

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203253928 U

(45) 授权公告日 2013. 10. 30

(21) 申请号 201320179221. 0

(22) 申请日 2013. 04. 11

(30) 优先权数据

2012-090919 2012. 04. 12 JP

(73) 专利权人 会田工程技术有限公司

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 长谷川和宏 平井佳树

(74) 专利代理机构 北京英特普罗知识产权代理

有限公司 11015

代理人 齐永红

(51) Int. Cl.

B22F 3/16(2006. 01)

H01F 41/02(2006. 01)

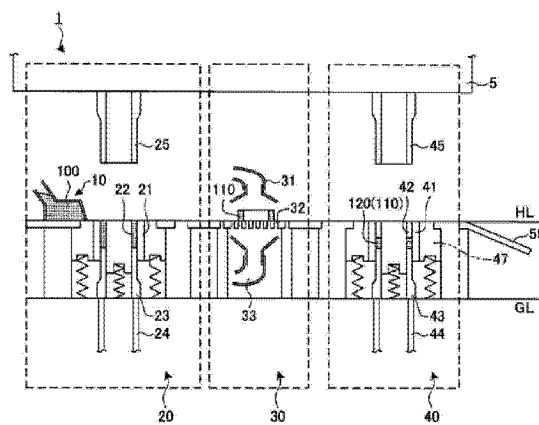
权利要求书1页 说明书16页 附图4页

(54) 实用新型名称

混合粉末的高密度成形装置

(57) 摘要

一种混合粉末的高密度成形装置,包括:混合粉末供给机,其向外部供给混合粉末,所述混合粉末是基础金属粉末和低熔点的润滑剂粉末的混合物;第一加压成形机,其向用该混合粉末供给机填充到第一模具中的所述混合粉末施加第一加压力成形混合粉末中间压缩体;加热升温机,用于使从所述第一模具取出的所述混合粉末中间压缩体的温度升高到该润滑剂粉末的相当于熔点的温度;以及第二加压成形机,其向已装入第二模具中的已升温的所述混合粉末中间压缩体施加第二加压力成形高密度的混合粉末完成压缩体;第一模具的内部尺寸相对第二模具的内部尺寸小1%~5%。



1. 一种混合粉末的高密度成形装置,包括:

混合粉末供给机,其向外部供给混合粉末,所述混合粉末是基础金属粉末和低熔点的润滑剂粉末的混合物;

第一加压成形机,其向用该混合粉末供给机填充到第一模具中的所述混合粉末施加第一加压力成形混合粉末中间压缩体;

加热升温机,用于使从所述第一模具取出的所述混合粉末中间压缩体的温度升高到该润滑剂粉末的相当于熔点的温度;以及

第二加压成形机,其向已装入第二模具中的已升温的所述混合粉末中间压缩体施加第二加压力成形高密度的混合粉末完成压缩体;

第一模具的内部尺寸相对第二模具的内部尺寸小1%~5%。

2. 根据权利要求1所述的混合粉末的高密度成形装置,其特征在于:

由一体组装有所述加热升温机的功能和所述第二加压成形机的加热加压成形机形成,并且所述加热加压成形机由多台加热加压成形分机形成,且各所述加热加压成形分机设置为在每个周期选择依次动作。

3. 根据权利要求1所述的混合粉末的高密度成形装置,其特征在于:

具有预热所述第二模具的预热装置。

4. 根据权利要求1所述的混合粉末的高密度成形装置,其特征在于:

还具有工件传送装置,其将所述第一加压成形机所成形的所述混合粉末中间压缩体传送到所述加热升温机,将用所述加热升温机加热后的所述混合粉末中间压缩体传送到所述第二加压成形机,且将所述第二加压成形机所成形的所述混合粉末完成压缩体传送到排出部。

混合粉末的高密度成形装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种高密度成形装置,其可通过对混合粉末进行二次加压而成形高密度(例如 $7.75\text{g}/\text{cm}^3$)的粉末压坯。

背景技术

[0002] 通常,粉末冶金技术是先对金属粉末加压(压缩)进行成形处理成形规定形状的粉末压坯,接着将粉末压坯加热到该金属粉末的熔点附近的温度并促使粒子间结合(固化)进行烧结处理的一系列技术。由此,可以用低成本制造出形状复杂尺寸精度高的机械部件。

[0003] 随着对机械部件更加小型轻量化的需求,要求提高粉末压坯的机械强度。另一方面,如果将粉末压坯暴露在高温气氛中则磁性能会降低。因此,在实际生产磁心用粉末压坯时,有时会省略其后的高温处理(烧结处理)。换言之,正在摸索一种即使不进行高温处理(烧结处理),也能提高机械强度的方法。

[0004] 此处,有人提出机械强度会随着粉末压坯密度的增加而得到大幅(双曲线型)提高。作为有代表性的高密度化方法,有人提出一种将润滑剂混合在金属粉末中以此来减小摩擦阻力并加压成形的方法(例如专利文献1)。通常是在基础金属粉末中混合约1重量%(1wt%)的润滑剂成形混合粉末,对混合粉末进行加压成形。还有人提出了很多旨在进一步提高密度的方案。这些方案大体分为改善润滑剂本身和改善加压成形、烧结处理所涉及的工艺流程。

[0005] 作为属于前者的方案,可以举出球状炭分子和板状炭分子组合在一起的碳分子复合体的方案(例如专利文献2); 25°C 时的针入度是 $0.3 \sim 10\text{mm}$ 的润滑剂的方案(例如专利文献3)。这些方案均为减小金属粉末和模具间的摩擦阻力的方案。

[0006] 作为属于后者的方案,已知的有温热成形烧结粉末冶金方法(专利文献4)、操作方便化的前置温热成形粉末冶金方法(专利文献5)、二次冲压-二次烧结粉末冶金方法(例如专利文献6)、以及一次成形-烧结粉末冶金方法(专利文献7)。

[0007] 开始的温热成形烧结粉末冶金方法是通过预热混合有固体润滑剂及液体润滑剂的金属粉末,使一部分(或全部)润滑剂熔化并使润滑剂分散在粒子间。该方法以此降低粒子间及粒子与模具间的摩擦阻力从而提高成形性;操作方便化的前置温热成形粉末冶金方法,是一种设置有初级成形步骤,以在温热成形步骤前对混合粉末进行加压成形操作方便化的低密度(例如密度比低于76%)的初级成形体,以低于使该初级成形体产生蓝脆温度的低温状态且将初级成形体一度崩解并进行二次成形步骤得到二次成形体(粉末压坯)的方法。二次冲压-二次烧结粉末冶金方法是一种以在模具内对包含合金成分的铁粉混合物加压并生成初级压缩体,在 870°C 将该压缩体(粉末压坯)预烧结5分钟并生成预烧结体,通过加压该预烧结体而生成已二次冲压的预烧结体,此后在 1000°C 将已二次冲压的预烧结体烧结5分钟来生成烧结部件的方法。最后的一次成形-烧结粉末冶金方法是一种提前预热模具并预先使内表面带电附着润滑剂,接着在该模具内填充已加热的铁基粉末混合物(铁基粉末+润滑剂粉末),以规定温度加压成形铁基粉末成形体,接着对铁基粉末成形体实施烧

结处理,进而进行光亮淬火,此后实施回火处理制造铁基烧结体的方法。

[0008] 像这样,使用润滑剂或加压成形、烧结处理工艺流程涉及的任何改善方法,粉末压坯的密度最高也就是 $7.4\text{g}/\text{cm}^3$ (真密度的 94%) 左右。机械强度不够。进而,进行烧结处理(高温气氛)时,由于氧化随着温度、时间而加重,所以粉末粒子涂布状态的润滑剂燃烧产生残渣,导致加压成形后的粉末压坯品质降低,因此,实际生产时的密度变为在 $7.3\text{g}/\text{cm}^3$ 以下。而且,任何改善方法也都复杂且难免会变得成本高昂。操作也麻烦,实用性差。

[0009] 尤其是考虑到用粉末压坯制作电磁设备(马达或变压器等)用的磁心(磁芯)的话,常被指出这种密度的密度($7.3\text{g}/\text{cm}^3$ 以下)远不能满足需要。要减小损耗(铁损、磁滞损耗)量提高磁通密度,就需要将粉末压坯进一步高密度化,例如,从平成 21 年度粉体粉末冶金协会秋季大会上的演讲资料(株式会社丰田中央研究所提供)看就一目了然。磁心密度,例如即便是 $7.5\text{g}/\text{cm}^3$,在实际应用中,也被指出不仅磁特性,其机械强度也不足。

[0010] 关于该磁心用粉末压坯的制造,提出一种二次成形—一次烧结(一次退火)的粉末冶金方法(例如专利文献 8)。该专利申请的粉末冶金方法依据的技术内容是:如果在磁性金属粉末表面预先形成含有硅树脂和颜料的涂层的话,则其后即便进行高温处理绝缘性也不会降低。即压粉磁心的制造方法特征在于:把表面被覆有含硅树脂和颜料涂层的磁性粉末预成形制作成预成形体,以 500°C 以上的温度对该预成形体实施热处理成形热处理体,接着对该热处理体实施压缩成形。由于在 500°C 以下则在其后的压缩成形时容易产生断裂,在 1000°C 以上则会因绝缘涂层分解烧坏绝缘性,所以,热处理用的温度设置在 $500^\circ\text{C}\sim 1000^\circ\text{C}$ 的范围内。从防止预成形体氧化的观点出发,该高温处理可在真空中、非活性气体气氛或还原性气体气氛中进行。因而有报道称可制造出真密度 98% ($7.7\text{g}/\text{cm}^3$) 的压粉磁心。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 【专利文献 1】专利公开平 1 — 219101 号公报

[0014] 【专利文献 2】专利公开 2009 — 280908 号公报

[0015] 【专利文献 3】专利公开 2010 — 37632 号公报

[0016] 【专利文献 4】专利公开平 2 — 156002 号公报

[0017] 【专利文献 5】专利公开 2000 — 87104 号公报

[0018] 【专利文献 6】专利公开平 4 — 231404 号公报

[0019] 【专利文献 7】专利公开 2001 — 181701 号公报

[0020] 【专利文献 8】专利公开 2002 — 343657 号公报

实用新型内容

[0021] 实用新型要解决的技术问题

[0022] 但是二次成形—一次烧结粉末冶金方法(专利文献 8)与其他专利申请的方法相比,更加复杂化、个性化并且难于实现及实施,导致制造成本大幅度增高。再有,必须在 500°C 以上对预成形体进行热处理。为防止粉末磁心品质恶化而必须在特殊气氛中进行,所以不适用于大批量生产。尤其是由于玻璃材质会变质、熔解,所以不适用于被覆玻璃材质涂层的磁性金属粉末的情况。

[0023] 再有,无论在上述任何申请的方法、装置(专利文献1~8)中,虽然记载有在相对高温气氛内可以实施烧结处理,但涉及加压成形步骤的详细情况并不明确。与加压成形机的规格、功能,加压力和密度的关系或其局限的相关分析也未见有与新的改善相关的报导。

[0024] 因而从伴随小型轻量化而要求更高的机械强度的角度看,当务之急是开发出可切实、稳定并以低成本制造高品质的高密度粉末压坯(尤其是磁心用高密度粉末压坯)的方法、装置。

[0025] 本实用新型的目的是提供一种混合粉末的高密度成形装置,其通过对混合粉末实施加热前后的二次加压成形可制造出高密度粉末压坯并且可大幅度降低制造成本。

[0026] 解决技术问题的手段

[0027] 根据用烧结冶金技术制造粉末压坯的惯例,需要在高温气氛(例如800℃以上)对加压成形的粉末压坯实施烧结处理。但是,烧结用高温处理不仅会消耗大量的能源,成本负担巨大,且在保护地球环境上也有很大的害处,需要重新考量。

[0028] 再有,以往加压成形处理是将混合粉确立为具体的形状,其被认为是高温烧结处理的前一阶段(准备)的机械性处理,并一直是这样来处理的。但是现状是只在制造用于电磁设备(电动机、变压器等)的磁心用粉末压坯时,例外地省略了用于烧结的高温处理。这是为了避免高温处理后的不良影响(磁特性恶化)。即被迫接受机械强度的不足。机械强度不足是由于密度的问题,所以磁特性当然也不够。

[0029] 此处,如果不进行高温烧结处理而仅以加压成形处理就可实现粉末压坯的高密度成形,则应该能够显著提高粉末压坯在产业上的利用及普及。本实用新型是根据分析并可实际生产高成品率地生产高品质粉末压坯而创造出来的,所述分析是加压时润滑剂的有效性、含有润滑剂粉末的压缩极限性、润滑剂粉末在混合粉末内的空间占有性、对基础金属粉末与润滑剂粉末的空间配置状态和其特性及润滑剂的最终处置方式的研究,以及一般的加压成形机的特性、压缩极限性及粉末压坯的密度对强度或磁性的影响的分析。

[0030] 即本实用新型将混合粉末填充到第一模具内,所述混合粉末是基础金属粉末中混合粉末润滑剂,再维持润滑剂的粉末状态并通过第一加压步骤成形中间粉末压坯,接着通过加热润滑剂使其液化,使中间粉末压坯内的润滑方式改变,此后在第二模具内进行第二加压步骤制作成接近真密度的高密度的完成粉末压坯,尤其是使第一模具的内部尺寸相对于第二模具的内部尺寸小1%~5%,以此使第二加压步骤中不产生龟裂(裂缝、裂痕的总称)而可稳定制造高品质粉末压坯。换言之,其涉及一种脱胎于需要高温烧结处理的以往烧结冶金技术而创新出的新的粉末冶金技术(润滑剂液化步骤前后的二次加压成形),提供的是可切实稳定并低成本地制造高密度粉末压坯的具有划时代意义的方法和装置。

[0031] 第二实施方式涉及的混合粉末的高密度成形装置,具有:混合粉末供给机,其可向外部供给填充混合粉末,所述混合粉末是基础金属粉末和低熔点的润滑剂粉末的混合物;第一加压成形机,其向用该混合粉末供给机填充到第一模具中的所述混合粉末施加第一加压力成形混合粉末中间压缩体;加热升温机,其用于将从所述第一模具取出的所述混合粉末中间压缩体的温度升高到该润滑剂粉末的相当于熔点的温度;第二加压成形机,其向已装入第二模具的已升温的所述混合粉末中间压缩体施加第二加压力成形高密度混合粉末完成压缩体,第一模具的内部尺寸比第二模具的内部尺寸小1%~5%。

[0032] (2)在上述(1)的实用新型中,加热升温机和第二加压成形机可由同时具有其二者

功能的加热加压成形机形成,并且所述加热加压成形机由多台加热加压成形分机形成且各所述加热加压成形分机可在每个周期内选择依次动作。

[0033] (3) 在上述(1)的实用新型中,可具有预热所述第二模具的预热装置。

[0034] (4) 在上述(1)的实用新型中,还可具有工件传送装置,其向所述加热升温机传送所述第一加压成形机所成形的所述混合粉末中间压缩体,将所述加热升温机所加热的所述混合粉末中间压缩体传送到所述第二加压成形机,且将所述第二加压成形机所成形的所述混合粉末完成压缩体传送到排出部。

[0035] 实用新型效果

[0036] 进而,采用上述(1)的实用新型,可切实稳定地制造高密度粉末压坯且可大幅度降低制造成本,并可高成品率地制造没有龟裂的高品质粉末压坯,采用上述(2)的实用新型,与上述(1)的实用新型的情况相比,可进一步简化装置。也可促进生产线的简化,操作变得更容易。

[0037] (6) 在上述(5)的实用新型中,加热升温机和第二加压成形机可由同时具有其二者功能的加热加压成形机形成,并且所述加热加压成形机由多台加热加压成形分机形成且各所述加热加压成形分机可在每个周期内选择依次动作。

[0038] 采用上述(3)的实用新型,通过预热第二模具,即便在完成粉末压坯成形开始之前混合粉末中间压缩体的温度有可能下降的情况下,也能将混合粉末中间压缩体维持在固定的温度范围内,所以可得到良好的成形效果。

[0039] 采用上述(4)的实用新型,通过具有工件搬运装置,可将工件切实地在第一加压成形机到所述加热升温机之间,加热升温机到第二加压成形机之间,以及第二加压成形机到排出部之间传送。

[0040] 另外,可从下文的说明明白上述之外的本实用新型的结构及效果。

附图说明

[0041] 图1是用来说明本实用新型涉及的高密度成形方法的示意图。

[0042] 图2是用来说明本实用新型的第一实施方式涉及的高密度成形装置及动作的主视图。

[0043] 图3A是用来说明本实用新型的第一实施方式的混合粉末的高密度成形动作的图,示出以第一模具成形中间粉末压坯的状态。

[0044] 图3B是用来说明本实用新型的第一实施方式的混合粉末的高密度成形动作的图,示出向第一模具内填充下一混合粉末的状态。

[0045] 图4是用来说明本实用新型第一实施方式的加压力和以该加压力得到的密度之间的关系图表,虚线表示的特性A示出用第一模具的成形状态,实线表示的特性B示出用第二模具的成形状态。

[0046] 图5A是用来说明本实用新型的第一实施方式的完成粉末压坯(中间粉末压坯)的透视图,呈圆环形。

[0047] 图5B是用来说明本实用新型的第一实施方式的完成粉末压坯(中间粉末压坯)的透视图,呈圆柱形。

[0048] 图5C是用来说明本实用新型的第一实施方式的完成粉末压坯(中间粉末压坯)的

透视图,呈细长圆轴形。

[0049] 图 5D 是用来说明本实用新型的第一实施方式的完成粉末压坯(中间粉末压坯)的透视图,呈圆盘形。

[0050] 图 5E 是用来说明本实用新型的第一实施方式的完成粉末压坯(中间粉末压坯)的透视图,呈复杂形状。

[0051] 图 6 是制造本实用新型的第一实施方式中圆盘形完成粉末压坯的上模具(上冲头)及其下模具(模具、下冲头)的示意图。

[0052] 图 7 是用于说明本实用新型的第一实施方式的龟裂产生区域的图表。

[0053] 图 8A 是用于说明本实用新型的第一实施方式的圆盘形中间粉末压坯的平面图。

[0054] 图 8B 是用于说明本实用新型的第一实施方式的产生龟裂的圆盘形完成粉末压坯的平面图。

[0055] 图 9 是用于说明本实用新型的第二实施方式涉及的高密度成形装置(及动作)的主视图。

具体实施方式

[0056] 以下参照附图详细说明本实用新型的具体实施方式。

[0057] (第一实施方式)

[0058] 本混合粉末的高密度成型装置 1 如图 1 ~图 8B 所示,具有混合粉末供给机 10、第一加压成形机 20、加热升温机 30 及第二加压成形机 40,所述本混合粉末的高密度成形装置实施下述各步骤:将混合粉末 100 填充到第一模具(下模具 21)中的混合粉末填充步骤(PR1),所述混合粉末 100 是向基础金属粉末中混合低熔点的润滑剂粉末的混合物;在第一模具(下模具 21)内向混合粉末施加第一加压力(P1)成形混合粉末中间压缩体(以下有时也称为中间粉末压坯 110)的中间粉末压坯成形步骤(PR2);加热从第一模具(下模具 21)取出的中间粉末压坯 110 积极升高到该润滑剂粉末的相当于熔点的温度的加热升温步骤(PR3);将加热的中间粉末压坯 110 装入第二模具(下模具 41)内的步骤(PR4)及在第二模具(下模具 41)内向中间粉末压坯 110 施加第二加压力 P2 成形高密度的混合粉末完成压缩体(以下有时也称为完成粉末压坯 120。) 的完成粉末压坯成形步骤(PR5),并可将第一模具的内部尺寸(直径 d1) 设置为比第二模具的内部尺寸(直径 d2) 小 1%~5% 高成品率地制造没有龟裂的高品质粉末压坯(完成粉末压坯 120)。

[0059] 在本申请说明书中所说的混合粉末 100,是指基础金属粉末和低熔点的润滑剂粉末的混合物。再有,作为基础金属粉末,存在仅由一种主金属粉末构成的情况,以及由一种主金属粉末及在其中混合一种或多种合金成分粉末的情况,但无论是什么情况都可以适用。低熔点是指与基础金属粉末的熔点(温度)相比温度(熔点) 极其低的温度(熔点) 且可大幅抑制基础金属粉末的氧化的温度(温度)。

[0060] 在示出高密度成形装置 1 的图 2 中,配置在高密度成形线的最左侧(上游侧)的混合粉末供给机 10 是将混合粉末 100 供给到构成第一加压成形机 20 的一部分的第一模具(下模具 21)中并填充到其腔体 22 内的装置。具有保留固定量的混合粉末 100 的功能及定量供给功能,可在初始位置(在图 2、图 3 A 以实线示出的位置)和第一模具(下模具 21)的上方位置(在图 3 B 以虚线示出的位置)之间有选择地整体往复移动。

[0061] 由于将混合粉末 100 均匀且充分地填充到第一模具(下模具 21)内的每一处非常重要,所以混合粉末 100 必须是松散状态。即由于第一模具(下模具 21)的内部空间(腔体 22)的形状是与产品形状相对应的形状,所以即便产品形状复杂或是具有狭小部分的形状,在保证中间粉末压坯 110 的尺寸精度上,也最好不要填充不均匀或不充分。

[0062] 完成粉末压坯 120 (中间粉末压坯 110)的形态(尺寸、形状)并无特殊限定,例如图 5A ~图 5E 所示。图 5A 是圆环形、图 5B 是圆柱形、图 5C 是细长圆轴形、图 5D 是圆盘形、图 5E 是复杂形状。

[0063] 即第一加压成形机 20 的上模具 25 及下模具 21 的腔体 22 设置为与中间粉末压坯 110 的形态(形状)对应的形状。中间粉末压坯 110 的形态例如为图 5A ~图 5E 所示时,变为与之分别对应的形状。中间粉末压坯 110 的形状如图 5A 所示为环形管形状时,变为如图 2、图 3A、图 3B 所示上模具(上冲头)25 的形状为圆筒形且下模具 21 的形状为中空环形管形状。如图 5B 所示为圆柱形时,上模具(上冲头)25 的形状是实心圆筒(圆柱)形且下模具 21 的形状为中空圆筒形。是图 5C 的圆盘形、图 5D 的细长圆轴形时,也是同样的形态(但是,存在深浅的差异)。如图 5E 所示是复杂形状时,变为对应的复杂形状。另外,对第二加压成形机 40 的上模具(上冲头)45 及下模具 41 的腔体 42 也是同样。

[0064] 用于减小基础金属粉末的粒子间的摩擦阻力及基础金属粉末与模具内面的摩擦阻力的润滑剂在常温下选择松散状态的固形物(非常小的粒状)即为粉末状的物质。例如如果采用液状的润滑剂,则由于混合粉末 100 的粘度增高且流动性降低,所以无法均匀并充分地填充。

[0065] 接着,在常温下的第一模具(21)内施加第一加压力 P1 使中间粉末压坯成形,在此期间,润滑剂必须以固体形状稳定维持规定的润滑作用。即便存在因第一加压力 P1 的加压导致温度有些微上升的情况,但仍应同样稳定维持。

[0066] 另一方面,从与中间粉末压坯成形后实施的加热升温步骤(PR3)的关系及抑制基础金属粉末的氧化来看,润滑剂粉末的熔点需要设为与该基础金属粉末的熔点相比非常地低的熔点(低熔点)。

[0067] 在该实施方式中,润滑剂粉末的熔点选择为低熔点,所述低熔点属于 90℃~190℃的温度范围内。下限温度(90℃)设为相比中间粉末压坯成形过程中即便发生某种程度的温度上升估计也达不到该温度的值(例如 70℃~80℃)的上限温度(80℃)仍有富余的值(例如 90℃),进而看其他的金属皂的熔点(例如 110℃)来进行选择。即彻底消除了在中间粉末压坯的加压成形过程中润滑油粉末熔解(液化)并流出的危险。

[0068] 上限温度(例如 190℃)选择从润滑剂粉末的种类涉及的选择性放大的角度看是最小值,而在加热升温步骤时从抑制基础金属粉末的氧化的角度看为最大值。即希望理解为该温度范围(90℃~190℃)的下限温度和上限温度不是极限值而是边界值。

[0069] 因而可选择性地采用属于金属皂的很多物质(硬脂酸锌、硬脂酸镁等)作为润滑剂粉末。另外,由于润滑剂必须是粉末状态,所以不能采用有粘性的液体如辛酸锌等。

[0070] 在该实施方式中,采用熔点 120℃的硬脂酸锌粉末作为润滑剂粉末。另外,在本实用新型中,否定了像专利文献 7 的实用新型那样使用温度比加压成形时模具温度还低的(熔点)润滑剂且从最初使润滑剂熔解(液化)并进行加压成形的方法。因为在中间粉末压坯 110 成形结束以前如熔解的润滑剂流出,则容易出现中途润滑不足的部位,所以无法切实且

稳定地进行充分的加压成形。

[0071] 润滑剂粉末的量设为根据实验研究及实际生产中的经验来选择的值。在与该实施方式涉及的中间粉末压坯成形步骤(PR2)的关系中,润滑剂粉末量设为混合粉末总量的0.23wt%~0.08wt%。0.08wt%是到中间粉末压坯110成形结束为止可担保润滑作用的下限值,0.23wt%是在从混合粉末100变为中间粉末压坯110时为得到所系压缩比而必要的上限值。

[0072] 接着,实际生产中润滑剂粉末的量应定为可保证在第一模具(下模具21)内施加第一加压力成形的中间粉末压坯110的真密度比的值及在第二模具(下模具41)内的出汗现象的量。此时,必须考虑到防止液化润滑剂从模具向外部渗出导致作业环境恶化的滴漏(滴漏现象)出现。

[0073] 在该实施方式中,由于将中间粉末压坯110的真密度比(对真密度100%的比)的值设为80~90%,所以润滑剂粉末的量设为0.2wt%~0.1wt%。上限值(0.2wt%)从可防止滴漏现象出现的角度出发来决定,下限值(0.1wt%)从可避免出现不足或剩余而只出现必要的出汗现象的角度出发来决定。相比上述以往提例子(1wt%)的情况只是很少量,却可大幅提高工业上的使用性。

[0074] 防止发生滴漏现象对实际生产极为重要。在计划或研究阶段,由于为了减少加压时的摩擦力而担心润滑剂的量会不足而倾向于混入极过量的润滑剂。例如,完全不在乎从能否制造出超过 $7.3\text{g}/\text{cm}^3$ 的高密度的试错阶段开始,就有过量的润滑剂液化流出的情况。甚至都意识不到滴漏现象。即液化润滑剂的滴漏会因润滑剂使用量增加而导致成本上升,会因工作环境恶化而使生产效率降低或增加操作人员的负担,如果不加以解决不但缺乏实用性而且也难于普及扩大。

[0075] 将0.2wt%的混合粉末100压缩到真密度比80%的中间粉末压坯110的情况,是一旦在加热升温步骤(PR3)将该润滑剂粉末积极升温到相当于熔点的温度,则中间粉末压坯110内散布的粉末润滑剂熔化充满金属粉末粒子间的孔,接着经过金属粉末粒子间液状润滑剂均匀地在中间粉末压坯110的表面渗出(喷出)。即诱发出汗现象。在第二模具(下模具41)内向该中间粉末压坯110施加第二加压力P2进行压缩时,大幅降低基础金属粉末和腔体内面壁的摩擦阻力。

[0076] 同样,将0.1wt%的混合粉末100压缩到真密度比为90%的中间粉末压坯110的情况,和将超过0.1wt%不满0.2wt%范围内的混合粉末100压缩到真密度比不满90%且超过80%范围内的值的中间粉末压坯110,也能发现出汗现象。可防止出现滴漏现象。

[0077] 因此可高密度成形,制造出满足磁特性及机械强度的粉末压坯(例如磁心)。也可消除对模具受损的担心。而且,可大幅削减润滑剂的消耗量,使液状润滑剂不再从模具滴漏出来,改善作业环境。整体上由于可提高生产效率及降低粉末压坯制造成本所以可显著地提高在工业生产上的可使用性。

[0078] 同时,上述任意一种以往方法、装置(专利文献1~8)对润滑剂的含有率与混合粉末的压缩率的关系、润滑剂的多少导致的滴漏现象、出汗现象均无认识。

[0079] 尤其是即便在热成形粉末冶金方法(专利文献5)中,虽然可以理解为了便于操作而成形密度比不满76%的一次成形体这一点,但对高密度成形的技术依据及可实施的事项均无公开。更别说从其后一度使初级成形体溃散在成形二次成形体这一点看,只能否定其

通过初级成形、二次成形的累积来实现高密度化的技术思想。

[0080] 第一加压成形机 20 是使用混合粉末供给机 10 向填充到第一模具(下模具 21)的混合粉末 100 施加第一加压力 P1 成形混合粉末中间压缩体(中间粉末压坯 110)的装置,该实施方式是冲压机械结构。

[0081] 在图 2 中第一模具由工作台侧的下模具(模具) 21 和滑块 5 侧的上模具(上冲头) 25 构成。在用于说明第一加压成形机 20 (第一模具)及基本的步骤流程等的图 2、图 3A、图 3B 中,下模具 21 的腔体 22 形状设置为与图 5A 所示中间粉末压坯 110 的形态(环形形态)对应的形状(环形管形状)。上模具(上冲头) 25 设置为可挤压进下模具 21 (腔体 22) 内的状态(环形管形状),靠滑块 5 做升降运动。腔体 22 的下方在上下方向可移动地嵌装有可动部件 23。

[0082] 第一加压成形机 20 的上模具(上冲头)25 及下模具 21 的腔体 22 设置为与中间粉末压坯 110 的形态(形状)相对应的形状,所以中间粉末压坯 110 的形态即便是如图 5B ~ 图 5E 所示时,也成为彼此相对应的形状。

[0083] 同时,为图 5B 所示的圆柱形时,上模具(上冲头)25 的形状变为实心圆筒(圆柱)形且下模具 21 的形状是中空圆筒形。为图 5C 所示的细长圆轴形时也设置为一样的形状但在上下方向上长。为图 5D 所示的圆柱形状时也是一样的形状但在上下方向上短。为图 5E 所示的复杂形状时,变为对应的复杂形状。另外,对于第二加压成形机 40 的上模具(上冲头) 45 及下模具 41 的腔体 42 也是一样。

[0084] 在图 2 中,可动部件 23 通过贯穿设置在底面高度 GL 以下的通孔 24 向上突起的顶出杆(图示省略)移动到上方。即可把第一模具[下模具 21 (腔体 22)] 内的中间粉末压坯 110 上推到传送面 HL。从外部看,具有作为将第一模具(下模具 21) 内的中间粉末压坯 110 取出到外部(HL)的第一取出装置的功能。中间粉末压坯 110 被传送到加热升温机 30 侧后,可动部件 43 与顶出杆一同返回初始位置。另外,也可用其他特殊装置形成第一取出装置。

[0085] 参照图 4 说明第一加压成形机 20 中的加压力(第一加压力 P1)和与之对应得到中间粉末压坯 110 的真密度比(密度 ρ)的关系。横轴以指数表示加压力 P。在该实施方式中的最大能力(加压力 P)是 10Ton/cm²,其设为横轴指数 100。Pb 是模具损坏压力,为横轴指数 140 (14Ton/cm²)。纵轴以指数表示真密度比(密度 ρ)。纵轴指数 100 相当于真密度比(密度 ρ)是 97% (7.6g/cm³)。

[0086] 在该实施方式中,基础金属粉末设为磁心用玻璃材质绝缘涂层被覆铁粉末(真密度是 7.8g/cm³),润滑剂粉末选择是在 0.2wt% ~ 0.1wt% 的范围内的硬脂酸锌粉末且是第一加压力 P1 将混合粉末中间压缩体压缩到相当于纵轴指数 82 ~ 92[相当于密度 ρ (6.24 ~ 7.02g/cm³)] 的真密度比 80 ~ 90% 的物质。

[0087] 同时,纵轴指数 102 相当于密度 ρ (7.75g/cm³),真密度比(密度 ρ)相当于 99%。

[0088] 另外,作为基础金属粉末,也可选择磁心用铁系非晶粉末(磁心用 Fe-Si 合金粉末)、磁心用铁系非晶粉末、磁心用 Fe-Si 合金粉末、机械部件用纯铁粉末等。

[0089] 一旦提高第一加压力 P1,则通过第一加压成形机 20 得到的密度 ρ 随着图 4 中以虚线(曲线)显示出的特性 A 而升高。在第一加压力 P1 (横轴指数 100) 时,密度 ρ 变为 7.6g/cm³。真密度比是 97%。即便使第一加压力 P1 上升到这以上的值,密度 ρ 的提高也是微小的。模具损坏的可能性很大。

[0090] 以往,在以加压成形机(冲压机械)的最大能力来加压得到的密度 ρ 无法满足需要时,必须装备更大型的压铸机械。但是,即便是大型化例如将最大能力变为 1.5 倍,密度 ρ 的提高也是微小的。因此,现在的情况是勉强接受以冲压机械得到的低密度 ρ (例如 $7.5\text{g}/\text{cm}^3$)。

[0091] 此处,现在直接使用压铸机械,如可从纵轴指数 100($7.6\text{g}/\text{cm}^3$)提高到 102($7.75\text{g}/\text{cm}^3$),则可理解为具有划时代意思。即如果可将密度 ρ 提高 2%,则可大幅提高磁性能(双曲线地)且可使机械强度的提高实现飞跃。而且,由于可彻底去除高温气氛下的烧结处理,所以可大幅抑制粉末压坯的氧化(可防止磁心性能降低)。

[0092] 为实现上述方式,可通过加热由第一加压成形机 20 成形的中间粉末压坯 110 促使润滑剂熔解(液化),此后以第二加压成形机 40 进行第二次加压成形处理。如果在第二加压成形机 40 中对中间粉末压坯 110 进行加压,则如图 4 的特性 B (实线)所示,可达到相当于纵轴指数 102 的高密度($7.75\text{g}/\text{cm}^3$)。将在第二加压成形机 40 的说明中追述详细情况。

[0093] 加热升温机 30 是加热从第一模具(下模具 21)取出的混合粉末中间压缩体(中间粉末压坯 110)将该中间粉末压坯 110 的温度积极升温到该润滑剂粉末的相当于熔点的温度的装置。在图 2 中,加热升温机 30 包含未图示的暖风产生源、喷气罩 31、排气循环罩 33 等,通过向定位在丝网状保持部件 32 上的中间粉末压坯 110 喷出暖风加热,将其温度升温到润滑剂粉末的相当于熔点的温度(例如 120°C)。

[0094] 该低温加热处理的技术意义将在与第一加压成形处理的关系中加以说明。如果观察填充在下模具 21 (腔体 22) 内的混合粉末 100,则可知在与基础金属粉末的关系中润滑剂粉末的存在较稀疏的部分(稀疏部分)和较致密的部分(致密部分)。致密部分可减少基础金属粉末的粒子间摩擦阻力及基础金属粉末和模具内面的摩擦阻力。稀疏部分应该可以使这些摩擦阻力变大。

[0095] 在第一加压成形机 20 的加压过程中,致密部分由于摩擦小所以压缩性优越,易于进行压缩化。稀疏部分由于摩擦大所以压缩性差,压缩化缓慢。无论是哪种,都会出现与预先设定的第一加压力 P_1 的值对应的压缩进行困难的现象。即出现压缩极限。放大观察在该状态下从第一模具(下模具 21)取出的中间粉末压坯 110 的断裂面,则作为上述致密部分的部分为基础金属粉末整体熔接。但是,也混有润滑剂粉末。作为稀疏部分的部分在熔接的基础金属粉末间残留有微小间隙(空间)。几乎看不到润滑剂粉末。

[0096] 因此,如从作为致密部分的部分去除润滑剂粉末的话,则产生可压缩的间隙。如可向作为稀疏部分的部分间隙补充润滑剂的话,则可提高该部分的压缩性。

[0097] 即提高第一加压成形结束后加热中间粉末压坯 110 升温到润滑剂粉末的相当于熔点的温度(例如 120°C),使润滑剂粉末熔解(液化)提高其流动性。从作为致密部分的部分开始熔化的润滑剂渗到周围且补充到是稀疏部分的部分。从而,可减小基础金属粉末的粒子间摩擦阻力,也可压缩润滑剂粉末所占的空间。也可减小基础金属粉末的粒子和模具内面的摩擦阻力。

[0098] 接着,第二加压成形机 40 是用于向装入第二模具(下模具 41)的已升温的中间粉末压坯 110 施加第二加压力 P_2 成形高密度的完成粉末压坯 120 的装置。

[0099] 在本实施方式中,设置有对第二模具(下模具 41)进行预热的预热装置 47。但是如果能将已升温好的中间粉末压坯 110 的温度控制为在第二模具(下模具 41)内到施加了第

二加压力 P2 的完成粉末压坯成形开始时刻为止不妨碍成形的固定的温度范围内的话,则不预热第二模具(下模具 41)也能实施本实用新型的高密度成形。

[0100] 但是,中间粉末压坯 110 的热容量小时,则到达第二模具(下模具 41)的传送时间或传送路径长时,则根据混合粉末 100 的组成或中间粉末压坯 110 的形态等,在到已升温好的中间粉末压坯 110 开始完成粉末压坯成形时刻为止温度有可能下降时,加热第二模具(下模具 41)可得到更好的成形效果。后文所说的第二预热装置 47 是为此而设的。

[0101] 另外,该实施方式中的第二加压成形机 40 的最大能力(加压力 P)与第一加压成形机 20 的情况相同是 $10\text{Ton}/\text{cm}^2$ 。因此,第一加压成形机 20 和第二加压成形机 40 构成为一台冲压机械,由图 2 所示的共用的滑块 5 同步升降各上模具 25、45。从这一点看,装置更经济,可降低完成粉末压坯 120 的制造成本。

[0102] 在图 2 中,第二模具由工作台侧的下模具(模具)41 和滑块 5 侧的上模具(冲头)45 构成。下模具 41 的腔体 42 设置为下部与完成粉末压坯 120 的形状(环形)相对应的形状(环形管形状),上部为可接收中间粉末压坯 110 的略大的形态。上模具 45 设置为可挤压入下模具 41 (腔体 42)内的形态,通过滑块 5 进行升降运动。在腔体 42 的下方,可动部件 43 嵌装为可在上下方向移位。另外,第二模具(下模具 41)和第一模具(下模具 21)设置为可进行相当于与压缩对象(中间粉末压坯 110 和完成粉末压坯 120)在上下方向尺寸差的高度(位置)调整。

[0103] 在成形图 5D 所示的圆盘形混合粉末完成压缩体(完成粉末压坯 120)时,图 6 所示的上模具 45 (上冲头 45PU)的形态为实心圆柱形,下模具 41 的形态为由中空圆柱形的第二模具 41D 和实心圆柱形下冲头 41PD 构成,腔体 42 的形态变为中空圆筒形。

[0104] 可动部件 43 通过贯穿设置在底面高度 GL 以下的通孔 44 向上突起的顶出杆(图示省略)移动到上方。即可把第二模具[下模具 41 (腔体 42)]内的完成粉末压坯 120 上推到传送面 HL。从外部看,具有作为将第二模具[下模具 41 (腔体 42)]内的完成粉末压坯 120 取出到外部(HL)的第二取出装置的功能。另外,也可用其他特殊装置形成第二取出装置。完成粉末压坯 120 被排出到排出槽 59 中,从加热升温机 30 接收新的中间粉末压坯 110 后,可动部件 43 与顶出杆一同返回初始位置。

[0105] 在第二模具下模具 41 中安装有可变更设定温度的第二预热装置 47。该第二预热装置 47 在接收中间粉末压坯 110 (被装入)之前,将第二模具[下模具 41 (腔体 42)]加热(预热)到润滑剂粉末(硬脂酸锌)的相当于熔点的温度(120°C)。对已升温的中间粉末压坯 110 可不冷却而接收。由此,可防止先前熔解(液化)的润滑剂再次固化并确保润滑作用。另外,第二预热装置 47 在本实施方式中设置为电热加热方式(电加热器),但也可用热油或热水循环预热的循环方式的加热装置来进行。

[0106] 在该意义上,第二预热装置 47 设为可在完成粉末压坯 120 加压成形结束之前持续加热。由于如此可进一步提高加压成形中已熔解的润滑剂向所有方向的流动性,因而不仅可将基础金属粒子间也可将粒子与第二模具下模具 41 间的摩擦阻力大幅减小并保持之。

[0107] 与之相关,在该实施方式中,设置有用于预热第一模具(下模具 21)的未图示的预热装置。但是,在升温加热步骤前无需预热第一模具(下模具 21)预备升温中间粉末压坯 110 也可实施本实用新型的高密度成形加工。

[0108] 但是,在混合粉末的组成或中间粉末压坯 110 的形态特殊时、中间粉末压坯 110 的

热容量大时、无法安装大的加热升温机 30 时、或作业环境温度低时,中间粉末压坯 110 的加热升温可能要花费很长时间。在这样的情况下,优选预热第一模具(下模具 21)。为此,在该实施方式中会预热第一模具。

[0109] 即第一模具[下模具 21(腔体 22)]上也设置由可改变设定温度的第一预热装置(图示省略),在中间粉末压坯 110 的成形结束后传递到加热升温机 30 以前可预热第一模具(下模具 21)预先加热润滑剂粉末。通过这样设置,可减少加热升温时间,缩短生产周期。

[0110] 用图 4 说明第二加压成形机 40 中的加压力 P (第二加压力 P2)和与之相应得到的完成粉末压坯 120 的密度 ρ 的关系。

[0111] 第二加压成形机 40 得到的密度 ρ 如实线所示的特性 B。即与第一加压成形机 20 的情况[特性 A (虚线)]不同,密度 ρ 并非随着第二加压力 P2 提高而渐渐升高。即到超过第一加压成形步骤中最终的第一加压力 P1 (例如横轴指数 50、75 或 85)之前密度 ρ 不会升高。第二加压力 P2 一旦超过最终的第一加压力 P1,则密度 ρ 即一下子升高。第二加压成形可理解为好像连续不断地进行第一加压成形的方式。

[0112] 因而在第一加压成形步骤中,变为可以不用在任何时候都将第一加压力 P1 上升直到与最大能力相对应的值(横轴指数 100)。即可排除在压缩极限以后继续进行第一加压成形时浪费的时间、消耗的能量。使制造成本降低。再有,由于变得易于避免超过横轴指数 100 的超负荷运转,所以不必担心模具破损。整体上运转操作容易并可安全且稳定地运用。

[0113] 工件传送装置 50 设置为可将第一取出装置(可动部件 23、通孔 24)从第一模具(下模具 21)取出的中间粉末压坯 110 传送到加热升温机 30 内的规定位置,可将升温后的中间粉末压坯 110 从加热升温机 30 内传送到第二模具(下模具 41),可将靠第二取出装置(可动部件 43、通孔 44)的功能从第二模具(下模具 41)取出的完成粉末压坯 120 传送到向高密度成形装置 1 外排出的排出部,例如排出槽 59。工件传送装置 50 可在第一加压成形机 20 到加热升温机 30 之间、加热升温机 30 到第二加压成形机 40 之间、以及第二加压成形机 40 到排出槽 59 之间切实传送工件。

[0114] 该实施方式的工件传送装置 50 由图 3B 所示的同步运转的三个传送杆 51、52、53 构成。传送杆 51、52、53 在要求传送时从图 3A 的纸面深处侧向近前(图 3B)的传送线上推进,从左向右移动后退回到原始位置。装入装置(传送杆 52、可动部件 43、通孔 44)将已升温的混合粉末中间压缩体(中间粉末压坯 110)装入预热到该相当于熔点的温度的第二模具[下模具 41(腔体 42)]中。

[0115] 另外,工件传送装置也可由包含向二维或三维方向驱动的机械手等,将工件依次传送到各模具等的传送装置等构成。

[0116] 此处,对用于进一步切实提高品质的技术事项进行说明。另外,完成粉末压坯 120 (中间粉末压坯 110)的形态(形状)并无特别限制,但为便于说明防止龟裂发生的相关情况,将完成粉末压坯 120 设定为图 8 所示的圆盘形【与图 5D 所示的为同一种形状】。

[0117] 在示出第二加压成形机 40 (第一加压成形机 20)的图 6 中,构成第二模具的下模具由第二模具 41D 和下冲头 41PD 构成,上模具由上冲头 45PU 构成。第二模具的内部空间(腔体 42)的形状制作为与完成粉末压坯 120 的形态(圆盘形)相对应。同样地,第一模具由下模具(第一模具 21D、下冲头 21PD)和上模具(上冲头 25PU)构成。第一模具(下模具 21)的内部空间(腔体 22)的形状制作为与中间粉末压坯 110 的形态(圆盘形)对应。

[0118] 即是圆盘形的粉末压坯(中间粉末压坯 110、完成粉末压坯 120)时,各粉末压坯 110、120 的各形状把握为如图 8 所示的各外部尺寸(直径 d_1 、 d_2),各腔体 22、42 的各形态可把握为该各内部尺寸(直径 d_1 、 d_2)。当然,与第一模具(第一模具 21D)的内部尺寸 d_1 相比,第二模具(第二模具 41D)的内部尺寸 d_2 更大。理由是需要将直径 d_1 的中间粉末压坯 110 插入到内部尺寸为 d_2 的第二模具内。再有,在不涉及实际生产的试验研究阶段,为便于插入到第二模具内,很多时候各外部尺寸定得很粗略。

[0119] 但是,产品尺寸精度由完成粉末压坯 120 的外部尺寸(d_2)的精度决定。从而,必须将中间粉末压坯 110 的外部尺寸(d_1)设置得小于完成粉末压坯 120 的外部尺寸(d_2)。即第一模具 21D 的腔体 22 的内部尺寸 d_1 设置的比第二模具 41D 的腔体 42 的内部尺寸 d_1 小。到底小多少并无固定论。再有,再有,这对于还没有可通过中途升温两个阶段加压成形进行高密度成形的新技术实践经验的本领域技术人员及普遍情况来说,可说是理所当然的。

[0120] 根据本实用新型申请人的实际试验,以与完成粉末压坯 120 形状对应的第二腔体 42 的内部尺寸 d_2 为 100% 时,设置第一腔体 22 的内部尺寸 d_1 相比第二腔体 42 小 $1\% \sim 5\% = \{[(d_2 - d_1) / d_2] \times 100\%$, 已知这是成形高品质粉末压坯的必要充分条件。即如图 7 的图表所示密度上升区域、密度固定区域及龟裂产生区域得到了定量性验证。图 7 的横轴是上述计算中求出的百分比(%),纵轴是密度(g/cm^3)

[0121] 百分比的下限值(1%)是从避免过载情况及防止第二模具(第二模具 41D、上冲头 45PU)的破损的角度选择的。即在固定完成粉末压坯 120 的外部尺寸 d_2 而增加了中间粉末压坯 110 的外部尺寸 d_1 [$d_1 = (0.99 \times d_2)$ 以上]时,向第二模具的腔体 42 内施加第二加压力 P_2 ,则压缩以使中间粉末压坯 110 的外周部在直径方向上被挤压且加压方向尺寸(厚度)变为规定的尺寸。

[0122] 由于其外周部与腔体 42 的内壁面抵接以后,与内壁面的摩擦阻力激增,所以有时可能出现过载情况。进而如在此后还继续施加第二加压力 P_2 的话,则存在第二模具(第二模具 41D)破损的危险。因此,为防止过载或模具破损。不可将下限值设定为小于 1% 的小数值。

[0123] 另一方面,上限值(5%)是从防止完成粉末压坯 120 上出现图 8B 所示的龟裂 CRCK 的角度选择的。在缩小了图 8 所示中间粉末压坯 110 的外部尺寸 d_1 时 [$d_1 = (0.95 \times d_2)$ 以下],如向第二模具(腔体 42)内施加第二加压力 P_2 ,则中间粉末压坯 110 的加压方向尺寸(厚度)被压缩。但是,即便压缩到中间粉末压坯 110 的厚度接近完成粉末压坯 120 的规定尺寸的程度,也还是会出现中间粉末压坯 110 的外周部与腔体 42 的内壁面不抵接的状态。即中间粉末压坯 110 在没有外周部限制状态下,其周端附近部分持续在直径方向上伸展。

[0124] 于是,中间粉末压坯 110 内的金属粒子间的间隙变增大或变得不稳定。完成粉末压坯 12 的平面部分上产生如图 8B 所示的一个到多个的龟裂 CRCK。这样,无法确保产品(完成粉末压坯 120)的高品质。因此,应避免第一模具(第一模具 21D)的内部尺寸 d_1 与第二模具(第二模具 41D)的内部尺寸 d_2 相比太小的情况。即不可将上限值设置为超过 5% 的大数值。

[0125] 参照示出第二模具的图 6,当第二模具(第二模具 41D)的腔体 42 的内部尺寸 d_2 固定时,第一模具(第一模具 21D)的腔体 22 的内部尺寸 d_1 在完成粉末压坯 120 的形状(厚度)越大直径越小,优选 d_1 的减小量设置为接近 5% 的值,形状(厚度)越小直径越大,优选 d_1 的

减小量设置为接近 1% 的值。在该实施方式中,从扩大完成粉末压坯 120 的形状(厚度)变化对应的实用性的角度出发,设置为减小 2.5%。另外,完成粉末压坯 120 的形状是在图 5A ~ 图 5E 所示之外的形状(例如是椭圆形)时的内部尺寸,对整个周方向将与相对应的腔体 42 的内壁面的距离减小 1% ~ 5%。

[0126] 此种实施方式涉及的混合粉末的高密度成形装置,可按照下述工序实施高密度成形方法。

[0127] (混合粉末的制备)

[0128] 将基础金属粉末(磁心用玻璃材质绝缘涂层被覆铁粉末)和 0.2wt% 的润滑剂粉末(硬脂酸锌粉末)混合制备出松散状态的混合粉末 100。以规定量补给到混合粉末供给机 10 中(图 1 的步骤 PR0)。

[0129] (混合粉末的填充)

[0130] 在规定的时间内,混合粉末供给机 10 如图 3B 所示从规定位置(实线)移动到补给位置(虚线)。接着打开混合粉末供给机 10 的供给口,向第一加压成形机 20 的空的下模具 21(腔体 22)内填充定量的混合粉末 100(图 1 的步骤 PR1)。例如可在 2 秒钟内填充。填充后关闭供给口,混合粉末供给机 10 返回规定位置(实线)。

[0131] (中间粉末压坯的成形)

[0132] 开始第一加压成形处理,第一加压成形机 20 的上模具 25 与图 2 的滑块 5 一同下降,以第一加压力 P_1 加压下模具 21(腔体 22)内的混合粉末 100。固态润滑剂发挥充分的润滑作用。已压缩的中间粉末压坯 110 的密度 ρ 随图 4 的特性 A(虚线)而升高。第一加压力 P_1 一达到与横轴指数(例如 30)对应的压力($3.0\text{Ton}/\text{cm}^2$),则真密度比升高到 85% 即密度 ρ 升高到 $6.63\text{g}/\text{cm}^3$ (相当于纵轴指数 87)。例如 8 秒钟的加压成形一结束,则如图 3A 所示在模具(下模具 21)内成形中间粉末压坯 110(图 1 的步骤 PR2)。其后上模具 25 靠滑块 5 上升。另外,在成形如图 8 所示的圆盘形粉末压坯时,上下模具变为如图 6 所示的上冲头 25PU、第一模具 21D 及下冲头 21PD。再有,在第二加压成形机 40 中可同步进行与之前的中间粉末压坯 110 相关的第二加压成形处理。

[0133] (中间粉末压坯的取出)

[0134] 第一取出装置(可动部件 23)启动,中间粉末压坯 110 被推高到传递面 HL。即从下模具 21 取出。于是如图 3B 所示工件传送装置 50 启动,靠其传送杆 51 将中间粉末压坯 110 向加热升温机 30 传送。在该阶段,可动部件 23 返回到下方的初始位置。传送后的中间粉末压坯 110 被定位在图 3A 所示的丝网状保持部件 32 上。

[0135] (加热升温)

[0136] 在图 3A 中,加热升温机 30 启动。从喷气罩 31 喷出的热风将中间粉末压坯 110 升温到润滑剂粉末的相当于熔点的温度(120°C)(图 1 的步骤 PR3)。即润滑剂熔解,靠其流动使中间粉末压坯 110 内的润滑剂分布变为均匀。加热升温时间例如是 8 ~ 10 秒。另外,热风可通过丝网状保持部件 32、排气循环罩 33 而循环再次使用。

[0137] (已升温的中间粉末压坯的装入)

[0138] 已升温的中间粉末压坯 110 如图 3B 所示靠工件传送装置 50(传送杆 52)传动到第二加压成形机 40,定位在下模具 41 的上方,装到在下模具 41(腔体 42)内的可动部件 43 上(图 1 的步骤 PR4)。

[0139] (模具的预热)

[0140] 在第二加压成形机 40 中,选择了启动时,第二预热装置 47 启动,在接收中间粉末压坯 110 (被装入)以前,加热模具 [下模具 41 (第二模具 41D)] 到润滑剂粉末的相当于熔点的温度(例如 120°C)。可防止之后接收的已升温的中间粉末压坯 110 内的润滑剂的再次固化。形成圆盘形粉末压坯时,上下模具与图 2、图 3A、图 3B 时不同。变为如图 6 所示的上冲头 45PU、第二模具 41D 及下冲头 41P。

[0141] (完成粉末压坯的成形)

[0142] 上模具 45 如图 3A 所示与图 2 的滑块 5 一同下降,开始以第二加压力 P2 对下模具 41 (腔体 42) 内的中间粉末压坯 110 加压。液体状的润滑剂充分起到润滑作用。尤其是出现出汗现象,随着加压成形的进行润滑剂向所有方向流出。不仅能高效减轻基础金属粒子间也能高效减轻粒子和模具间的摩擦阻力。已压缩的中间粉末压坯 110 的密度 ρ 随着图 4 的特性 B 而升高。即第二加压力 P2 一旦超过横轴指数(例如 30...加压力 3.0Ton/cm²),则密度 ρ 从 6.63g/cm³ 急速升高到与纵轴指数 102 相当的密度 ρ (7.75g / cm³)。一将第二加压力 P2 上升到横轴指数 100 (10Ton / cm²),则密度 ρ (7.75g / cm³) 整体变均匀。例如 8 秒钟的第二加压成形处理一结束,则完成粉末压坯 120 在第二模具(下模具 41) 内成形(图 1 的步骤 PR5)。其后,上模具 45 靠滑块 5 来上升。另外,在第一加压成形机 20 中可同步进行与后续的中间粉末压坯 110 相关的第一加压成形处理。

[0143] (高品质粉末压坯的确保)

[0144] 由于设置为第一模具(第一模具 21D) 的内部尺寸 d1 与第二模具(第二模具 41D) 的内部尺寸 d2 相比小 2.5%,所以中间粉末压坯 110 的外部尺寸 d1 相对完成粉末压坯 120 的外部尺寸 d2 小 2.5%。即从图 7 所示的图表也可明确看出,可切实防止在在完成粉末压坯 120 上产生如图 8B 所示的龟裂 CRCK。可高效生产制造高品质产品。

[0145] (产品取出)

[0146] 第二取出装置(43) 启动,完成粉末压坯 120 被推高到传送面 HL。即从下模具 41 取出。于是如图 3B 所示,工件传送装置 50 启动,靠其传送杆 53 将完成粉末压坯 120 传送到排出槽 59。在这一阶段,可动部件 43 返回到下方的初始位置。相当于纵轴指数 102 的密度 ρ (7.75g / cm³) 的完成粉末压坯 120 由于润滑剂粉末熔点低所以玻璃材质不会变质、熔解。因此,涡流损耗小,可高效地制造磁通密度高的高品质磁心用粉末压坯。

[0147] (制造周期)

[0148] 由于采用实施以上各步骤的高密度成形装置,可对依次供给填充的金属粉末(混合粉末 100) 同步实施第一加压成形处理、加热升温处理及第二加压成形处理,所以可在最长的加热升温处理时间(例如 10 秒) 上加上工件传送时间(例如 2 ~ 4 秒) 后得到的 12 ~ 14 秒的周期时间内制造出高密度粉末压坯(完成粉末压坯 120)。理解为即便是与以往例中 30 分钟以上的高温烧结处理时间相比,制造、生产时间仍显著提高。例如可稳定供给小型轻量复杂形状机械强度高的汽车用部件或磁特性及机械强度优越的电磁设备,还可对降低这些的生产成本做出很大贡献。

[0149] 这样,由于采用该实施方式可将混合粉末 100 装填到相对于第二模具(第二模具 41D) 的内部尺寸 d2 (100%),内部尺寸小 2.5%的第一模具(第一模具 21D) 中,所述混合粉末 100 是基础金属粉末中混合低熔点の润滑剂粉末的混合物,在第一模具(下模具 21) 内施

加第一加压力 P1 成形中间粉末压坯 110, 将加热并积极升温到润滑剂粉末的相当于熔点的温度的中间粉末压坯 110 装入第二模具(下模具 41) 且施加第二加压力 P2 成形完成粉末压坯 120 的高密度成形方法, 所以可切实稳定地制造高密度粉末压坯并可大幅降低制造成本, 并且可高成品率地制造没有龟裂 CRCK 的高品质粉末压坯。

[0150] 再有, 由于可去除高温下长时间的烧结处理, 所以不仅可大幅抑制粉末压坯 110、120 的氧化, 且可实现能源消耗的高利用率及制造成本的大幅降低。在保护地球环境方面也受到欢迎。

[0151] 再有, 由于润滑剂粉末的熔点属于 $90^{\circ}\text{C} \sim 190^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内的低熔点, 所以可有助于抑制第一加压步骤中的润滑剂的氧化且可保证充分的润滑作用。并且润滑剂的选择性更加广泛。

[0152] 再有, 由于可在通过第二预热装置 47 在放入中间粉末压坯 110 前预热第二模具(下模具 41, 第二模具 41D), 所以可进一步提高第二加压成形中已熔解的润滑剂向所有方向的流动性。即不仅可以大幅减少基础金属粒子间而且可以减少粒子和第二模具间的摩擦阻力并加以保持。

[0153] 再有, 即便将基础金属粉末变更为磁心用玻璃质绝缘涂层被覆铁粉末、磁心用铁基非晶粉末、磁心用 Fe-Si 合金粉末的任意一种, 其他条件相同, 也可高效制造与基础金属粉末的种类对应的具有优越的磁特性的磁心部件。

[0154] 再有, 由于可将第二加压力 P2 的值设为与第一加压力 P 的值相等, 所以容易进行加压成形步骤的实施及其操作, 既可以间接有助于进一步降低粉末压坯的制造成本, 并且在实现装置时也可以例如以一台冲压机械为基础简化构造。

[0155] 综上所述, 依靠现有装置(例如冲压机械) 的能力(图 4 的横轴指数 100) 将密度升高到相当于纵轴指数 100 以上是不可能的; 反之, 采用本实用新型可以用同一装置升高到相当于纵轴指数 102 的密度。这一事实在该技术领域被赞誉为具有划时代意义。

[0156] 进而, 由于高密度化装置 1 由混合粉末供给机 10、第一加压成形机 20、加热升温机 30 以及第二加压成形机 40 构成, 所以可切实稳定地实施上述的高密度化方法。

[0157] (第二实施方式)

[0158] 该实施方式如图 6 所示。与第一实施方式的情况相比, 其特征在于混合粉末供给机 10 及第一加压成形机 20 照原样设置, 加热升温机 30 和第二加压成形机 40 一体构成。

[0159] 即高密度成形装置由一体组装有第一实施方式时的加热升温机 30 的功能和第二加压成形机 40 的功能的加热加压成形机 70 形成。加热加压成形机 70 由多台(在该实施方式中是两台)加热加压成形分机 70A、70B 形成, 各加热加压成形分机 70A、70B 设置为通过未图示的控制装置在每个制造周期内可选择依次动作。

[0160] 各加热加压成形分机 70A (70B) 的基本构造设置为与第一实施方式中第二加压成形机 40 相同。再有, 各加热加压成形分机 70A (70B) 中, 安装有具备与第一实施方式的加热升温机 30 及第二预热装置 47 的各功能对应的复合功能的多功能型加热装置 48。

[0161] 即多功能型加热装置 48 设置为具有设定温度切换功能的电热方式。可事先(在接收中间粉末压坯 110 以前) 将下模具 41 预热到润滑剂相当于熔点的温度(120°C)。接收中间粉末压坯 110 后, 加大切换可将中间粉末压坯 110 整体加热升温到润滑剂相当于熔点的温度(120°C)的发热量。可选择切换加热部位。在该加热升温结束后与第一实施方式的第

二加压成形机 40 的情况相同进行第二加热成形处理。多功能型加热装置 48 工作,可在第二加热成形处理中将中间粉末压坯 110 的温度保持在润滑剂相当于熔点的温度(120℃)以上。

[0162] 如图 9 所示,各加热加压成形分机 20、70A、70B 设置为独立冲压机械结构,各滑块 5、5A、5B 靠各机器用电动机的旋转控制驱动其分别做升降运动。即各加热加压成形分机 70A、70B 的一个(另一个)进行加压成形动作时另一个(一个)为预热,不做加压成形动作。考虑到加热加压成形机 70 与制造周期时间的关系即便设置为由三台以上的加热加压成形分机形成的情况也是一样。

[0163] 像此种实施方式的装置,在以第一加热成形机 20 对第 3 个中间粉末压坯 110 进行加压成形期间,一个加热加压成形分机 70A (或 70B) 加热升温第 2 个中间粉末压坯 110 并以另一个加热加压成形分机 70B (或 70A) 将第一个中间粉末压坯 110 成形完成粉末压坯 120。

[0164] 这样,采用该实施方式,由于只需将加热加压成形机 70 构建为由同一结构的多台加压成形分机 70A、70B 构成,所以与第一实施方式时相比可使装置简化。即可促进生产线的简单化,又变得更容易操作。

[0165] 另外,也可用一台冲压机械设置成第一加压成形机 20 和加热加压成形分机 70A (或 70B) 或第一加压成形机 20 及各加热加压成形分机 70A、70B。

[0166] 附图标记说明

- [0167] 1 高密度成形装置
- [0168] 10 混合粉末供给机
- [0169] 20 第一加压成形机
- [0170] 30 加热升温机
- [0171] 40 第二加压成形机
- [0172] 47 第二预热装置
- [0173] 48 多功能型加热装置
- [0174] 50 工件传送装置
- [0175] 70 加热加压成形机
- [0176] 70A, 70B 加热加压成形分机
- [0177] 100 混合粉末
- [0178] 110 中间粉末压坯(混合粉末中间压缩体)
- [0179] 120 完成粉末压坯(混合粉末完成压缩体)
- [0180] CRCK 龟裂
- [0181] d1 第 1 模具内部尺寸
- [0182] d2 第 2 模具内部尺寸

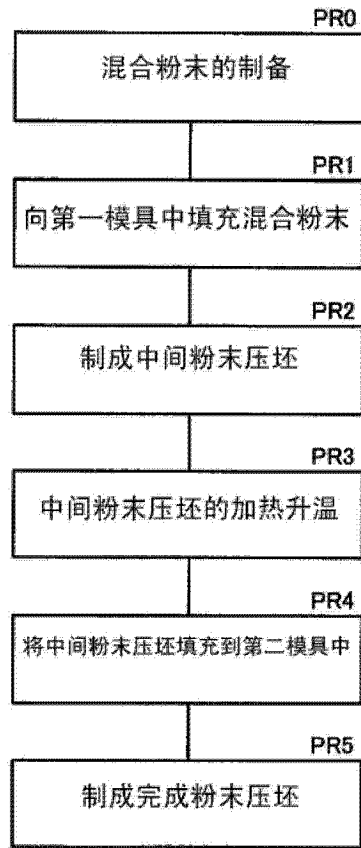


图 1

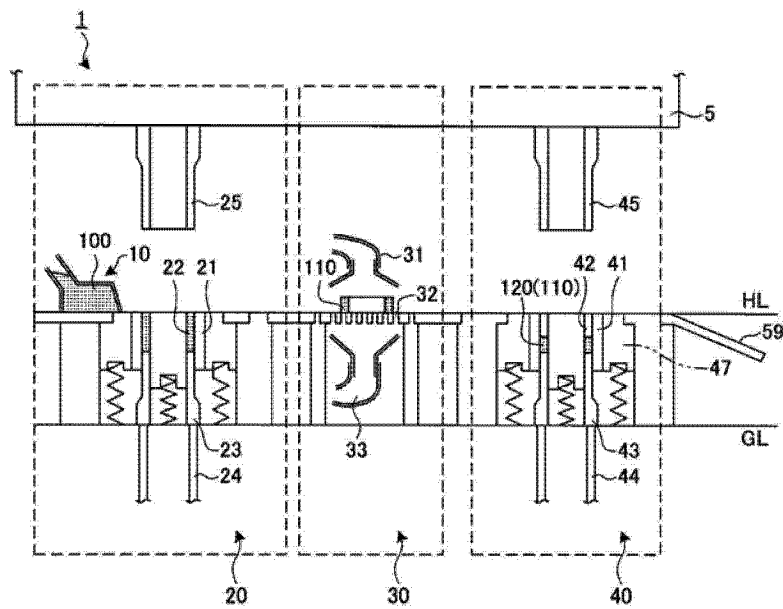


图 2

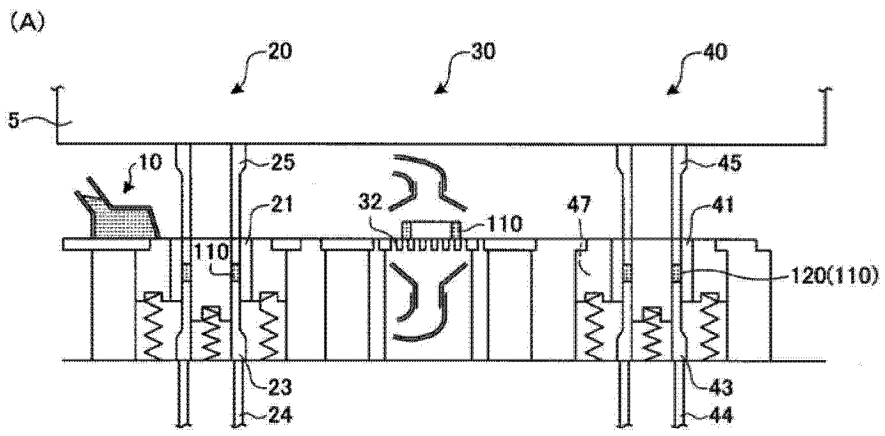


图 3A

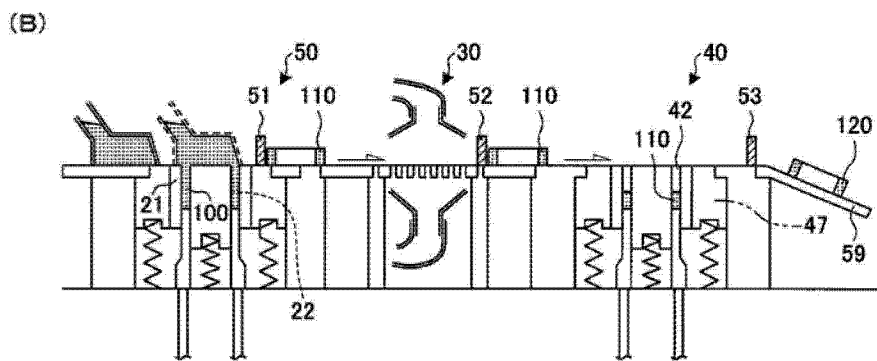


图 3B

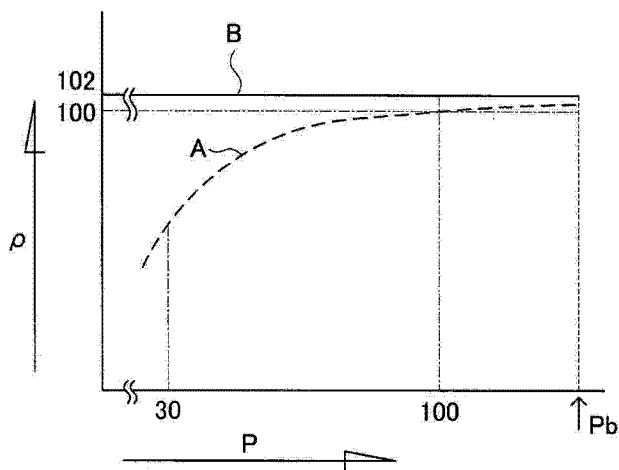


图 4

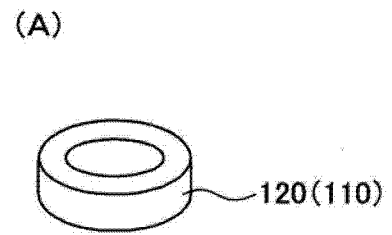


图 5A

(B)

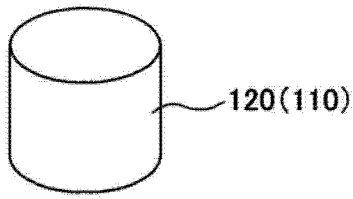


图 5B

(C)

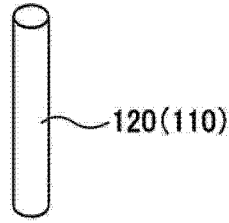


图 5C

(D)



图 5D

(E)

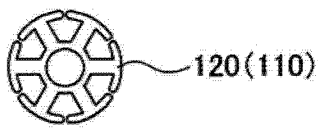


图 5E

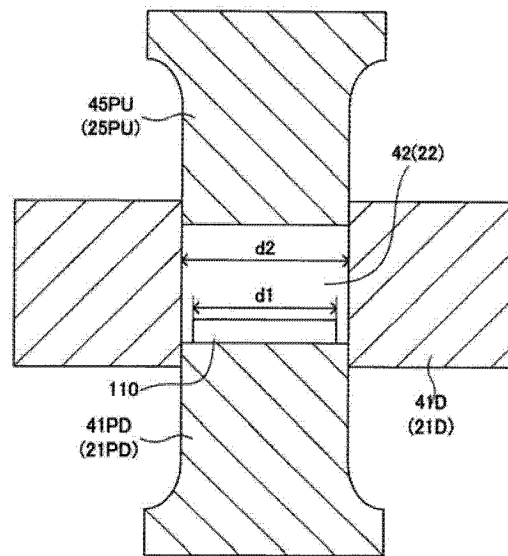


图 6

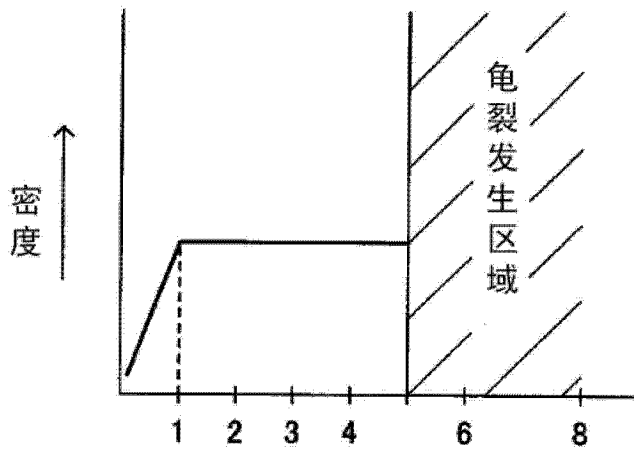


图 7

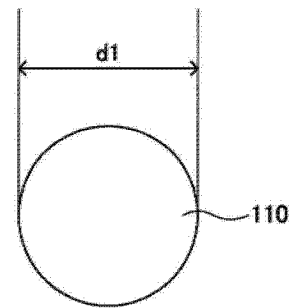


图 8A

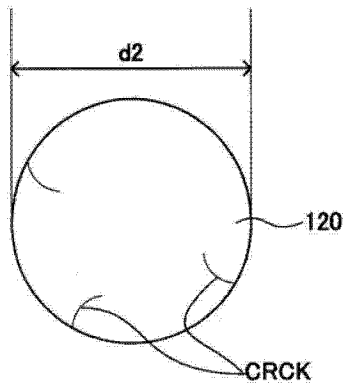


图 8B

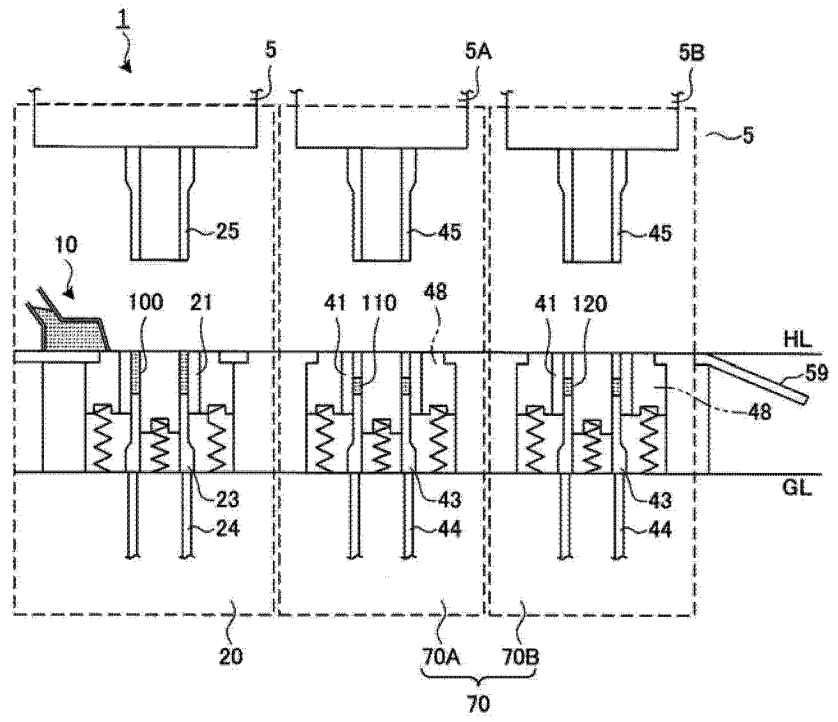


图 9