对应于 $L_{s1}+L_{s2}$ 。同样,当设一侧端边的宽度方向拔模量为 W_{s1} 、设另一侧端边的宽度方向拔模量为 W_{s2} 时,无需 $W_{s1}=W_{s2}$ 。当 $W_{s1}\neq W_{s2}$ 时,上述的 $2\times W_s$ 对应于 $W_{s1}+W_{s2}$ 。在 $L_{s1}\neq L_{s2}$ 且 $W_{s1}\neq W_{s2}$ 时也如此,只要满足 $L_{s1}+L_{s2}>W_{s1}+W_{s2}$ 这种关系即可,不必 L_{s1} 和 L_{s2} 分别单独比 W_{s1} 、 W_{s2} 大。

[0047] 如后面的实验例所述,当使用本实用新型实施方式的压制装置100时,能够在不使图2的R-Fe-B系烧结磁铁用的成形体特别是圆柱形状等棒状的成形体产生龟裂的情况下成形、拔出。棒状成形体是指当设成形体的长度(棒的长度)为 a (图2中为 L_g)、宽度为 b (图2中为 W_g)、厚度为 c (图2中为 T_g)时具有满足 $a>b$ 、 c 的关系的形状的成形体。压制装置100即使是 $a>2b$ 、 $2c$ 的细长的棒状成形体,也能够进行成形。在圆柱形状的情况下,宽度 b =厚度 c , b 和 c 等于圆柱的底面圆的直径。如图1所示,当使用压制装置100时,能够通过将棒状成形体在与长度方向正交的方向进行压制而成形。当能够在这种方向压制时,如下所述,利用在与压制方向正交的方向施加磁场的磁场中成形法(正交磁场成形法),能够制作在棒状成形体的长度方向上进行了磁场取向的成形体。例如,能够制作与圆柱形状的成形体的中心轴平行(在长度方向上)地进行了磁场取向的成形体。

[0048] 如图1所示,压制装置100可具有用于对模腔10内的磁性粉末施加取向磁场的磁场产生装置32。磁场产生装置32配置成与长度方向平行地施加取向磁场。当使用该压制装置100时,通过正交磁场成形法,能够制作在圆柱状模腔10的长度方向上进行了磁场取向的成形体。在正交磁场成形法中,由于在成形时不会打乱磁性粒子的取向状态,因此与在与压制方向平行的方向施加磁场的磁场中成形法(平行磁场成形法)相比,最终得到的磁铁的磁特性提高。取向磁场既可以是静磁场,也可以是脉冲磁场,还可以将两者组合起来使用。在对稀土类烧结磁铁用的磁性粉末的成形体进行压制成形的情况下,取向磁场的强度优选为0.8T以上4.0T以下。

[0049] 对使用压制装置100的R-Fe-B系烧结磁铁的制造方法进行说明。

[0050] 首先,准备R-Fe-B系烧结磁铁用的磁性粉末。R-Fe-B系烧结磁铁用的磁性粉末通过公知的方法来制作(例如,参照日本特公平6-6728号公报(日本特开昭63-33505号公报))。为了进行参考,将日本特公平6-6728号公报的公开内容全部编入本说明书中。

[0051] 作为磁性粉末,准备以下粉末。

[0052] 以成为Nd为23.0质量%、Pr为6.5质量%、Dy为3.0质量%、Al为0.1质量%、Co为2.0质量%、Ga为0.08质量%、Cu为0.1质量%、B为0.98质量%、其余为Fe的组成的方式进行组成调节,通过带铸法,制作厚度为0.2mm~0.3mm的合金薄片。

[0053] 接着,将该合金薄片填充于容器,收纳在氢处理装置内。然后,通过将氢处理装置

内充满压力50kPa的氢气,在室温下使合金薄片吸氢,然后再使其放出氢。通过进行这种氢处理,将合金薄片脆化,制作出大小约为0.15mm~2mm的无定形粉末。

[0054] 对通过上述氢处理而制作的粗磨粉末添加0.05质量%的硬脂酸锌作为助磨剂,进行混合,然后进行由气流粉碎装置进行的粉碎工序,由此制作出中值粒径(D50)为4 μ m的细粉末。

[0055] 接着,向压制装置100的模腔10内填充磁性粉末。将下压头12L插入压模22的贯通孔22a内,且将下压头12L的加压面(上表面)固定在规定位置。既可以使压模22移动,也可以使下压头12L移动。下压头12L的加压面的位置由为了填充磁性粉末所需要的模腔10的容积限定。向由下压头12L的加压面和贯通孔22a的内表面形成划定的模腔10内填充磁性粉末。磁性粉末的填充工序例如能够使用抹平方法来实施(例如,参照日本特开2000-248301号公报)。当使用抹平方法时,能够按照磁性粉末的表面(上表面)与压模22的表面成为一个面的方式填充磁性粉末。因此,能够定量地填充磁性粉末。

[0056] 另外,当使用抹平方法时,能够按照在压模表面中使抹平方向与磁场产生装置的磁场施加方向相差90°方向的方式将粉末填充装置和磁场产生装置设置于压制装置,能够制作与圆柱形状的成形体的中心轴平行地(在长度方向上)进行了磁场取向的成形体。

[0057] 接下来,在压模22的贯通孔22a的成形部,利用下压头12L和上压头12U对填充于模腔10内的磁性粉末进行加压。即,使上压头12U下降,直到上压头12U的下端位于贯通孔22a的成形部为止,利用下压头12L和上压头12U,对填充于模腔10内的磁性粉末进行加压,制作具有预先决定的规定密度的成形体。在加压时,由磁场产生装置产生例如0.8T~4.0T的磁场,使模腔10内的磁性粉末在与加压方向正交的方向进行磁场取向。在该压缩工序中,使上压头12U下降,压缩磁性粉末,在成为规定密度的位置使上压头12U的下降停止。此时,以上压头12U的下端位于成形部Ld、Wd且不临近锥形部22tL、22tW的方式使上压头12U的下降停止,以使得成形体的侧面不会成为锥形。该停止位置能够通过所谓的底部填充动作容易地调节,所谓的底部填充动作是在填充了磁性粉末以后使压模22上升且使磁性粉末在模腔10内相对下降的动作。换言之,停止位置能够通过填充了磁性粉末以后的压模22的上升量来调节。

[0058] 作为成形体的规定密度,例如用于制造真密度为约7.5g/cm³的R-Fe-B系烧结磁铁的成形体的密度优选大于4.0g/cm³(约真密度的53%),进一步优选为4.3g/cm³(约真密度的57%)以上。当成形体的密度为4g/cm³以下时,大多在成形体的搬运(移送等)时发生破损或裂纹,导致制造效率下降。用于得到规定密度的成形体的压制压力或压制时间通过预先研讨而适当设定。

[0059] 压模22、下压头12L和上压头12U由超硬合金(例如,Wc-Ni系超硬合金)形成。另外,下压头12L和上压头12U的加压面优选为镜面加工后的面。如果下压头12L和上压头12U的加压面为镜面,则在一边施加取向磁场一边进行成形的情况下,能够抑制磁性粉末粒子的取向因与加压面的摩擦而紊乱。特别是,在正交磁场成形法中,效果显著。

[0060] 如上所述,在得到了规定密度的成形体以后,在由下压头12L和上压头12U按压成形体的状态下,使压模22相对于上压头12U和下压头12L相对地下降,直到成形体的整体位于比贯通孔22a的最上端更靠上的位置。此时,为了防止成形体的裂纹或成形体的局部剥离,在由上压头12U按压成形体的状态下,或者在使上压头12U稍微上升而降压且保持其压

力的状态下,使压模22下降拔出成形体。

[0061] 之后,通过将成形体烧结,得到烧结体,根据需要实施追加的热处理。这些工序通过公知的方法来进行。例如,烧结通过在氩气气氛中以1050℃进行2小时的热处理来进行。圆柱状烧结体被切成例如多个圆盘状的烧结体片。根据需要,实施表面处理,然后进行磁化,成为磁铁片。

[0062] 但是,如举出实验例所述,当使用长度方向拔模量 L_s 和宽度方向拔模量 W_s 相等的压模来形成圆柱状成形体(长度 a 、宽度 b 、厚度 c 具有 $a>b$ 、 c 的关系)时,会高频率地发生龟裂。

[0063] 在此,参照图1和图2说明在使用具有与压制装置100相同的构造且长度与宽度之差 L_{s1} 、 $L_{s2}>W_s$ 的压制装置来形成圆柱状成形体10G时发生龟裂的原因。

[0064] 如图2所示,圆柱状成形体10G在圆柱的外周面上具有条部10Gf。条部10Gf的宽度 W_f 是为防止上压头12U与下压头12L发生碰撞而设置的。因此,条部10Gf的宽度 W_f 依赖于供粉量的精度和由上压头12U及下压头12L的停止位置决定的间隙部(clearance)的精度,设定为0.5mm以上3.0mm以下。优选设定为0.5mm以上2.0mm以下。

[0065] 上压头12U和下压头12L的加压面(在图1(a)、(b)中,与位于模腔10的粉末接触的一侧的面)是除去间隙部(参照图1(b))以外的半径为 $W_d/2$ 的圆弧在图1(b)中在垂直于纸面的方向延伸的曲面。因此,当图1所示的上压头12U下降且压缩填充于模腔10的磁性粉末而得到成形体时,只需以沿着具有半径为 $W_d/2$ 的底面的圆柱的外周面的方式稍微切削条部10Gf,就能够得到作为目的的圆柱状成形体。因此,当得到图2所示的圆柱状成形体10G时,就能够提高用于得到作为目的的成形体(或烧结体)的材料的产品率。

[0066] 但是,当使用长度方向之差 $L_s(=L_{s1}=L_{s2})$ 与宽度方向之差 $W_s(=W_{s1}=W_{s2})$ 相等的压模形成图2所示的圆柱状成形体10G时,会高频率地发生龟裂10cr。

[0067] 另外,即使使用长度方向之差 L_s 和宽度方向之差 W_s 均无的压模进行成形,也会高频率地发生龟裂10cr。

[0068] 如图2所示,龟裂10cr从圆柱状成形体10G的条部10Gf的下部水平地沿宽度方向产生。认为龟裂10cr的发生原因如下所述。

[0069] 在由下压头12L和上压头12U按压成形体的状态下,从压模22的贯通孔22a出来时,与成形体10G的曲面部分、其他部分相比,难以沿宽度方向位移,施加于条部10Gf的拉伸应力比其他部分大。此时,因为施加于条部10Gf的拉伸应力引起的成形体的位移量是超过成形体强度的程度的大小,所以认为发生了龟裂10cr。该龟裂特别容易在与下压头12L的加压面接触的部分产生。

[0070] 因此,基于发明者的上述考察,研究出了抑制宽度方向的位移量的方法。在图1所示的压制装置100中,使用将模腔10的长度 L_d 设为82.00mm、宽度 W_d 设为28.00mm、锥形部12的高度 h 设为20.00mm,且长度方向之差 $L_s(=L_{s1}=L_{s2})$ 和宽度方向之差 $W_s(=W_{s1}=W_{s2})$ 不同的9种压模22,制作出成形体10G(试样No.1~No.9)。此外,关于试样No.9,宽度方向的拔模量设为零。成形通过上述的工序来进行。成形条件是,调节间隙部以使得条部10Gf的宽度 W_f 为0.5mm以上2.0mm以下,将成形体的长度 T_g 设为 $28.00\text{mm}\pm 0.03\text{mm}$,将成形体的密度设为 $4.30\text{g}\pm 0.03\text{g}$ 。另外,取向磁场在模腔10的长度方向施加1.3T。

[0071] 对所得到的试样No.1~No.9的成形体10G测定各自的长度 L_g 和宽度 W_g ,将 L_g-L_d 设

为长度方向位移量,将 W_g-W_d 设为宽度方向位移量,下述的表1表示的是所得到的结果。在表1中,分别用模腔10的长度 L_d 和宽度 W_d 将长度方向之差 L_s 和宽度方向之差 W_s 标准化,将用百分率表示的值(L_s/L_d 和 W_s/W_d)表示在括弧内。此外,试样数为各50个,表1的数值表示的是平均值。另外,关于试样No.1~No.8,图3表示长度方向之差 L_s 和位移量之间的关系的图表。

[0072] (表1)

试样	长度方向拔模量 L_s (mm)	长度方向回弹量 (mm)	宽度方向拔模量 W_s (mm) (W_s/W_d)	宽度方向回弹量 (mm)	有无龟裂
No.1	0.025 (0.030%)	0.43	0.025 (0.089%)	0.21	有
No.2	0.050 (0.061%)	0.56		0.14	有
No.3	0.075 (0.091%)	0.60		0.10	无
No.4	0.100 (0.122%)	0.72		0.10	无
No.5	0.125 (0.152%)	0.78		0.09	无
No.6	0.150 (0.184%)	0.91		0.08	无
No.7	0.175 (0.213%)	0.95	0.00 (0.00%)	0.07	无
No.8	0.200 (0.243%)	1.05		0.09	无
No.9	0.125 (0.152%)	0.82	0.00 (0.00%)	0.10	无

[0075] 由图3可知,当将宽度方向之差 W_s 设为一定(0.025mm),且使长度方向之差从与 W_s 相等的0.025mm增加时,长度方向位移量大致单调增加,与此相对,宽度方向位移量大致单调减小。这样,可知通过使圆柱状成形体的长度方向的拔模量增加,能够减小宽度方向的位移量。

[0076] 由图3可知,在长度方向之差 L_s 为0.075mm以上、 L_s/L_d 为0.091%以上时,宽度方向位移量为0.10mm以下,不会在成形体上产生龟裂。这在试样No.9的宽度方向之差 W_s 为零的情况下也确认了。在此,将沿成形体的长度方向形成的线状裂纹且能够目视的大小判断为龟裂。

[0077] 此外,虽然将长度方向之差设为0.050mm的试样No.2的宽度方向位移量为0.14mm,相比于长度方向之差为与宽度方向之差相等的0.025mm的试样No.1的宽度方向位移量的0.21mm降低了30%以上,但没有完全防止龟裂的产生。但是,龟裂的产生频率下降,通过

使长度方向拔模量比宽度方向拔模量大,来加大长度方向位移量,由此使宽度方向位移量降低,可得到抑制产生龟裂的效果。

[0078] 抑制宽度方向的龟裂的产生的条件也可通过分别用模腔10的长度Ld及宽度Wd标准化后的值(用百分率表述)来限定长度方向之差Ls和宽度方向之差Ws。

[0079] 当观察表1的长度方向之差和宽度方向之差的括弧内所示的Ls/Ld和Ws/Wd时,可知没有产生龟裂的试样No.3~No.9都满足Ls/Ld>Ws/Wd。即,可以说在制作例示那种容易产生龟裂的成形体的情况下也如此,只要满足Ls/Ld>Ws/Wd,就能够防止龟裂产生。

[0080] 此外,当长度方向的位移量变大时,有落粉量增大的倾向。在此,落粉是压缩工序中的磁性粉末的冒出,也成为成形体的飞边的原因。特别是长度方向之差大的试样No.7和No.8的落粉量较多。因此,可以说最优选没有产生龟裂且落粉量少的试样No.3~No.6的成形所使用的压模。由此,可以说优选长度方向之差Ls为0.075mm以上或Ls/Ld为0.091%以上,且优选长度方向之差Ls低于0.175mm或Ls/Ld低于0.21%。另外,以Ls/Ld和Ws/Wd而言,可以说(Ls/Ld)/(Ws/Wd)优选为1.0(0.091/0.089)以上2.1(0.184/0.089)以下。

[0081] 接着,关于各种大小的圆柱状成形体,表2表示确认了没有产生龟裂的压模的参数。在此,制作锥形部的高度h也在16mm~53mm的范围内不同的成形体。

[0082] (表2)

试样	Wd(mm)	Ws(mm)/h(mm) (Ws/Wd)	Ld(mm)	Ls(mm)/h(mm) (Ls/Ld)
No.10	6.40	0.025/16 (0.39%)	47.62	0.085/16 (0.18%)
No.11	7.75	0.025/18 (0.32%)	51.90	0.110/18 (0.21%)
No.12	8.11	0.025/17 (0.31%)	58.11	0.100/17 (0.17%)
No.13	9.14	0.025/20 (0.27%)	60.81	0.100/20 (0.16%)
No.14	9.83	0.025/20 (0.25%)	59.60	0.120/20 (0.20%)
No.15	11.09	0.025/22 (0.23%)	60.81	0.125/22 (0.21%)
No.16	11.09	0.025/22 (0.23%)	68.73	0.150/22 (0.22%)
No.17	12.34	0.025/24 (0.20%)	60.81	0.100/24 (0.16%)
No.18	13.49	0.025/26 (0.19%)	75.68	0.140/26 (0.18%)
No.19	14.63	0.025/28 (0.17%)	67.57	0.125/28 (0.18%)
No.20	15.11	0.025/29 (0.17%)	66.67	0.125/29 (0.19%)
No.21	17.71	0.015/33 (0.08%)	72.97	0.125/33 (0.17%)
No.22	18.29	0.015/33 (0.08%)	67.57	0.125/33 (0.18%)
No.23	27.77	0.00 (0.00%)	68.87	0.150/53 (0.22%)
No.24	30.06	0.00 (0.00%)	81.08	0.150/53 (0.19%)

[0083] 在试样No.10~No.24的全部试样中,都满足 $L_s > W_s$ 的条件。另外,试样No.10~No.24的长度方向之差 L_s 的最小值为0.085mm,满足0.075mm以上这种条件。 W_s 为0mm以上0.025mm以下。 L_s/L_d 的最小值为0.16%,满足0.091%这种条件。另外,试样No.10~No.24的长度方向拔模量 L_s 的最大值为0.150mm,满足0.175mm以下这种条件。 L_s/L_d 的最大值为0.22%。在表2中,满足 $L_s/L_d > W_s/W_d$ 的成形体是试样No.19~24,且是 W_d 比较大的成形体。在与表1的结果结合起来看时,可以说在制作 W_d 超过14mm的圆柱形状的成形体的情况下,优选满足 $L_s/L_d > W_s/W_d$ 。

[0084] 这样,当使用本实用新型实施方式的压制装置100时,能够形成抑制产生龟裂而大致具有作为目的的圆柱形状的成形体10G。另外,也能够与成形体10G的圆柱形状的中心轴

平行地施加取向磁场,此时也能够抑制产生龟裂。

[0086] 当然,本实用新型实施方式的压制装置和使用该压制装置的磁铁的制造方法不局限于制作圆柱形状的成形体的情况。除圆柱形状的棒状成形体以外,还能够无龟裂且高效地形成五棱柱形状以上的多棱柱形状的棒状成形体。

[0087] 另外,即使是截面为半圆锥形状或弓形形状的棒状成形体,也具有条部,在条部的宽度狭窄为0.5mm以上2.0mm以下的情况下,拉伸应力就会集中于条部,有时在条部产生龟裂。通过应用本实用新型,能够无龟裂且高效地进行成形。

[0088] 本实用新型实施方式的压制装置不仅在所例示的稀土磁铁用磁性粉末的成形的情况下,而且在使用了专利文献1记载的超硬合金粉末等的情况下,都能够无龟裂地制作圆柱形状的成形体。

[0089] 工业上的可利用性

[0090] 本实用新型可广泛用于例如稀土类烧结磁铁等磁铁的制造。

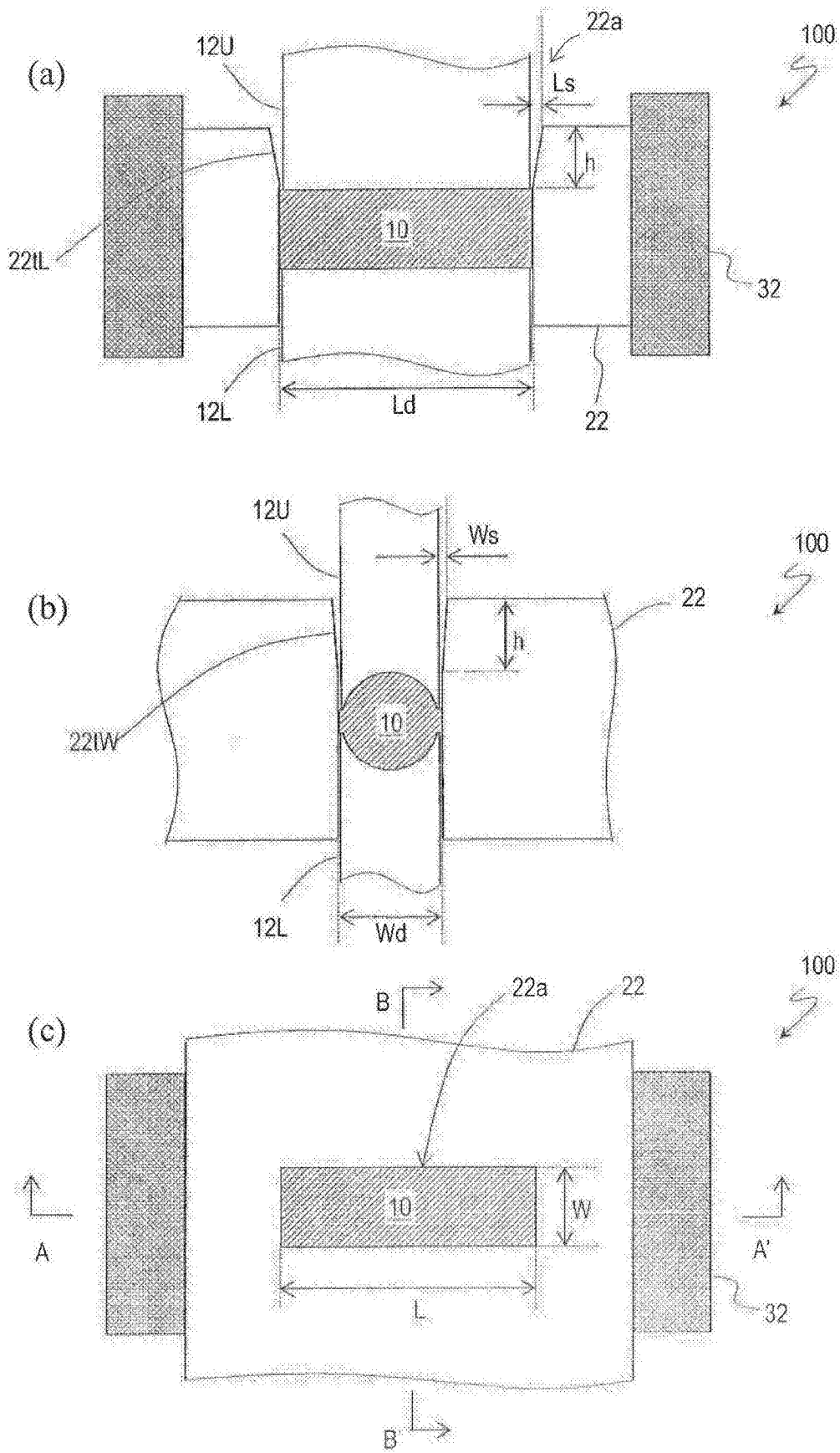


图1

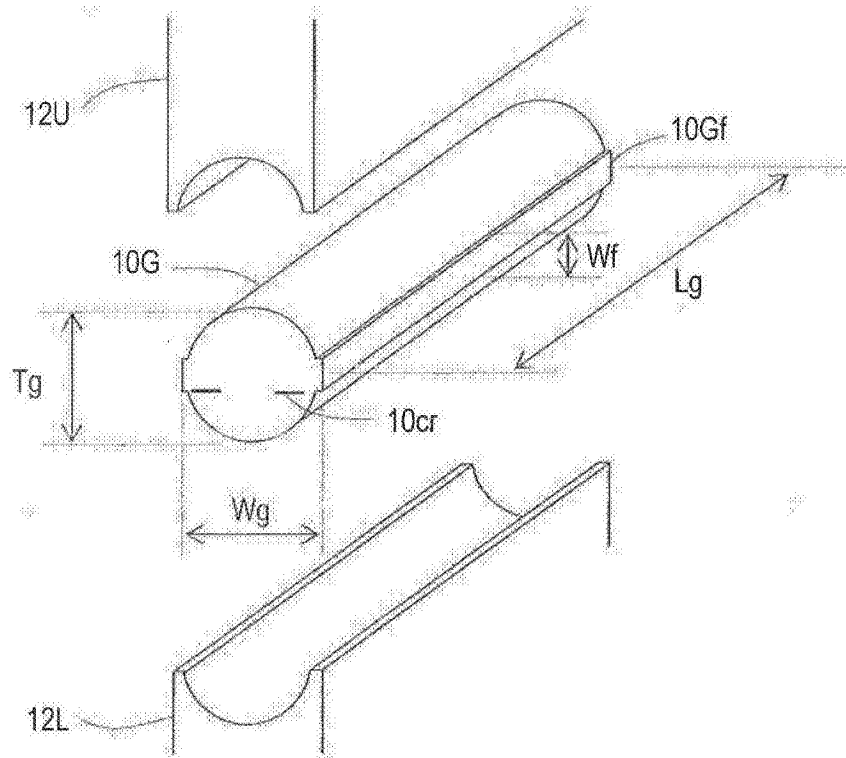


图2

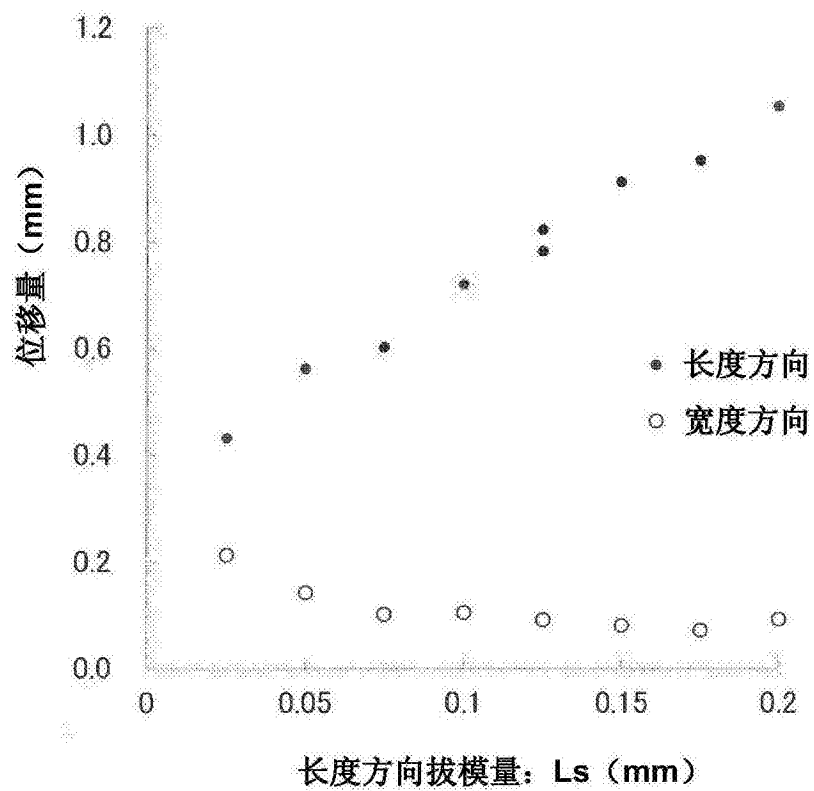


图3