

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01F 1/08
H01F 41/02
B22F 3/02

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92103558.6

[45]授权公告日 2000年10月25日

[11]授权公告号 CN 1057858C

[22]申请日 1992.5.15 [24]颁证日 2000.7.28

[21]申请号 92103558.6

[30]优先权

[32]1991.5.15 [33]US [31]700,743

[73]专利权人 通用汽车公司

地址 美国密歇根州

[72]发明人 K·A·杨格 J·J·沃登

D·S·柯克 L·J·埃谢尔曼

审查员 崔伯雄

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 章庄杲 林长安

权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 在开式压机中热压磁体

[57]摘要

本发明描述用开式压机热压或/和热加工含稀土元素的合金粉末。仅在压模壁上使用固体润滑剂,并在常温下将含稀土元素的合金粉末压成压坯体。然后使用加热的压模在氩气的保护下在开式压机中将这种压坯体热压成型。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权利要求书

1. 将含稀土元素的粉末合金，其原始组份为 $RE_2 TM_{14}B$ ，压实成致密的永久磁体的方法，其特征是用一个或两个开式压机（10；100）进行两步加压，该压机包括确定接纳物料模腔的压模部件（12，114），其模壁组成预先确定形状的横截面，和相对的加压部件（16，18；104，106）至少有一个加压部件适合在模腔（14；126）内作往复运动，以对放在那里的物料加压；该方法包括：对常温下的模腔壁（12）涂上固体润滑剂膜（50）；在润滑过的模腔（14）内加上预先确定数量、无润滑剂无粘合剂的含稀土元素的合金粉末（52）；通过加压部件（16，18）在常温下将模腔（14）内的粉末52压实成有一定强度能自己保持的生压坯（34）；用干燥的惰性气体（130）充满加热的模压机（100）模腔（126），以取代模腔（126）中的空气，使压模（114）保持在较高的温度以对压坯体（34）进行热压，模腔（126）的形状可接纳生压坯（34），将生压坯（34）放入加热的充满惰性气体的模腔（126），并不断用惰性气体充满模腔（126）；当生压坯被加热到热加工温度时用加压部件（104，106）将生压坯（34）压实成致密体（118），将热的压实的致密体（118）从模腔（126）中取出放到常温的空气中。

2. 按照权利要求1所述的方法，其特征是在常温下加压形成的有一定强度能自己保持的生压坯（34）大约有5克/厘米³的密度或更高。

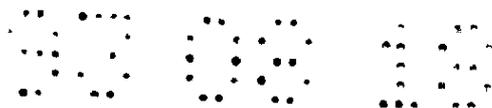
3. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征是固体润滑是通过在

可移动加压部件（16）中的导管（36，40），将散布在挥发性的不可燃的载体中的固体润滑剂颗粒喷撒到常温压机（10）的压模壁上。

4. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征是相对的加压部件是上、下相对的冲头（16，18；104，106），适合在模腔（14；126）内作往复运动，对模腔中的物料加压；将预先确定数量无润滑剂无粘合剂的含有稀土元素的合金粉末（52）加到润滑过的模腔（14）内下冲头（16）之上。

5. 按照权利要求4所述的方法，其特征是热压操作是这样进行，将下冲头（104）提升到排出热压产品（118）的位置，把干燥的惰性气体（130）通入到模腔（126），同时将下冲头（104）逐渐降低到接受工件的位置并不断用该干燥的惰性气体（130）充满扩大的模腔（126）。

6. 按照权利要求4所述的方法，其特征是接着把致密体（118）放到加热的模腔内，该模腔的横截面积要比热压体（118）的大，将该热压体加热到模锻温度，然后模锻成致密的各向异性的磁体。



说明书

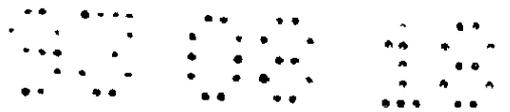
在开式压机中热压磁体

本发明与热压和热加工含稀土元素的粉末合金方法有关，即与将含稀土元素，其原始组份为 $R E_2 T M_{14} B$ 的粉末合金压实成致密的永磁体的方法有关。

如美国专利 US-A-4,802,931 和 US-A-4,851,058 号所公布的那样，用仔细控制的生产永磁材料的工艺，已经熔体旋淬出由要形成 $R E_2 T M_{14} B$ 正方晶相的组份构成的含稀土元素的各种合金。在淬火或过冷淬火再退火的条件下，这种熔体旋淬的材料基本上由正方晶体组成，典型的如 $N d_2 F e_{14} B$ 相。含正方晶体的晶粒都很小，典型的平均晶粒尺寸小于几百毫微米，在它们周围是一个或多个二级晶粒边界相，该边界相形成该组份的永磁特性。这种微粒材料的磁性各向同性，熔体旋淬的带段可粉碎成合适的粉末，再配上合适的粘合材料并模制成有用的粘合永磁体，如美国专利 US-A-4,902,361 所公布的那样。

在需要高能永磁体产品的地方，已知可将熔体旋淬的粉末材料热压成完全致密的永久磁体，如果需要，这种完全致密的磁体还可进一步热加工成形。这些方法已在美国专利 US-A-4,792,367 和 US-A-4,844,754 中公开。

这种微粒状、熔体旋淬的、含稀土元素的材料起初呈带状颗粒或由带段粉碎而成的粉末状。为了对材料热压或进行其它热加工，必须将材

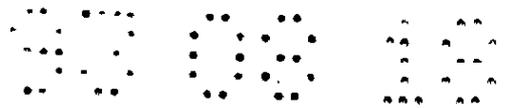


料加热到适合热加工的温度，一般为 700°C 到 800°C 。正如上述美国专利公开的内容一样，要小心地在真空或合适的惰性气体中加热粉末，以便提供干燥无氧的环境防止粉末燃烧。想加工这种容易氧化的含稀土元素的材料时，总是需要提供适宜的保护气体，使稀土元素和其他组份不会被氧化，材料的永久磁性不会衰退。

在粉末冶金中，已知在环境条件下可对合适的可延展的粉末颗粒加压形成压坯体。在室温大气中也可以这样加工生产部分致密的多孔体（在烧结工艺中用大颗粒的稀土元素—过渡金属—硼， RE-TM-B ，各种材料进行加工）。但是，如果这样的 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 压坯体在热加工前进行预热，为了避免其永磁性能的退化，必须进行保护不至于被氧化。很显然，有可能将压机的操作部门包裹在无氧的大气中，如果精确的粉末进料，粉末加热，加压和热加工全都在这种特殊的大气室中进行，对高速生产来说这种设备就太昂贵，不能实行了。这种压机的建造的操作肯定是非常昂贵，操作和维修肯定也是非常繁琐麻烦。

因此，这就需要开发一种对这种含稀土元素的粉末合金材料的热压方法，以及任选的附加的热加工变形法。从而高效、迅速地生产可以应用的永久磁体。本发明总的目标是提供一种方法，用相对比较便宜的开式压机对 RE-TM-B 型粉末材料进行热压如附加的热加工，并提供合适的保护以避免粉末合金材料的氧化和燃烧。

根据本发明压实原始组份为 $\text{RE}_2\text{TM}_{14}\text{B}$ ，含稀土元素的粉末合金的方法，其特征是至少用一个开式压机进行两步加压，该压机包括确定接纳物料模腔的压模部分，其模壁组成预先确定形状的横截面，和相对的加压部件，至少有一个加压部件适合在模腔内作往复运动，以对放在那里的物料加压；该方法包括：对常温下的模腔壁涂上固体润滑剂膜；

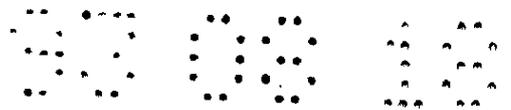


在润滑过的模腔内加上预先确定数量、无润滑剂无粘合剂的含稀土元素的合金粉末；通过加压部件在常温下将模腔内的粉末压实成有一定强度能自己保持的生压坯；用干燥的惰性气体充满加热的模压机模腔，以取代模腔中的空气，使压模保持在较高的温度以对压坯体进行热压，模腔的形状可接纳生压坯，将生压坯放入加热的充满惰性气体的模腔，并不断用惰性气体充满模腔当生压坯被加热到热加工温度时用加压部件将生压坯压实成致密体，并将热的压实的致密体从模腔中取出放到常温的大气中。

按照本发明的最优实施方案，上述和其他的目标如下述可以实现。

实践本发明的初始材料是由相应组份构成的熔体旋淬的带状颗粒或粉末，组份最终形成磁性体，该磁性体基本由正方晶相 $RE_2TM_{14}B$ 构成和少部分是稀土元素含量较高的颗粒边界相。一般用 RE 代表稀土元素，最好这种材料的稀土元素组份至少 60% 是钕和/或镨。过渡金属元素 (TM) 最好是铁或者是铁与钴和少量其他金属的混合物。这种容易压实的初始材料最好是很细的微粒（即小于 50 毫微米）或几乎是非晶形的。热压工艺和附加的任何热加工将压实材料，同时使晶体增长，从而使平均晶粒尺寸增大，但最大的晶粒尺寸还小于约 500 毫微米。该产品有永磁特性。

本发明的方法很适合在开式压机中实现，这类压机有压模，其模壁组成模截面合适的模腔。在这样的压机中，工件材料或型坯插入到模腔中，由加压部件，典型的是上下冲头对其加压。通常相对的加压部件是上下冲头，压模在其整个长度内有均匀的横截面。有时压模有几个台阶，那么冲头也有相应的形状。有时冲头呈筒形。有时冲头由平的砧面代替。本发明可用所有的这种压机的组合来实现。



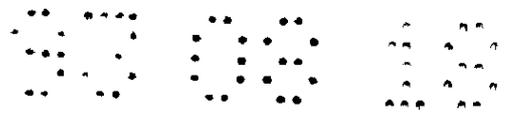
参考常规的双冲头有均匀压模腔的压机操作，上冲头起初是提到压模腔之外。下冲头起初在下部位置，以便打开模腔接纳要加工的物料。然后降低上冲头把模腔闭合，接着机械或液压驱动两个冲头对它们之间的工件加压。冲头与模壁紧密配合，从而封闭要加工的物料，但最好与模壁稍有空间以减少摩擦力和互相的磨损。物料加压后将上冲头抬起到模腔之外，并提起下冲头将加压过工件提高到压模的顶部边缘，从而可将工件取出。这种过程不断循环。

按照本发明，用两步加压法生产热压成形完全致密的永磁体。

上述组份的粉末材料，其加入量根据所需工件的尺寸确定，在常温和大气中首先加压成生压坯。这种加压可以称为冷压。冷压的压坯体有高于 5 克/厘米³ 左右的密度比较合适，最好是 5.3 到 5.5 克/厘米³。形成这样的压坯体，部分是要减小氧化的颗粒表面，改善整个质量的热传递。

在这种冷压操作中，在压机的压模壁上形成一层固体压模润滑剂，例如特氟隆（商标）粉末的膜。没有润滑剂和粘合剂与含稀土元素的粉末混合，因为这材料很容易反应，粉末的化学变化将使永磁特性退化。

特氟隆或类似的润滑剂最好以悬浮液的形式进行应用，将粉末撒布在不燃、高挥发性、能帮助分散粉末的液体载体中。关于这方面最好应用含有合适的碳氟化合物的液体。最好对模腔壁应用含有液态特氟隆的混合物，通过在下冲头上合适的小孔，在上次形成的压坯体被排出压模之后，下冲头移动到最低位置以接纳下次熔体旋淬的粉末时进行。然后驱动上冲头，与下冲头相对冷压粉末使之成多孔的生压坯。干燥的压模壁膜有利于加压和使压坯体成一整体从模中取出。这个过程一般可在一秒到六秒钟内重复一次，取决于压坯体尺寸的大小和其形状的复杂程度。



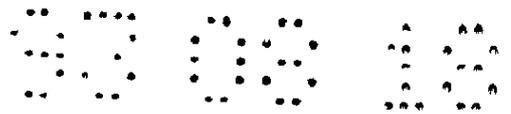
生压坯形成后就准备在另一台开式压机中热加工。一般使用不同的压机因为要对机具和工件进行加热以加速热压操作，同时还需要热阻较大的机具材料。在热压操作中冲头的运动与干燥的惰性气体引入相协调，如将干燥的氩气引入到模腔。将上冲头提升到模腔之上，下冲头在它的最高位置以把上次热压工件排出之时开始，用干燥的氩气充满模腔。下面将详细描述这种优化的机械机构。当下冲头下降到接受冷压工件位置时，不断用氩气流满逐渐扩大的模腔，以把空气吹扫出去。

压模本身最好维持在适合热加工和进行热操作的温度，即 870°C 。工件放入到热的，相对大一点的模腔内，躺在热的下冲头之上，然后下降上冲头，接着对工件加压。压实的工件几乎立刻被加热到这个温度（ 700°C 到 800°C ），这温度允许工件迅速被压成致密的磁体。加压后，上冲头提起离开模腔，下冲头抬起热压磁体将其从模腔中排出。在正常大气中使完全致密体冷却。这个过程可在25秒到90秒之内重复一次，取决于工件的尺寸。

冷却后热加工体用作各向同性的永磁体。热加工产生永磁特性的合适晶粒尺寸。当需要各向异性永磁体时，可对热压体进一步热加工使其变形成另一种体，在该体内小的 $2-14-1$ 晶粒变平，并互相对齐。这种操作，例如可在较大的压模内进行，即为使用开式压机和方法的模锻已知工艺。冷却后模锻所得的产品具有优化的磁化方向，该方向与加压方向平行，该产品具有极强的永磁。上述的两种热压操作和这种模锻操作所获得的永磁体几乎不需要最终加工。

本发明的其他目标和优点从下面参考附图的详细描述中将会变得很清楚，附图有：

图1 a到1 d是示意图，部分呈剖面，显示冷成形的开式压机，图



示冷压成形的各个步骤，包括通过下冲头喷撒润滑模腔；和

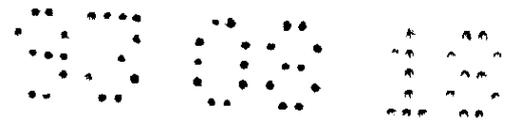
图 2 a 到 2 d 是开式热压机的示意图，部分呈剖面，图示冷压坯热压的各个步骤，包括用干燥的惰性气体充满热模腔的优化方法。

总结上述，本发明的工艺包括两步加压以制造致密的磁性体，需要的第三步加工是致密体附加的热加工或热变形以生产永磁性更强的各向异性的磁体。工艺中的前二步是加压，可在常规的压机中进行。的确，本发明的一个优点就是两个加压工序可在开式压机中进行。

在描述过程中将要参考附图，在附图中只显示了压机很上的一部分，即显示压模和上下冲头，因为压机的这一部分包含了本发明工艺的特点。本发明的优化实施方案图示制造直圆柱形的传感器磁体。但是应理解通过改变压模的横截面和冲头形状也可生产其他的磁体。同时也应理解其他压机结构也可应用，如一个冲头的砧压，需要模芯的圆环压、和组合压机，即生产转子或分路器的磁体，压模的形状也有格模和阶模等。

所以图 1 a 至 1 d 只描述了开式、在环境条件下操作的冷压机 1 0 的一小部分。冷压机 1 0 有压模块 1 2，模块有圆筒形的模腔 1 4。下冲头机构 1 6 可在模腔 1 4 内作往复运动。上冲头 1 8 也可在模腔内上下移动。上冲头托架 2 0 可滑动地保持和引导上冲头 1 8。上冲头 1 8 有圆的平的冲头面 2 2。如图 1 a 和 1 b 所示，上冲头 1 8 已被提升到它的最高位置，以便于从冷压机的模腔中取出压坯，和加上新的微粒起始材料。

下冲头 1 6 包括头部 2 4，带有平的表面 2 6，头部的横截面是圆形的，适合与模腔 1 4 的壁紧密配合。下冲头 1 6 包括直径较小的柱体部分 2 8。下冲头 1 6 还包括在模块 1 2 下面扩大的基座 3 0。如图 1 a 所示，下冲头被抬高到它的最高位置，其面 2 6 刚好高出模块 1 2 的



上表面 3 2。在这个位置，下冲头 1 6 把刚压成的 R E - T M - B 微粒组成的冷压坯体 3 4 抬起。在压机加压冲程的末端由机架或其他机构（未显示）把冷压坯体 3 4 推到一边。

这种冷压坯体是上述类型的 R E - T M - B 微粒组成的多孔生压坯。它的密度高于 5 克 / 厘米³，按照本发明热压工艺有很高使用价值，如果需要，这压坯体可进一步热加工成完全致密的磁体，有优良的永磁特性。

随着冷压坯体 3 4 的取出，将下冲头 1 6 下降到在压机操作中它的最低位置（如图 1 6 所示）。在下降的过程中下冲头进行本发明方法的一项重要工作。在下冲头的中心有一根中心轴向导管 3 6，从下冲头的基座 3 0 沿着柱体 2 8 的长度伸展到头部 2 4。轴向导管 3 6 可钻孔形成，从基座 3 0 向上钻孔通过柱体 2 8 到头部 2 4，然后用塞子 3 8 塞住基座上的出口。塞子 3 8 最好与基座 3 0 的底面平齐，以便机械驱动的压机可以按基座的底面操作，抬起或下降下冲头 1 6。

在基座 3 0 内装设横向导管 4 0，它与轴向导管 3 6 相交。导管 4 0 带有螺纹以接纳管接头 4 2 和供料管 4 4，下面将描述供料管的使用目的。在冲头的头部 2 4 钻出比轴向导管 3 6 直径小的第二横向导管 4 6。小导管 4 6 沿直径横穿过冲头的头部 2 4，出口在机械加工成的圆环 4 8 中，圆环与冲头的面 2 6 平行，位于轴向导管 3 6 的顶端稍下一步。这样下冲头 1 6 就有连续的内部通道，从管 4 4 经过交叉导管 4 0 到轴向管 3 6，再到在冲头的头部 2 4 中的小的出口管 4 6。这个通道的目的是输送合适的润滑剂给模腔 1 4 的壁表面。

在本发明的方法中润滑剂系列的选择是很重要的。润滑剂不与容易固化的颗粒混合，这些颗粒在本发明这步中要压实成生压坯体。组份中

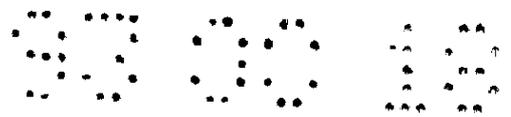
的稀土元素很活泼，对残留的润滑剂很敏感容易引起品质退化，特别是在压坯体储存和热压过程中。通过上述在下冲头中的导管将润滑剂涂到模壁上。最好是用固体润滑剂。固体润滑剂最好含有特氟隆颗粒。通过液相载体涂敷特氟隆颗粒。比较合适的混合物是体积百分比90%是液相载体，10%是特氟隆颗粒。液体应是能悬浮特氟隆颗粒的材料，那么将混合物搅拌就可带着颗粒通过下冲头的管子和导管网。载体必须是不燃的物料，并很容易从模壁挥发。

本发明所用的合适的载体是分子中最好有2到8个碳原子的链烃的全氟衍生物。全氟化的己烷或辛烷比较合适。这些分子可以是链形也可以是环形。最好是用全氟化的己烷。这种材料能使润滑剂粉末悬浮，同时又不会与压坯中所含的稀土元素反应。

这样，体积百分比90%为液相碳氟化合物，10%为特氟隆粉末的混合物已制备好，放在另一个容器内（在图中没有显示）。将混合物搅拌并把它从容器输送到管44，通过导管40，36和46到压模12的模腔壁14。容器和输送系统（未显示）应适合在压力下输送流体混合物。

现在参考图1a和1b，如图1a所示当下冲头在它最高点时对润滑剂混合物加压。当下冲头在模腔内下降，直到它到达图1b所示的位置，在这个过程中，对流体混合物加压，使流体混合物在模腔壁14涂上一层膜50。润滑剂混合物中的液相载体蒸发很快，虽然有一点残留。本发明使用全氟化组份的另一个重要特点是，这种物质如果残留在冷压坯体的表面，也不会对它的永磁特性产生有害的影响。

这样，当下冲头16在它的下部位置，上冲头18在它的上部位置，



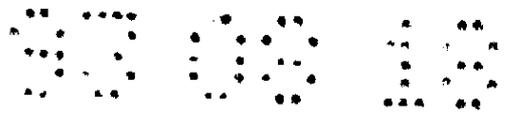
模腔（图 1 b）壁上已涂上润滑剂膜时，腔 1 4 已准备好接受粉末状的容易固化的铁—钽—硼材料。这种材料以松散的形式加料到压模的下部。料是从漏斗（未显示）加入到压模中，它可用任何合适的方法测量加入到模腔 1 4 中的量，例如用体积计量。如图 1 c 所示，粉状材料 5 2 现已在压模中，充满了下冲头上方的模腔。

当颗粒材料 5 2 装入压模中，上冲头 1 8 就下降封闭模腔 1 4。上下冲头加压以使粉末压实成生压块 3 4。在这个例子中所加的压力约为 3 8 6， 1 1 M P a（兆帕）（ 2 5 吨 / 平方英寸）。图 1 d 显示的上下冲头位置，表示颗粒已被压实成生压坯 3 4，这是本发明方法的一个重要方面。

一旦加压完成，上冲头 1 8 就提起到它的上部位置如图 1 a 所示，下冲头抬起以把生压坯 3 4 排出压模，取出压坯 3 4，过程重复。这种冷压过程典型的每个周期需要一至六秒钟，在环境条件下进行。冷压坯在它的外表面上可能有微量的特氟隆粉末，也可能有微量的液相载体，但液相载体的组份不会对铁—钽型材料的永磁特性产生有害的影响。

这就完成了本发明工艺的第一步。重要的是要注意只在模壁上涂抹润滑剂，对所用的固体润滑剂，最好是特氟隆，挑选液相载体在生压坯的形成过程中是极其重要的，使生压坯在生产的时间周期内按所用的材料组成合适的密度，并使该材料随时间的增长它的特性不会衰退。

铁—钽型颗粒材料制成的生压坯是接着要热压的预制件。这些预制件在热压操作之前都涂上卸模润滑剂。本方法比较合适的卸模润滑剂是氮化硼粉末在异丙基乙醇载体中的悬浮液。用任何合适的方法将该悬浮液喷撒到压坯体上，然后干燥压坯体使异丙基乙醇挥发，留下很细氮化硼的颗粒在预制件的外表面上形成一涂层。



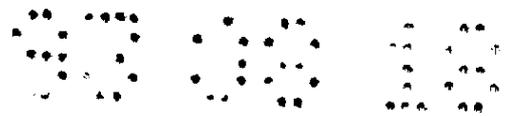
可用任何合适的设备，例如常规的喷漆设备来涂抹润滑剂，已经发现将预制件放在有很多圆柱形腔的盘中很有用，该腔的尺寸可接纳一半预制件。这样一盘几个预制件就可用润滑剂同时喷涂它们本身的一半，将盘倒过来，再用一个类似的盘接受已喷涂好的一半，每个预制件的另一半再用润滑剂喷涂。

冷压坯预制件的密度约为用作永磁材料完全压实的铁-钕-硼体密度的70%。尽管通过冷压过程已将松散粉末的多孔性去除不少，预制件仍有很多孔，对氧化很敏感，在空气中加热提高温度，如果没有燃烧的话也极易氧化。但是使用本发明预制件的一个优点是，材料已经足够致密，可很快地加热到热压的温度。本发明热压这步的方法将说明怎样在很短的加压周期内完成热压，并且当预制件在热加工的温度下时保护它免于氧化。

本发明热压这步使用开式热压机。尽管有可能使用一个压机顺序执行本发明的冷压和热压两步工艺，但最好还是用两个压机，因为一个压机需要在压模和冲头之间把工件加热。但两个压机可以都是开式压机。

现在参考图2 a到2 d，下面将描述本发明中的热压操作。图中并没有显示整个热压机100，仅表示出压模区102，下冲头104，上冲头106和上冲头托架108。上冲头106通过引导部件110由适当的加热机构，如电阻加热器112加热。压模114由电阻加热器116或其他合适的加热器加热，而下冲头104通过压模114加热。这样压模和上下冲头都能被加热，从而使压机这个区域的温度提高到合适的热压温度。

图2 a显示热压机100各元件的位置，它们在刚好完成一个热压周期的位置上。完全压实的永久磁体刚被下冲头104排出压模114，



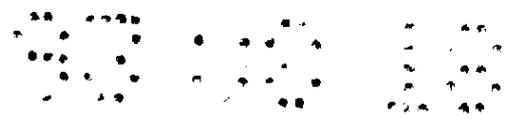
销在模体盖 1 2 0 上，已由机器人臂或推架（未显示）推离下冲头 114 的平面 1 2 2。在热压机 1 0 0 这部分的下半部，模体盖 1 2 0 是放在集流部件 1 2 4 的上面，该集流部件将氩气或其他合适的干燥惰性气体输送到压模腔。在集流部件 1 2 4 的下面是加热的压模 1 1 4。压模 1 1 4 有直圆柱形的模腔 1 2 6（图 2 c），其大小能接纳生压坯 3 4。

由于这些压机部件是在热压温度下操作，约 8 7 0 °C 左右，将含活泼的稀土元素的压坯加热和热压，所以这些部件必须由能耐这样温度并能阻止反应的材料制成。压模 1 1 4 最好由镍铝氧石制成。上冲头 106 和下冲头 1 0 4 最好由 7 1 8 镍铬铁耐热合金或其他合适的耐高温材料制成。

在图 2 a 中，下冲头 1 0 4 是在它的最高位置。集流部件 1 2 4 包括导管 1 2 8 用来输送干燥的氩气（在图 2 b 和 2 c 中用气体云 1 3 0 表示）到模腔 1 2 6，集流部件 1 2 4 的内腔 1 3 4 中有环形圈 1 3 2，其尺寸可接受下冲头 1 0 4。模体盖 1 2 0 也有圆柱形的开口 1 3 6 以交替接受上冲头 1 0 6 和下冲头 1 0 4。并其尺寸比冲头略大一些，以允许氩气围绕下冲头 1 0 4 流动，并将整个模腔内的氩气吹扫出模体盖 1 2 0（见图 2 b 和 2 c）。

再看图 2 a，上冲头 1 0 6 也在它的最高位置。上冲头 1 0 6 由合适的压机支持部件 1 3 8 和导引部件 1 1 0 支撑和引导。

最好氩气能连续输送到集流体 1 2 4。这样，即使下冲头在它的上部位置，如图 2 a 所示，小股氩气流也能不断围绕下冲头 1 0 4 流动。接着下冲头 1 0 4 下降到刚好低于氩气输送导管 1 2 8 的位置。氩气大量连续流入，吹扫因下冲头 1 0 4 的下降冲程可能引入到模腔内的氩气。由适当的自动臂（未显示）将冷压预制件 3 4 放入到集流部件内腔 134，



如图 2 b 所示。在图 2 b 和 2 c 中用气体云 1 3 0 示意地表示氩气的连续流动。然后下冲头 1 0 4 进一步下降，放在下冲头 1 0 4 上的压坯 34 向下进入到镍铝氧石制成的压模 1 1 4 的模腔 1 2 6。氩气不断地流入集流部件内腔 1 3 4 和模腔 1 2 6，把氧气和潮气都吹扫出去。如图 2 d 所示，热的上冲头 1 0 6 向下进入加压位置，与下冲头 1 0 4 一起对压坯 3 4 加压。就在这个位置，热冲头之间的加压和热的压模，把大量热量，传给压坯 3 4，将压坯的温度提高到 7 0 0 °C 左右。机器对冲头的负荷增加，它们对压坯加上大约 9 2 . 6 7 M P a (6 吨 / 平方英寸) 的压力，压坯在热模腔内压实成为完全致密体 1 1 8，取决于合金的组份，其密度约在 7 . 4 ~ 7 . 6 克 / 厘米³。如图 2 d 所示一旦加压过程完成，上冲头就提起，接着下冲头提起，把压坯体提高到模体盖 1 2 0 的上表面，如图 2 a 所示，接着将完全致密体 1 1 8 从压模区 1 0 2 推开。

这工艺还有几个特点，从而产生迅速热压成形的操作。用氩气吹扫压模的整个过程，把冷压成形的生坯装入模腔，通过从热的压模和冲头的热传递对生坯加热，把生坯压成完全致密体，从模中把热压成品排出，整个过程需要 2 5 到 9 0 秒，取决于部件的尺寸（重量）。

从围绕冲头的集流部件连续吹扫压模，将氩气不断从压模内吹扫出去；使用冷压预制件，虽然预制件不十分致密和对氧化敏感，但已足够致密可在压模内迅速加热。这两者都有利于加快操作。注意最好在预制件加入到压模中之前不要对其加热，因为在此之前加热需要特殊的保护措施以避免它氧化。

用上述方法生产的热压永磁体在使用前几乎不需要附加的机械加工。可能需要去掉一些毛刺，但极少需要研磨或其他机械加工。按照磁化强

度永磁体显示最大的能量，约为 119318 AT/m （15兆高斯奥斯特），这也取决于组份。他们是完全压实，其磁性呈各向异性，虽然他们的磁特性基本上各向同性的。在很多应用永磁体的场合中他们是很有用的。如图 2 a 和 2 d 中所示热压操作中生产的小型圆柱永磁体可用于磁阻速度传感器中反时针刹车系统或其他类似的地方。

在许多应用中希望对完全压实的磁体进一步热加工使其变形产生金属材料内的流动，将 2-14-1 型颗粒对齐从而提供各向异性的磁体。这种磁体可呈现的最大能量为 238635 到 357952.5 AT/m （30到45兆高斯奥斯特），取决于其组份和热加工程度。

对图 2 a 到 2 d 显示的工艺制作的热压体再进行附加热加工的一条合适途径是模锻操作。在模锻中，将完全压实体放入比它大的热压模中，从而当冲头加压时压实体向侧面流动，其高度压缩，变成由压模和上下冲头确定的模腔形状。采用形状合适的冲头，形状合适的热压制成品，结构合适的压模腔，可以使完全致密体产生显著的变形，使其体内 2-14-1 晶粒几乎完全对齐。上述所得的产品是极强的永磁体。

按照本发明，工艺第二步生产的完全致密体可以经受任何合适的热加工如模锻，锻造，热轧以及其他相似的热加工。

一般来说，由于现在磁体本身要产生变形，所以用锻造或热加工型的润滑剂如石墨粉去润滑磁体可能是有用的。

由于模锻或其他热加工的原始工件是完全致密体本身，所以在它进入到热加工设备之前在空气中预热到一定程度可能是有益的。或者致密体可以在不加热的状态下加入到开式热压模中，如热压操作所说明的那样。

作为终结和结论，本发明至少包括两步和任选的第三步。方法的第

一步是冷压工艺，将容易固化的颗粒材料在涂有固体润滑剂的模腔内压实成为冷压坯体。如果有模芯，固体润滑剂也可用在模芯上。选择固体润滑剂，以使它不会污染冷压坯体，而有利于冷压坯体的压缩和取出。

工艺的第二步将冷压坯体放入干燥惰性气体吹扫的热压模腔内，在合适的热加工温度下迅速加压使坯体变成完全致密体。这样获得的产品可用作永磁体，在许多应用中，两步法生产出非常实用的产品。如希望永磁体内 2 - 1 4 - 1 型晶粒达到整齐排列，可对完全致密体进行进一步热加工以形成各向异性的永磁体。

本发明已按照几个特殊的实施方案进行了描述，可以理解，熟悉本工艺的人员可很容易地采用本发明的其它形式。因此认为本发明的范围仅受下列权利要求范围的限制。

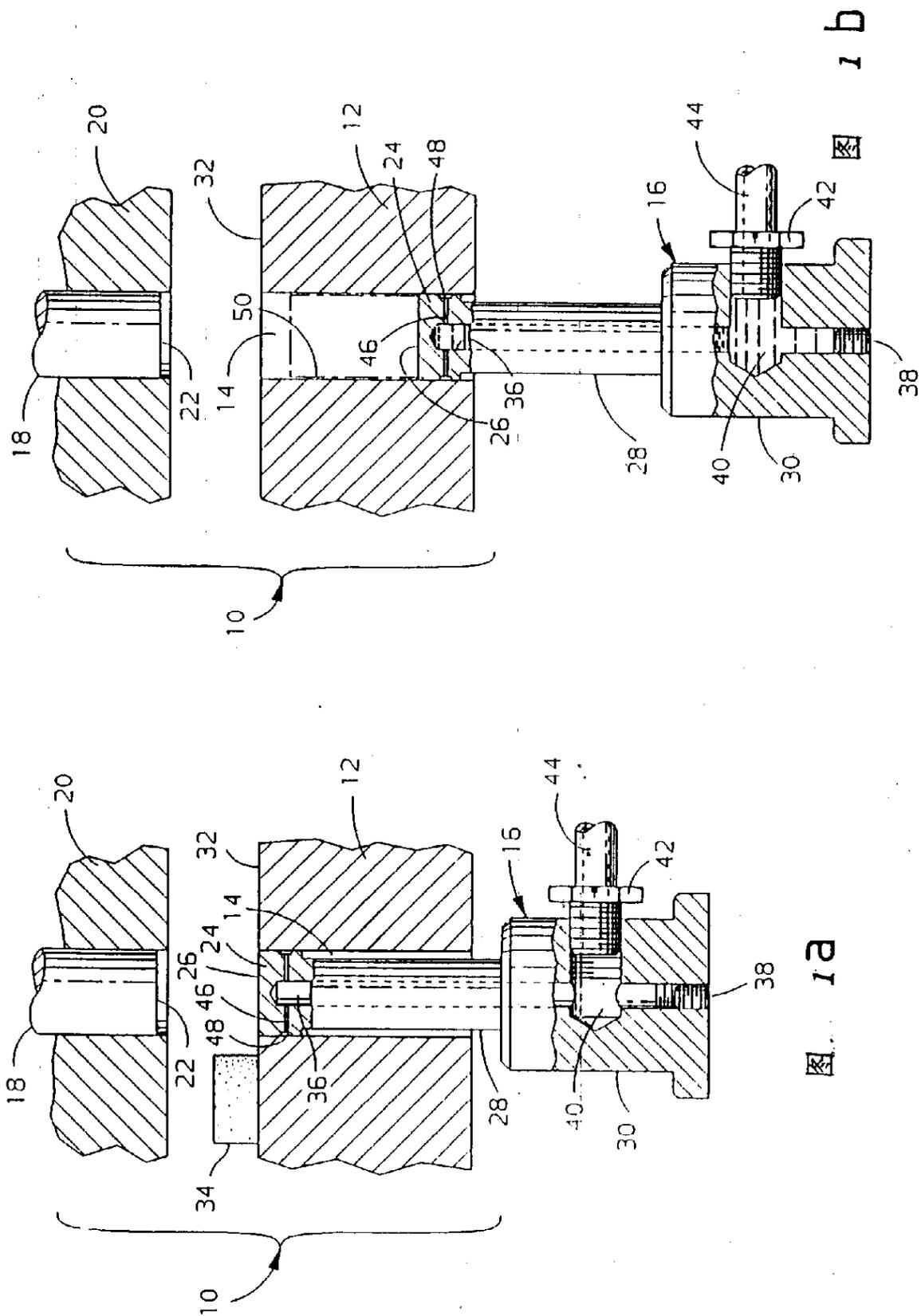


图 1a

图 1b

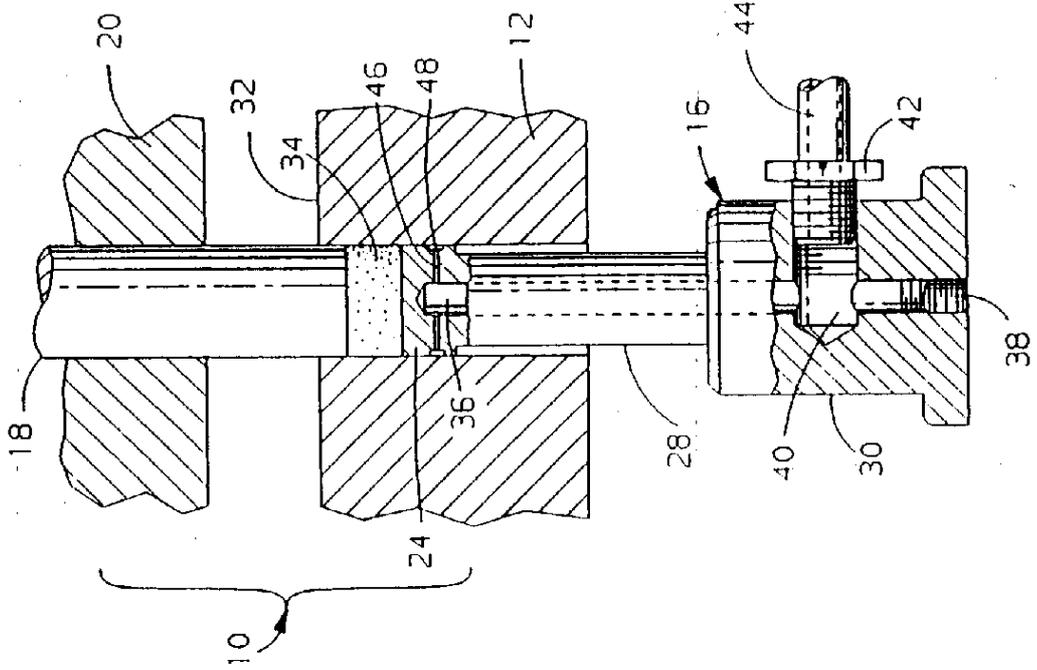


图 1C

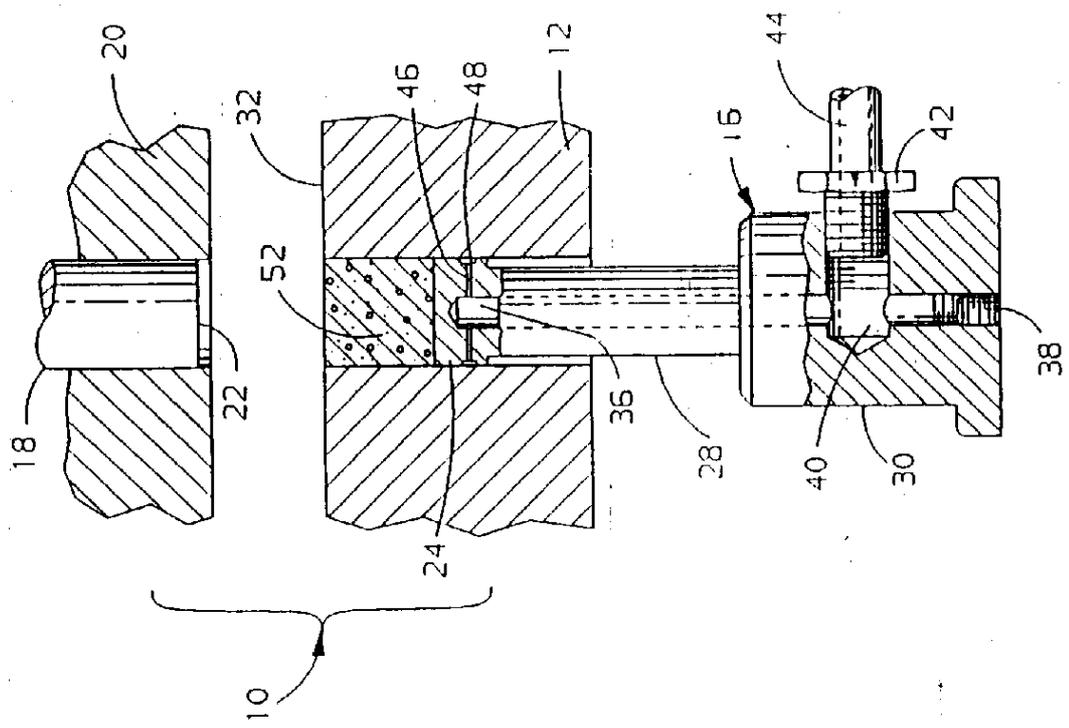


图 1D

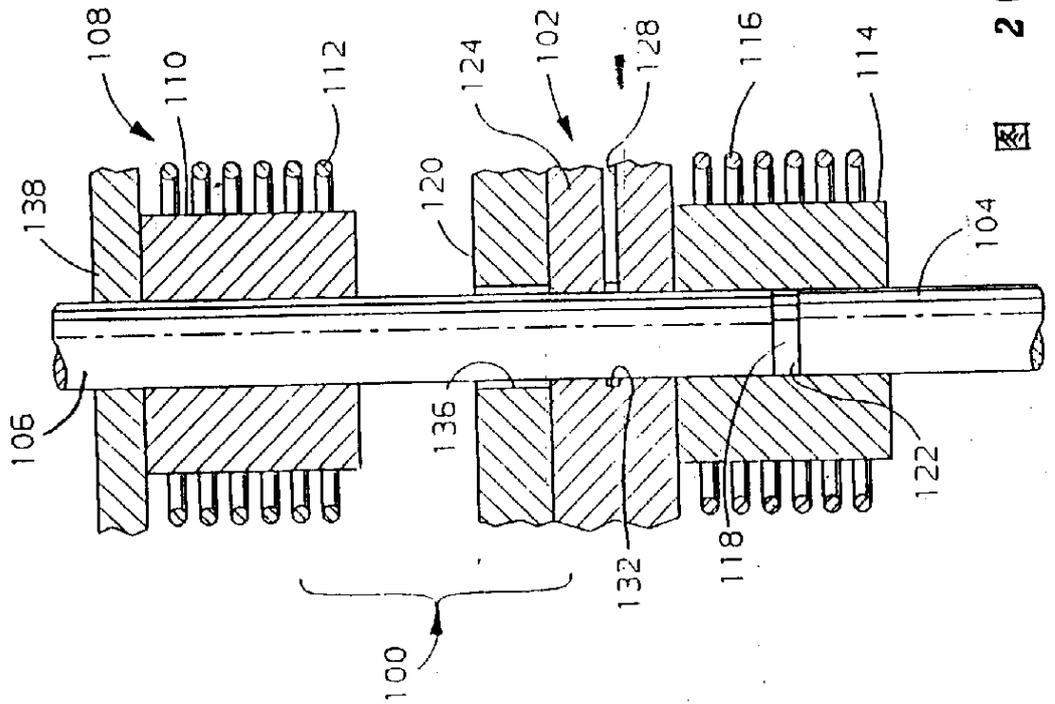


图 2d

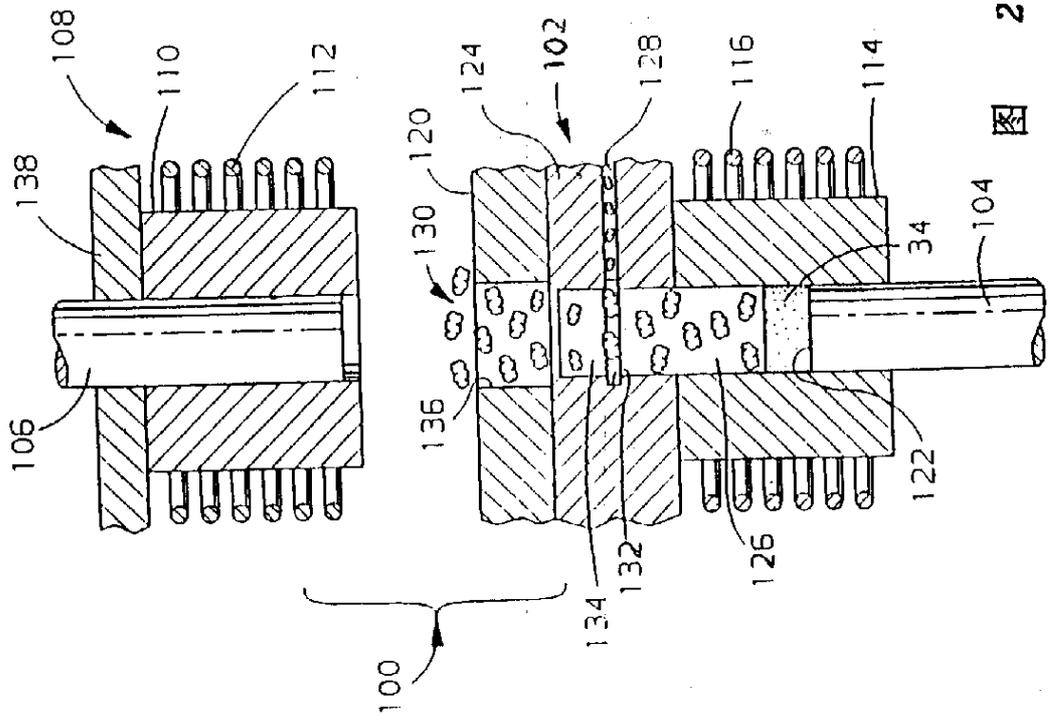


图 2c