



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101199030 B

(45) 授权公告日 2011.01.19

(21) 申请号 200680021711.0

(22) 申请日 2006.06.15

(30) 优先权数据

0501378-4 2005.06.15 SE

60/702,996 2005.07.28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007.12.17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SE2006/000722 2006.06.15

(87) PCT申请的公布数据

WO2006/135324 EN 2006.12.21

(73) 专利权人 霍加纳斯股份有限公司

地址 瑞典霍加纳斯

(72) 发明人 B·斯卡尔曼 叶舟 P·扬松

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 杨晓光 李峥

(51) Int. Cl.

H01F 1/24 (2006.01)

H01F 3/08 (2006.01)

B22F 1/02 (2006.01)

审查员 王光军

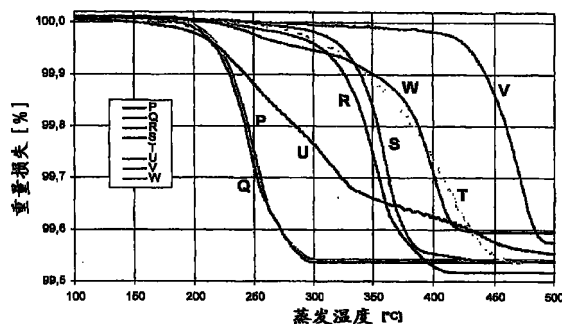
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 2 页

(54) 发明名称

软磁性复合材料

(57) 摘要

本发明涉及一种制造软磁性复合部件的方法,该方法包括的步骤有:对粉末组分进行模具压制成型,所述粉末组分由软磁性铁或铁基粉末、以及有机润滑剂的混合物构成,其中所述铁或铁基粉末的芯材料由电绝缘的无机涂层所包围,有机润滑剂的量占所述组分重量的 0.05 到 1.5%,所述有机润滑剂不含金属,并且其蒸发温度低于所述涂层的分解温度;将所述压制件从所述模具中弹出;将所述压制件在非还原性气氛中加热到高于所述润滑剂的蒸发温度而低于所述无机涂层的分解温度的某个温度,用来从所述压制件中去除所述润滑剂,以及在水汽中在 300℃到 600℃之间的温度上对所获得的压制件进行热处理。本发明也涉及一种软磁性复合部件,其横向断裂强度至少为 100MPa,磁导率至少为 700,在 1 特斯拉和 400Hz 下的芯损失最多 70W/kg。



1. 一种制造软磁性复合部件的方法,该方法包括的步骤有:

对粉末组分进行模具压制成型,所述粉末组分包含软磁性铁或铁基粉末、以及有机润滑剂的混合物,其中所述铁或铁基粉末的各个芯颗粒由电绝缘的无机涂层所包围,所述有机润滑剂的量占所述组分重量的 0.05 到 1.5%,所述有机润滑剂不含金属,并且其蒸发温度低于所述涂层的分解温度;

将通过对粉末组分进行模具压制成型而形成的压制件从所述模具中弹出;

将所述压制件在非还原性气氛中加热到高于所述润滑剂的蒸发温度而低于所述无机涂层的分解温度的温度,用来从所述压制件中去除所述润滑剂,以及

在水汽中在 300℃到 600℃之间的温度上对所获得的压制件进行热处理。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述模具压制成型在高温下进行。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,所述模具压制成型在比所述有机润滑剂的熔化温度最多低 60℃的温度下进行。

4. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂的蒸发温度低于 500℃。

5. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,在氧化气氛中所述润滑剂的蒸发温度低于 400℃。

6. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,在水汽中的所述热处理在低于 550℃的温度下进行。

7. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述芯颗粒基本上由纯铁构成。

8. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,将各个所述芯颗粒绝缘的无机涂层包含磷。

9. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述绝缘了的粉末颗粒的平均颗粒尺寸介于 106 到 425 微米之间。

10. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述绝缘了的粉末颗粒中至少 20%的颗粒的大小超过 212 微米。

11. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂的量占所述组分重量的 0.05 到 1.0%。

12. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂从饱和或非饱和脂肪酸的伯酰胺和仲酰胺或其组合所构成的组中选择。

13. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂从饱和或非饱和脂肪醇所构成的组中选择。

14. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂从硬脂酸酰胺、芥酸硬脂酸酰胺和山嵛醇所构成的组中选择。

15. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所述的方法,其中,所述润滑剂从酰胺蜡所构成的组中选择。

16. 根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求所制备的软磁性复合部件,具有氧化了的外壳和未氧化的芯。

17. 一种根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求制备的软磁性复合部件,其横向断

裂强度至少为 100MPa,磁导率至少为 700,在 1 特斯拉和 400Hz 下的芯损失最多为 70W/kg。

18. 一种根据权利要求 1-3 中的任何一项权利要求制备的软磁性复合部件,其横向断裂强度至少为 120MPa,磁导率至少为 800,在 1 特斯拉和 400Hz 下的芯损失最多为 65W/kg。

软磁性复合材料

技术领域

[0001] 本发明涉及到一种新型软磁性复合材料。具体说,本发明涉及到一种软磁特性得到提高的新型软磁性复合材料的制备方法。

背景技术

[0002] 软磁材料有许多应用,诸如用作电感器、电机中的定子和转子、致动器、传感器和变压器芯中的芯材料。传统上,诸如电机中的转子和定子等软磁芯是由堆叠的钢片构成的。

[0003] 然而,在过去的几年中,对所谓的软磁复合 (Soft Magnetic Composite, SMC) 材料产生了很大的兴趣。所述 SMC 材料基于软磁颗粒,所述软磁颗粒通常是铁基的,并且在每个颗粒上都有一层电绝缘层。使用传统的粉末冶金过程,通过对所述绝缘了的颗粒可选择地连同润滑剂和 / 或粘合剂进行压制,可以得到 SMC 部件。与使用钢片相比,使用粉末冶金技术可以制备出在 SMC 部件的设计中具有更高自由度的材料,因为 SMC 材料可以载有三维磁通,并且使用压制过程可以获得三维形状。

[0004] 由于对 SMC 材料的兴趣的增加,SMC 材料软磁特性的提高就成为仔细研究的课题,以便使这些材料的使用得到扩展。为了实现这种提高,正在不断地开发新的粉末和过程。

[0005] 除了软磁特性外,好的机械特性也是非常基本的。在这点上,对压制的复合体进行蒸汽处理给出了有希望的结果,如在美国专利 6,485,579 中所公布的。根据本发明发现,设若有关粉末和润滑剂的类型以及工艺参数的某些条件得到满足,那么,进行蒸汽处理不仅给出有关机械特性,而且给出有关软磁特性的意想不到的好结果。简言之,与所述美国专利所公布的发明相对照发现,在要进行压制的铁或铁基成分中所使用的润滑剂应该具有有机属性,并且在进行蒸汽处理之前该润滑剂应该蒸发掉,在压制件内不留下任何残余物。

发明内容

[0006] 本发明涉及一种制造软磁性复合部件的方法,该方法包括的步骤有:

[0007] - 对粉末组分进行模具压制成型,所述粉末组分包含软磁性铁或铁基粉末、以及有机润滑剂的混合物,其中所述铁或铁基粉末的芯颗粒由电绝缘的无机涂层所包围,有机润滑剂的量占所述组分重量的 0.05 到 1.5%,所述有机润滑剂不含金属,并且其蒸发温度小于所述涂层的分解温度;

[0008] - 将压制件从所述模具中弹出;

[0009] - 将所述压制件在非还原性气氛中加热到高于所述润滑剂的蒸发温度而低于所述无机涂层的分解温度的某个温度,用来从所述压制件中去除所述润滑剂,以及

[0010] - 在水汽中在 300°C 到 600°C 之间的某个温度上对所获得的压制件进行热处理。

[0011] 根据本发明,通过粉末冶金技术可以制备具有出色的机械和磁性特性的压制件。这些压制件以其出色的特性而与众不同,例如,其横向断裂强度至少为 100MPa,磁导率至少为 700,1 特斯拉和 400Hz 下的芯损失最多为 70W/kg,更进一步地说,其横向断裂强度至少为 120MPa,磁导率至少为 800,1 特斯拉和 400Hz 下的芯损失最多 65W/kg。

具体实施方式

[0012] 根据本发明所使用的软磁粉末由铁或含有铁的合金构成。所述软磁粉末优选基本上由纯铁构成。这种粉末可以是例如商用水雾化或气雾化铁粉或还原铁粉,诸如海绵铁粉。根据本发明可以使用的优选电绝缘层为具有美国专利 6,348,265 中所述类型的薄的含磷层或阻挡层,该专利通过引用结合在这里。其它类型的绝缘层在例如美国专利 6,562,458 和 6,419,877 中给出。具有绝缘了的颗粒并且根据本发明是适合的起始材料的粉末可以是例如瑞典的 Högans AB 所生产的 Somaloy[®] 500 和 Somaloy[®] 700。

[0013] 迄今为止,在具有粗颗粒的粉末上获得了非常有趣的结果,其中这种粉末的平均颗粒尺寸在 106 到 425 微米之间。更具体地说,至少 20% 的颗粒其颗粒尺寸优选在 212 微米以上。

[0014] 铁或铁基粉末合成物中所用的润滑剂的类型是很重要的,该润滑剂从这样的有机润滑物质中选择,该润滑物质在高于环境温度而低于无机电绝缘涂层的分解温度的温度上蒸发,不会留下任何对所述无机绝缘材料有害的残留物,也不会留下可以堵塞孔洞从而阻止本发明中随后的氧化过程的残留物。通常在铁或铁基粉末的模具压制成型中使用的金属皂会在该部件中留下金属氧化物残留物,所以是不合适的。广泛使用的硬脂酸锌 (Zn-stearate) 例如会留下氧化锌,这对例如含磷绝缘层的绝缘特性会产生有害的影响。当然,根据本发明所使用的润滑剂中可以存在杂质和金属的痕迹。

[0015] 适合做润滑剂的有机物包括脂肪醇、脂肪酸、脂肪酸的衍生物、以及蜡。优选脂肪醇的例子有硬脂醇 (stearyl alcohol)、山嵛醇 (behenylalcohol)、以及它们的组合。也可以使用饱和脂肪酸或不饱和脂肪酸的伯酰胺和仲酰胺 (primary and secondary amides),例如硬脂酸酰胺 (Stearamide)、芥酸硬脂酸酰胺 (erucyl stearamide)、以及其组合。所述蜡优选从聚亚烷基蜡 (polyalkylene waxes) 中选择,诸如乙撑双硬脂酰胺 (Ethylene Bis-Stearamide)。此外,尽管润滑剂可以以其它形式存在,但优选该润滑剂存在于要被压制形成特殊形状的所述合成物中。

[0016] 所用润滑剂的量可以变化,通常为待压制合成物重量的 0.05-1.5%,优选为 0.05-1.0%,更优选为 0.05-0.7%,最优选为 0.05-0.6%。润滑剂的量少于 0.05% 会产生差的润滑性能,导致弹出部件和模具壁的表面划伤,并且主要是由于该部件表面绝缘层的损坏而导致压制件电阻率的降低。另外,表面划伤了部件的表面孔洞的堵塞情况较严重,这反过来会阻止润滑剂自由地蒸发。因此,在随后的涉及在蒸汽 (即水蒸汽) 中进行氧化的步骤中,这种润滑剂去除得不干净的部件不易使蒸汽穿透并通体氧化该压制件。因此会导致强度低以及电阻率差。如果在达到足以使无机绝缘层变坏的温度之前蒸汽已经穿透并通体氧化了压制件的话,那么所述压制件的无机绝缘层,从而其电阻率,就可以在高温下得到更好的保护。润滑剂的量多于 1.5% 则会改善弹出特性,但一般会导致压制件的压坯密度太低,从而使磁感应强度和磁导率低得不能接受。

[0017] 压制可以在室温或在高温下进行。因此,粉末和 / 或压模在压制前可以预热。迄今为止,将模具加热到一个受控的并且是预定的高温,在这样的高温下进行压制所获得的结果最令人感兴趣。合适地将模具温度调节到最高 60°C 的温度,在所用润滑物质的熔化温度之下。对于例如硬脂酸酰胺,优选的模具温度为 60-100°C,因为硬脂酸酰胺在约 100°C 时

熔化。

[0018] 压制通常在 400 到 2000Mpa 下进行,优选在 600 到 1300Mpa 下进行。

[0019] 随后,在高于润滑剂的蒸发温度但低于无机绝缘涂层的分解温度的温度下对压制件进行热处理以便去除润滑剂。对于许多目前所使用的润滑剂和绝缘层来说,这意味着蒸发温度应该小于 500℃,适合在 200 到 450℃之间。到目前为止,在蒸发温度小于 400℃的润滑剂上获得了最令人感兴趣的结果。然而,本发明所述的方法具体不限于这些温度,在不同步骤中所使用的温度基于电绝缘层的分解温度和润滑剂的蒸发温度之间的关系来确定。

[0020] 蒸发处理优选在惰性气氛(诸如氮气)中进行。然而,在某些条件下,在氧化气氛(诸如空气)中蒸发有机润滑剂更有意义。在这种情形中,所述蒸发过程应该在比铁或铁基颗粒的表面发生明显氧化的温度低的温度下进行,以防止表面孔洞的堵塞,而表面孔洞的堵塞会俘获未蒸发的润滑剂或者会在该部件内留下润滑剂的分解物。这意味着,与目前所使用的磷基无机涂层一道使用的润滑剂在例如空气中的蒸发温度应该低于 400℃,最好在 200 到 350℃之间。因此,对于蒸发温度较高(高于约 350℃)的润滑剂,去除润滑剂的过程必须在惰性气体气氛中进行,以避免表面孔洞的预氧化。

[0021] 随后,在 300℃到 600℃之间的某个温度上对去除了润滑剂的部件进行蒸汽处理。处理时间通常在 5 到 120 分钟之间变化,优选在 5 到 60 分钟之间。如果在低于 300℃的温度下进行蒸汽处理,那么,获得足够强度所需的时间会长得不可接受。另一方面,如果压制件的蒸汽处理在高于约 600℃的温度下进行,那么无机绝缘层会受到损害。因此,蒸汽处理的时间和温度由熟悉本技术的人员根据所希望得到的强度、润滑剂的类型和电绝缘涂层的类型来适合地确定。

[0022] 本发明所优选使用的水蒸汽可以是分压为一个大气压的超热蒸汽。如果超热蒸汽被加压的话,有望得到改进的效果,即得到较短的处理时间或较厚的氧化层。为了就压制件的机械强度、磁性特性和表面外观获得最好的结果,应该小心地保证所述蒸汽不被稀释或污染。

[0023] 不需要使用任何具体的理论就可以知道,蒸汽处理对铁基颗粒的表面具有特殊的氧化效果。所述氧化过程开始于压制件的表面,然后向里朝着压制件的中心穿透。根据本发明的一个实施例,在所有颗粒的表面都经受了所述特殊的氧化处理之前所述氧化过程就停止了。在这种情形中,氧化了的外壳就包围住未氧化的芯(参见图 1)。假设压制件的机械强度达到了某个可接受的水平,那么在压制件通体被完全氧化之前可以停止氧化处理。这意味着有可能相对于芯的损失优化机械强度和磁导率。氧化了的材料使得强度和磁导率得到提高,但芯的损失也较高一点。

[0024] 所述过程可以间歇式进行,也可以在炉子中连续进行,所述炉子可以由例如 J B Furnace Engineering Ltd、SARNES Ingenieure OHG、Fluidtherm Technology P.Ltd 等提供。

[0025] 从下面的例子中可以看到,采用本发明所述的方法所获得的软磁性复合部件就横向断裂强度、电阻率、磁感应强度、磁导率而言具有很好的特性。

附图说明

[0026] 图 1 显示了使用瑞典 H ö gan s AB 所提供的纯铁粉末 Somaloy[®] 500 和

Somaloy[®] 700 根据本发明所制造的不同部件的不同的截面图。这些粉末的颗粒由含磷层来绝缘。在图 1 中显示了完全被氧化了的部件和具有氧化外壳的部件。

[0027] 图 2 显示了具有不同润滑剂的压制件的热解重量分析。

[0028] 例子

[0029] 通过下面的非限定性例子来进一步说明本发明。

[0030] 例 1

[0031] 使用 Somaloy[®] 700 作为起始材料。根据表 1, 所述起始材料与不同量 (0.2-0.5 wt%) 的有机润滑剂、硬脂酸酰胺相混合。

[0032] 将不同配方的材料压制 (600-1100MPa) 成内径 45mm、外径 55mm、高 5mm 的环形样品, 以及压制成“横向断裂强度”样品 (TRS 样品), 其密度如表 1 所指定的。将模具温度控制为 80°C 的温度以及室温 (样品 E)。

[0033] 在压制成型后, 将样品弹出模具, 并在 300°C 下在空气中对其进行热处理 20 分钟, 随后在 520°C 下进行蒸汽处理 45 分钟。使用一种样品作为参考, 该样品含 0.3% 硬脂酸酰胺, 在 800MPa 下压制后, 在空气中在 520°C 下进行单步骤的热处理 30 分钟。

[0034] 根据 ISO 3995 对 TRS 样品测量横向断裂强度。使用 Brockhaus 的迟滞回线仪对带有 100 匝驱动线圈和 100 匝检测线圈的环形样品测量磁性特性。测量了在 4kA/m 的外加电场下的最大磁导率。

[0035] 表 1

[0036]

样品	硬脂酸酰胺 (wt%)	压制压强 (MPa)	密度 (g/cm ³)	TRS (MPa)	$\mu_{\max}$
参考	0.30	800	7.54	45	620
A	0.30	600	7.44	115	800
B	0.30	800	7.56	130	860
C	0.30	1100	7.63	110	900
D	0.40	800	7.53	130	820
E(空气)	0.40	800	7.49	135	750
F	0.20	1100	7.68	115	950
G	0.50	800	7.49	135	800

[0037] 从表 1 可以看到, 与只在空气中进行了热处理的参考部件相比, 当部件 (样品 A 到 G) 根据本发明进行了蒸汽处理时, 可以获得非常高的 TRS 值和非常高的最大磁导率。此外,

使用未加热的模具时,得到的密度较低,磁性特性稍差一点(样品 E)。

[0038] 例 2

[0039] Somaloy[®] 700 粉末与 0.4wt% 的硬脂酸酰胺混合,使用例 1 中的模具温度 80℃,在 800 MPa 的压强下进行压制(密度 7.53g/cm³)。在惰性气体气氛中在 300℃ 下对这些样品(D、H 和 I)进一步进行 20 分钟的热处理,随后再分别在 300℃、520℃ 和 620℃ 的温度下进行蒸汽处理。

[0040] 按照例 1 那样测量磁性和机械特性。使用四点测量法在环形样品上测量电阻率。在 1 特斯拉和 400Hz 下测量总的芯损失。

[0041] 表 2

[0042]

样品	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*m)	μ_{max}	芯损失 (W/kg)
D(520℃蒸汽)	145	260	820	44
H(300℃蒸汽)	110	860	630	68
I(620℃蒸汽)	120	5	860	180

[0043] 从表 2 中可以看到,在蒸汽中在很大范围的热处理温度下(300℃到 620℃)都获得了高的 TRS 值。然而,低的蒸汽处理温度产生较弱的材料弛豫,这导致较高的芯损失(样品 H)。更低的温度(小于 300℃)会导致没有氧化效应发生或处理时间长得不可接受。相反,太高的温度会损害绝缘层,并产生不可接受的低电阻率以及差的磁性特性(例如芯损失)(样品 I)。

[0044] 例 3

[0045] Somaloy[®] 700 粉末分别与 0.5wt% 的硬脂酸酰胺、EBS 蜡和硬脂酸锌混合,并压制到密度为 7.35g/cm³。分别在 350℃ 的空气中和在 440℃ 的氮气气氛中对这些样品(J、K 和 L)进一步进行 45 分钟的热处理。随后,对去除了润滑剂的部件在 530℃ 下进行 30 分钟的蒸汽处理。

[0046] 按照例 1 和例 2 那样测量磁性和机械特性,并将结果列在下面的表 3 中。

[0047] 表 3

[0048]

样品	蒸发处理	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*m)	μ_{max}	芯损失 (W/kg)	性能

J (硬脂酸酰胺)	350℃ 空气	141	165	620	58	好
	440℃ N ₂	150	67	620	63	可以
K (EBS 蜡*)	350℃ 空气	69	11	350	100	差
	440℃ N ₂	147	160	620	59	好
L (硬脂酸锌)	350℃ 空气	122	8	680	90	差
	440℃ N ₂	148	12	590	77	差

[0049] * 乙撑双硬脂酰胺 (Acrawax[®])

[0050] 从表 3 中可以看到,进行蒸发的气氛和温度是非常重要的。根据本发明,润滑剂应该蒸发掉,基本上不留下残余物,以便在蒸汽处理后获得具有高强度和高电阻率的压制件。

[0051] 在惰性气体和在空气中在 300℃ 以上硬脂酸酰胺 (样品 J) 被完全蒸发。优选采用最低可能的蒸发温度,因为这样会使电阻率提高,从而使芯损失较低。根据表 3,EBS 蜡 (样品 K) 在空气中在 350℃ 时不能被蒸发掉,但在氮气中在 400℃ 以上时可以从压制件中去掉。

[0052] 从表 3 中可以看到,含有金属的润滑剂不能给出满意的结果,对于不同的有机润滑剂来说,气氛的类型和温度的选择很重要。对于润滑剂 / 绝缘层的每种组合,本领域技术人员可以确定合适的气氛和温度。

[0053] 例 4

[0054] Somaloy[®] 700 粉末与 0.3wt% 的山嵛醇 (NACOL[®] 22-98) 混合,在模具温度为 55℃、压强为 800MPa 下进行压制。根据表 4,在用于蒸发润滑剂的各种温度下在惰性气体气氛中对样品 (M、N 和 O) 进行 30 分钟的进一步热处理,随后在 520℃ 下进行 45 分钟的蒸汽处理。

[0055] 表 4

[0056]

样品	润滑剂蒸发处理	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*m)	芯损失 (W/kg)
M	250℃	65	12	101
N	350℃	149	153	54
O	450℃	154	52	74

[0057] 按照例 1 和例 2 那样测量磁性和机械特性。

[0058] 表 4 显示了使用正确的润滑剂蒸发温度的重要性。蒸发温度太低会使润滑剂去除

得不彻底,并使表面孔洞被堵塞(样品 M)。相反,太高的蒸发温度(样品 O)会使绝缘涂层在高温下暴露一段不必要长的时间,导致电阻率较低。

[0059] 例 5

[0060] Somaloy[®] 700 粉末与 0.5wt% 的八种不同润滑剂相混合,这些样品在 800Mpa 下进行压制。所用的润滑剂为山嵛醇、硬脂酸酰胺、乙撑双硬脂酰胺(EBS)、芥酸硬脂酸酰胺(eurcyl stearamide)、油酸酰胺、聚乙烯蜡($M_w = 655\text{g/mol}$, PW655)、聚酰胺(Orgasol[®] 3501)、以及硬脂酸锌。

[0061] 对这些样品(每个样品重 0.68 克)进行热解重量分析(thermogravimetric analysis, TGA)。该 TGA 测量的是在受控气氛中作为温度(或时间)的函数的材料的重量变化。在氮气气氛中采用 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的加热速率在 20 到 500°C 之间记录 TGA 曲线,并将结果示于图 2。正如所看到的,对于各种润滑剂,润滑剂的蒸发进程不同。

[0062] 样品 P、Q、R 和 S 所含的润滑剂具有相对较低的沸点。这些润滑剂主要作为蒸气而挥发掉,并为压制件留下了干净的孔结构。另一方面,样品 T、U 和 V 所含的润滑剂在高于 450°C 的温度下才蒸发,所以在这种情形中不适合使用。样品 W 中的硬脂酸锌在低于 450°C 的温度下会完全蒸发,但会留下 ZnO 残余物。因此,样品 W 不在本发明的范围内。

[0063] 表 5 显示了针对所述样品的不同润滑剂在惰性气氛中蒸发的温度范围。样品 P 到 S 所包含的润滑剂具有适合与所测试粉末一起使用的蒸发温度。

[0064] 表 5

[0065]

样品	完全蒸发的温度($^\circ\text{C}$)	热处理过的压制件的氧化性能
P(山嵛醇)	290-300	好
Q(硬脂酸酰胺)	290-300	好
R(芥酸硬脂酸酰胺)	410-420	好
S(EBS)	390-440	好
T(PW655)	470-500	差
U(油酸酰胺)	> 500	差
V(聚酰胺)	> 550	差
W(硬脂酸锌)	不可能	差

[0066] 例 6

[0067] 根据表 6, Somaloy[®] 700 粉末与 0.5wt% 的金属有机润滑剂混合,在模具温度为 80°C 、压强为 800MPa 下进行压制。在空气中在 300°C 的温度下对所述样品进行 20 分钟的进一步热处理,随后在 520°C 下进行 45 分钟的蒸汽处理。

[0068] 按照例 1 和例 2 那样测量磁性和机械特性,并将结果列在下面的表 6 中。

[0069] 表 6

[0070]

样品	密度 (g/cm ³)	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*mm)	芯损失 (W/kg)
G(硬脂酸酰胺)	7.49	135	192	45
X(Kenolube [®])	7.47	105	90	51
Y(硬脂酸锂)	7.50	90	20	63
Z(硬脂酸锌)	7.52	100	4	126

[0071] 从表 6 中可以看到,与采用硬脂酸酰胺制备的样品 G 相比,具有不同金属含量的润滑剂(样品 X、Y、Z)产生了较低的电阻率,因而产生了较高的芯损失。

[0072] 例 7

[0073] Somaloy[®] 700 粉末与 0.5wt% 的 EBS 蜡 (Acrawax[®]) 混合,并压制到密度为 7.35g/cm³。根据本发明,一个样品 (AA) 首先在 440°C 的氮气气氛中进行 45 分钟的热处理。第二个样品 (AB) 不是先去掉润滑剂,而是根据美国专利 6,485,579 中所公开的方法直接进行蒸汽处理。这些样品的蒸汽处理在 500°C 的最高温度下进行 30 分钟。

[0074] 按照例 1 和例 2 那样测量磁性和机械特性。

[0075] 表 7

[0076]

样品	蒸发处理	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*mm)	μ _{max}	芯损失 (W/kg)	性能
AA(EBS 蜡)	440°C N ₂	138	85	600	61	可以
AB*(EBS 蜡)	无	65	17	350	98	差

[0077] * 根据美国专利 6,485,579 中的描述

[0078] 从表 7 中可以看到,样品 AA 的高的机械强度和出色的电阻率表明,根据本发明在蒸汽处理前去掉润滑剂可以给出出色的性能,而样品 AB 给出了相对较低的电阻率和机械强度。对于所使用的润滑剂(不含金属的润滑剂,在本例中为 EBS 蜡)而言,蒸汽处理的成功依赖于去润滑剂步骤。

[0079] 例 8

[0080] 在本例中,使用瑞典的 Högans AB 所生产的 Somaloy[®] 500 粉末,其平均颗粒尺寸小于 Somaloy[®] 700 的平均颗粒尺寸。Somaloy[®] 500 粉末与 0.5wt% 的硬脂酸

酰胺或 Kenolube[®] 混合,并在模具温度为 80℃、压强为 800MPa 下进行压制。根据本发明,两个样品(AC 和 AD)在惰性气体中在 300℃的温度下进行 20 分钟的进一步热处理,随后在 520℃下进行 45 分钟的蒸汽处理。

[0081] 按照例 1 那样测量磁性和机械特性。

[0082] 表 8

[0083]

样品	密度 (g/cm ³)	TRS (MPa)	电阻率 (μ Ohm*m)	μ _{max}	芯损失 (W/kg)
AC(硬脂酸酰胺)	7.36	150	30	450	65
AD*(Kenolube [®])	7.36	120	5	420	105

[0084] *根据美国专利 6,485,579 中的描述

[0085] 表 8 清楚地表明,根据本发明采用较细的 Somaloy[®] 500 粉末连同不金属的润滑剂所制备出来的部件(样品 AC)具有高的强度和可以接受的芯损失。很清楚,与样品 AD 相比,样品 AC 具有更好的 TRS 值、电阻率、磁导率以及芯损失。

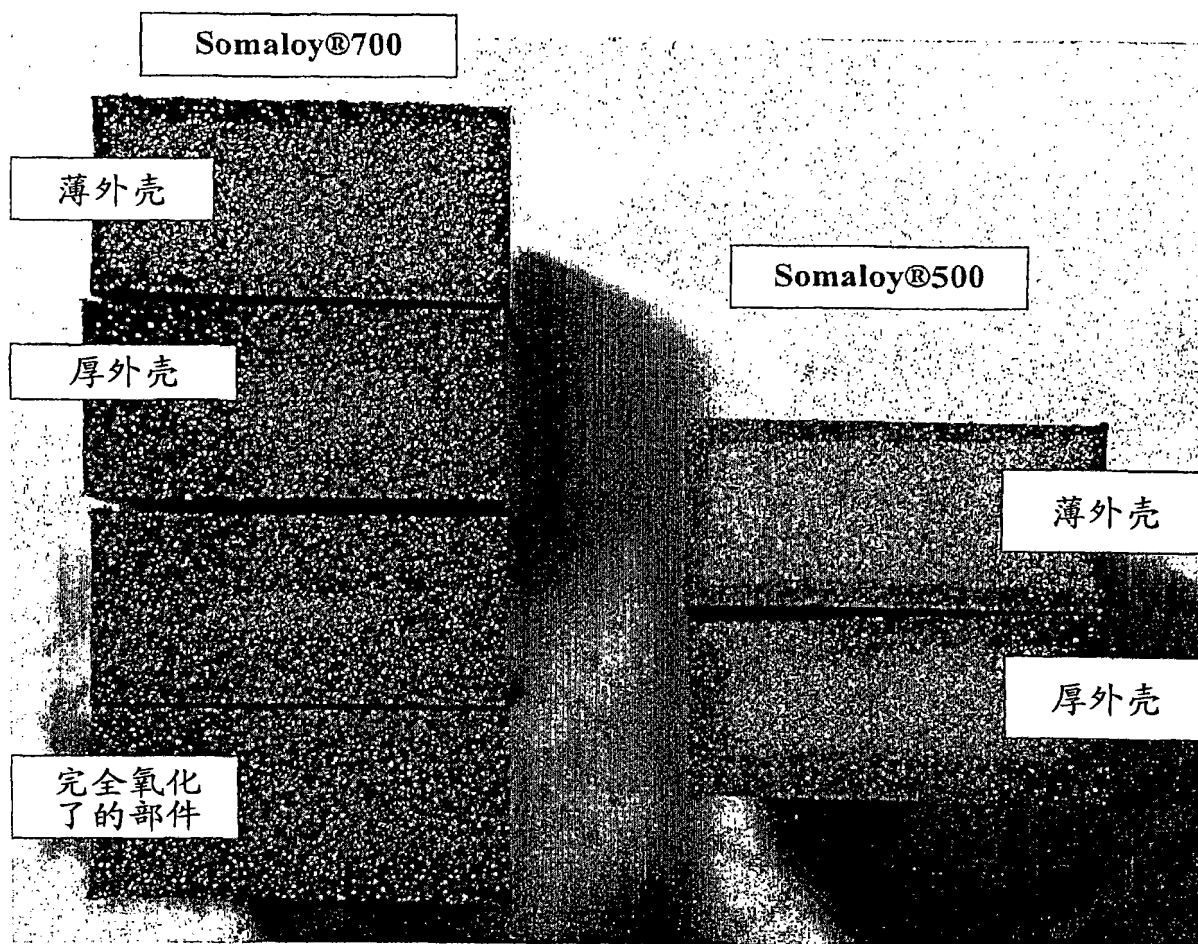


图 1

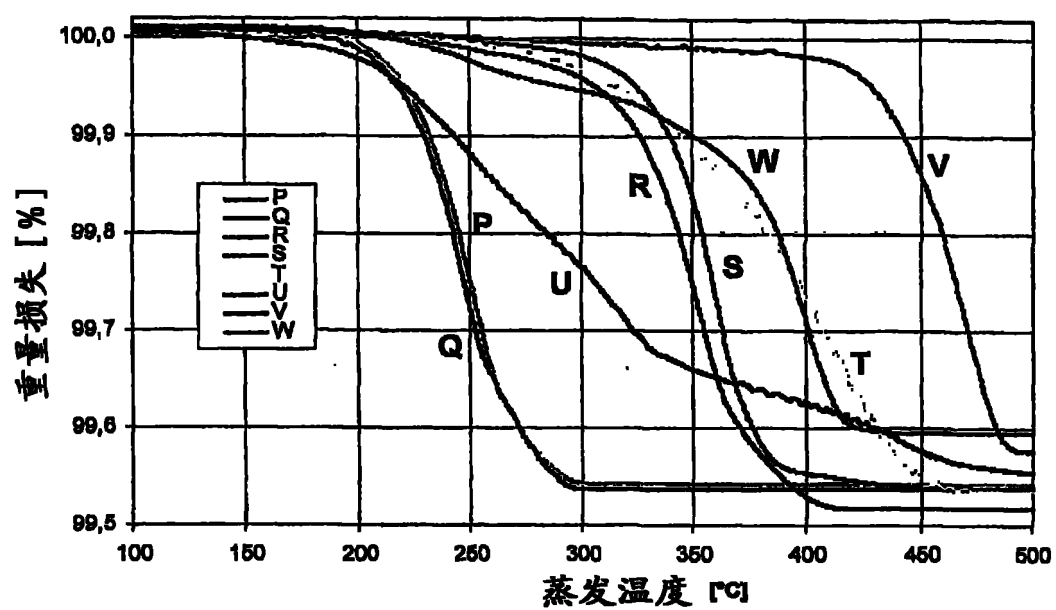


图 2