

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F16K 31/06 (2006.01)

H01F 1/12 (2006.01)

F02M 61/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410075233.4

[45] 授权公告日 2008年9月24日

[11] 授权公告号 CN 100420890C

[22] 申请日 2004.9.13

[21] 申请号 200410075233.4

[30] 优先权

[32] 2003.9.17 [33] JP [31] 324819/2003

[73] 专利权人 株式会社电装

地址 日本爱知

[72] 发明人 东条千太 阿保真治

[56] 参考文献

JP2002-217015A 2002.8.2

JP 2002-246219A 2002.8.30

JP2001-65319A 2001.3.13

US6331270B1 2001.12.18

JP2000-223308A 2000.8.11

CN1405446A 2003.3.26

CN1414577A 2003.4.30

审查员 黄振山

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 刘兴鹏

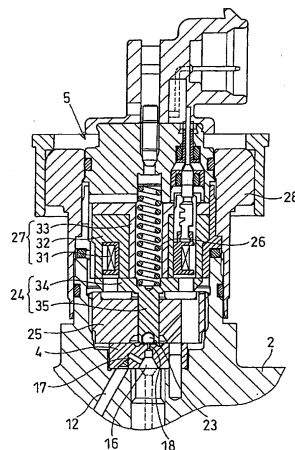
权利要求书5页 说明书29页 附图12页

[54] 发明名称

电磁致动器及其制造方法以及燃油喷射阀

[57] 摘要

本发明公开了一种电磁致动器、电磁致动器的生产方法以及一种燃油喷射阀。其中电枢的磁特性由于包括 1LSS-3LSS 之烧结金属的一个移动铁心以及一个强磁性材料的轴而得以增强。与之相反，为了增大磁特性，减小铁损，一定子铁心包括重量含量百分比为 0.005% - 0.1%，粒子直径被设定成 50 微米或更小的树脂。因此，所述定子铁心以及所述电枢的直流磁特性大致相同，故具有一优良的吸力及反应的电磁致动器以及燃油喷射阀得以提供。



1. 一种用于燃油喷射阀的电磁致动器，其包括：

电枢，所述电枢包括一个具有一磁特性并且沿轴向可移动地受到支撑的移动铁心；以及

电磁阀，所述电磁阀包括一个由于电流的传导而产生磁势的线圈以及一个由所述线圈产生磁势而吸附所述移动铁心的定子铁心，

其特征在于：所述定子铁心由复合磁性材料制成，所述复合磁性材料由固化铁粉以及树脂粉末组成；以及

当所述移动铁心之直流磁特性被定义为100%时，所述定子铁心之直流磁特性在80%—120%的范围内，

所述移动铁心由一种软磁性材料制成，所述软磁性材料由硅钢形成，

形成所述定子铁心之所述复合磁性材料中的树脂粉末的重量含量百分比在0.005%—0.1%的范围内，并且其粒子直径在0.005—50微米的范围内。

2. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：

所述粒子直径在5—50微米的范围内。

3. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：

所述粒子直径在5—25微米的范围内。

4. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：

形成所述定子铁心之所述复合磁性材料中的树脂粉末是下面六种中的任何一种：

第一种是聚苯撑硫（PPS）；

第二种是热塑聚酰亚胺（PI）；

第三种是PPS及热塑PI的混合物；

第四种是PPS以及玻璃转变温度高于PPS的一种树脂的混合物；

第五种是热塑PI以及玻璃转变温度高于热塑PI的一种树脂的混合物；

第六种是PPS、热塑PI以及玻璃转变温度高于PPS的一种树脂的混合物。

5. 如权利要求4所述的电磁致动器，其特征在于：

具有比所述热塑PI高的玻璃转变温度的树脂是非热塑PI、聚酰胺—酰亚胺、聚氨基—双马来酰亚胺中的一种。

6. 如权利要求4所述的电磁致动器，其特征在于：

具有高于所述PPS之玻璃转变温度的树脂是聚苯氧化物，聚砜，聚醚砜，多芳基化合物，聚醚酰亚胺，非热塑PI，聚酰胺—酰亚胺以及聚氨基—双马来酰亚胺中的一种。

7. 如权利要求4所述的电磁致动器，其特征在于：

具有高于所述PPS或所述热塑PI之玻璃转变温度的树脂的含量分别等于或小于所述树脂粉末的50%。

8. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：

形成所述定子铁心之所述复合磁性材料中的树脂粉末是下面三种中的任何一种：

第一种是热固聚酰亚胺（PI）；

第二种是聚四氟乙烯（PTFE）

第三种是热固聚酰亚胺（PI）及聚四氟乙烯（PTFE）的混合物。

9. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：
形成所述定子铁心之所述复合磁性材料中的铁粉由雾化铁粉，被粉碎的铁粉以及雾化铁粉与被粉碎铁粉的混合物中的一种形成。
10. 如权利要求1所述的电磁致动器，其特征在于：
所述电枢还包括：
一个轴，所述轴可轴向滑动地受到支撑并且所述移动铁心固定于其上，
所述移动铁心由一种软磁性材料制成，以及
所述软磁性材料由铁内含硅的硅钢形成。
11. 如权利要求10所述的电磁致动器，其特征在于：
形成所述移动铁心之所述软磁性材料是硅钢，所述硅钢中硅的重量含量百分比为1%—3%。
12. 如权利要求10所述的电磁致动器，其特征在于：
形成所述移动铁心的所述软磁性材料是由通过粉末冶金方法制造而成的烧结金属形成。
13. 如权利要求12所述的电磁致动器，其特征在于：
所述软磁性材料的移动铁心通过烧结连接与所述轴一体化。
14. 如权利要求13所述的电磁致动器，其特征在于：
所述轴是一钢材，所述轴在烧结连接过程中受热后硬度的恢复通过一热处理而实现。
15. 如权利要求13所述的电磁致动器，其特征在于：
所述轴是高速工具钢、合金工具钢、马氏体不锈钢以及轴承

钢中的一种。

16. 如权利要求10所述的电磁致动器，其特征在于：

所述轴是由一强磁性材料形成的钢材制造而成。

17. 一种用于电磁致动器之一种复合磁性材料的制造方法，其中所述电磁致动器是根据权利要求1所述的电磁致动器，

用于复合磁性材料的制造步骤包括：

使用一个其中具有一润滑剂的金属膜通过压缩而模制所述铁粉以及所述树脂粉末的混合物；

使得所述被模制的混合物在150°C - 250°C的范围内受到一热处理；

对经热处理后的所述混合物进行一切割或研磨。

18. 一种用于电磁致动器之烧结金属的制造方法，其中所述电磁致动器包括：

电枢，所述电枢轴向可移动地受到支撑，并且包括：

一个具有一磁特性的移动铁心以及一个沿轴向可移动地受到支撑并且所述移动铁心固定其上的轴；以及

一个电磁阀，所述电磁阀包括一个由于电流的传导而产生磁势的线圈以及一个由所述线圈产生磁势而吸附所述移动铁心的定子铁心，

所述定子铁心由一复合磁性材料制成，所述复合磁性材料由固化铁粉以及树脂粉末组成，形成所述定子铁心之所述复合磁性材料中的树脂粉末的重量含量百分比在0.005%—0.1%的范围内，并且其粒子直径在0.005—50微米的范围内；以及

所述定子铁心以及所述移动铁心的直流磁特性彼此相同，

所述移动铁心由一种软磁性材料制成，所述软磁性材料由铁

内含硅的硅钢形成，以及

所述烧结金属通过用于所述软磁性材料的一种粉末冶金的方法制造而成，

用于所述烧结金属的制造方法包括如下步骤：

利用一金属膜通过压缩形成一个具有一内孔的受压粉末体；

将所述轴插入所述受压粉末体的所述内孔中，接着在一非氧环境中对其进行一热处理，从而使得由所述受压粉末体形成的移动铁心与所述轴一体化；以及

实施一淬火处理。

19. 一种燃油喷射阀，其包括：

一个通过一入口供给高压燃油的压力控制腔；

一个根据所述压力控制腔中的燃油压力而移动的针阀；

一个喷嘴体，所述喷嘴体具有一个由所述针阀开启或关闭的燃油喷射孔；以及

一个用于开启或关闭在所述压力控制腔中形成的一个出口口的电磁致动器，其特征在于：所述电磁致动器是根据权利要求1所述的电磁致动器，

所述电磁致动器开启或关闭所述出口，从而使得所述燃油压力发生变化，进而使得所述针阀移动以开启或关闭所述燃油喷射孔。

电磁致动器及其制造方法以及燃油喷射阀

技术领域

本发明涉及一种电磁致动器、电磁致动器的制造方法以及一种燃油喷射阀，并且尤其是涉及一种电磁致动器定子铁心的技术应用，一种由固化铁粉和树脂铁粉构成的复合磁性材料（在下面被称为“SMC”（软复合磁性材料））。

背景技术

下面将对一种燃油喷射装置之燃油喷射阀的已有实例予以描述。近年，为了改善环境，汽车工业已提出了减少CO₂的排放以及尾气的净化。

针对上述问题，内燃机承受了燃油喷射压力的增高，多点喷射等等。因此，电磁阀（使用一电磁致动器的阀）必须具有快速反应特性。为了实现快速反应特性，人们建议对所述快速反应特性起作用的定子铁心使用由铁粉和树脂粉固化构成的SMC材料（例如，参见专利文献1：JP-2001-065319-A）。

与此同时，近年来，为了增大反应速度，旨在增大一电枢之磁特性的研究已经展开。针对一个用以增大所述电枢之磁特性的装置而言，一项通过一轴以及一移动铁心由一种强磁性材料构成以增强对所述定子铁心之吸附力的技术（非公知技术）已被研制。此外，通过使用一硅钢或类似材料作为一磁性材料构成所述移动铁心而增加所述电枢之所述磁特性的技术也已被研制。

因此，一个定子铁心必须响应一磁特性特优的电枢。当SMC的树脂含量比减少时，所述SMC磁通密度以及定子吸力的增大是

已知的。但是，当树脂含量降低时，影响动吸力的铁心损耗将明显的增大。因此，当所述SMC用于所述定子铁心并且所述树脂含量因此而减少时，所述磁通密度增大，但是反应特性由于铁心损耗的增大而变差。因此，具有快速反应特性的电磁致动器无法得以提供。

发明内容

本发明针对上述的问题而设计。

本发明的一个目的是提供一种电磁致动器以及燃油喷射阀，通过例如控制构成一定子铁心之SMC的树脂粉粒子的直径以使得一电枢以及定子铁心的磁特性大致均衡，从而使得所述致动器及喷射阀的吸力以及反应特性具佳。

为了实现上述目的，本发明提供了一种电磁致动器。一种电枢以及一种电磁阀也被提供。所述电枢可轴向移动地受到支撑并且包括一个具有一磁特性的移动铁心。所述电磁阀包括一个由于电流的传导而产生磁势的线圈以及一个由所述线圈产生磁势而吸附所述移动铁心的定子铁心。在此，所述定子铁心由一复合磁性材料制成，所述复合磁性材料由固化铁粉以及树脂粉组成，同时所述定子铁心以及所述移动铁心的直流磁特性彼此几乎是相同的。

在这种结构中，即使当具有一良好磁特性的移动铁心被研制，所述定子铁心以及移动铁心的直流磁特性也能够通过例如控制构成所述定子铁心之所述SMC的磁通密度或铁心损耗而大致均衡。因此，所述定子铁心以及移动铁心的磁特性能够一起充分地发挥。这就能够提供一种优良的电磁致动器以及燃油喷射阀。

附图说明

通过下面参照附图所进行的详细描述，本发明的上述以及其它目的，特征以及有益效果将变得更加明显。在附图中：

图1是安装于燃油喷射阀上的一个电磁阀的剖面图；

图2是燃油喷射阀的剖面图；

图3是表示电枢以及定子铁心之间的直流磁特性（B-H特性）的图表；

图4是表示树脂含量比与铁心损耗以及磁通密度之间关系的图表；

图5是表示树脂粒子直径与铁心损耗之间关系的图表；

图6是表示当树脂粒子直径变化时树脂含量比与铁心损耗之间关系的图表；

图7是表示表示树脂含量比与铁心损耗以及磁通密度之间关系的图表；

图8是表示当使用雾化铁粉时树脂含量比与密度之间关系的图表；

图9是表示当使用雾化铁粉时树脂含量比与径向挤压强度之间关系的图表；

图10是表示当使用雾化铁粉时树脂含量比与磁通密度之间关系的图表；

图11是表示当使用雾化铁粉时树脂含量比与铁心损耗（铁损）之间关系的图表；

图12是表示当使用热塑PI或热固PI时减少的铁含量比与密度之间关系的图表；

图13是表示当使用热塑PI或热固PI时减少的铁含量比与径向挤压强度之间关系的图表；

图14是表示当使用热塑PI或热固PI时减少的铁含量比与磁通密度之间关系的图表；

图15是表示当使用热塑PI或热固PI时减少的铁含量比与铁心损耗（铁损）之间关系的图表；

图16是表示当使用热塑PI或热固PI时减少的铁含量比与密度之间关系的图表；

图17是表示当热固PI的含量比发生变化时减少的铁含量比与磁通密度之间关系的图表；

图18是表示密度与磁通密度之间关系的图表；

图19是表示当热固PI的含量比发生变化时减少的铁含量比与铁心损耗（铁损）之间关系的图表；

图20是表示当添加或不添加PTFE时减少的铁含量比与密度之间关系的图表；

图21是表示当添加或不添加PTFE时减少的铁含量比与密度之间关系的比较；以及

图22是表示当添加或不添加PTFE时减少的铁含量比与铁心损耗（铁损）之间关系的比较。

具体实施方式

实施例1中的一个电磁致动器包括一个轴向可移动地受到支撑的电枢以及一个电磁阀。所述电枢具有一个具有磁特性的移动铁心。所述电磁阀具有一个通过电流的传导而产生磁势的线圈以及一个通过所述线圈产生的磁力而吸附所述移动铁心的定子铁心。所述定子铁心是一种由固化铁粉以及树脂粉组成的SMC（软磁复合材料或复合磁性材料）。所述定子铁心以及所述移动铁心的直流磁特性大致相同。

实施例2中的一个燃油喷射阀包括：一个通过进口供给高压燃油的压力控制腔，一个随着所述压力控制腔的燃油压力而移动的针阀以及一个由所述针阀开启并关闭的燃油喷射孔。此外，所述电磁

致动器的定子铁心是由固化铁粉以及树脂粉组成的SMC。所述定子铁心以及所述移动铁心的直流磁特性大致相同。

（实施例1）

下面将通过实施例1对本发明之一电磁致动器予以描述，其中本发明针对将燃油喷射至内燃机之每一缸中的燃油喷射阀（喷射器）。

（燃油喷射阀的说明）

图2所示的一个燃油喷射阀1用于例如压力汇聚型燃油喷射装置中，并且将共轨（未示出）提供的高压燃油喷射至发动机燃烧腔中。所述燃油喷射阀1包括一个喷嘴（下面将描述），一个喷嘴支撑装置2，一个控制活塞3，一个孔板4，一个电磁阀5等等。

所述喷嘴由在其末端具有喷射孔6a的喷嘴体6以及一个可滑动地插入所述喷嘴体6内的针阀7构成。所述喷嘴通过一个定位螺母8固定在所述喷嘴支撑装置2的下部。所述喷嘴支撑装置2包括：所述控制活塞插入其中的气缸9；一个将来自所述共轨之所述高压燃油引导至所述喷嘴的燃油通道11；一个将来自所述共轨之所述高压燃油引导至所述孔板的卸料通道13等等。

所述控制活塞3可滑动地插入所述喷嘴支撑装置2之所述气缸9中，并且通过其末端与所述针阀7相连。一个压力杆14环绕所述控制活塞3以及所述针阀7之间的一个连接部而放置，并且通过位于所述压力杆14上方且与其相连的一个弹簧15的偏压而向下（关闭所述阀的方向）推动所述针阀7。

所述孔板4放置于所述气缸9向上打开的所述喷嘴支撑装置2的边缘表面上，并且构成了一个与所述气缸9流体连通的压力控制腔16。如图1所示，所述孔板4包括分别位于所述压力控制腔16之上游

以及下游的一个入口17以及一个出口18。所述入口17位于一个提供高压燃油的燃油通道12以及所述压力控制腔16之间。所述出口18在所述压力控制腔16的上方形成并且可供流体通过地介于所述压力控制腔16以及所述卸料通道13（低压端）之间。

（电磁阀的说明）

所述电磁阀5包括一个开启并关闭所述出口18的球阀23（开启/关闭阀）以及一个用于驱动所述球阀23的电磁致动器。所述电磁致动器包括一个电枢24，一个阀体25，一个弹簧26，一个电磁阀27等等。所述球阀23安装于所述电枢24的底端。所述阀体25支撑所述可上下滑动的电枢24。所述弹簧26向下偏压所述电枢24（关闭所述阀的方向）。所述电磁阀27向上驱动所述电枢24（开启所述阀的方向）。所述电磁致动器通过所述孔板4装配至所述喷嘴支撑装置2上并且通过一个定位螺母28固定于其上。

所述电磁阀27包括：通过电流的传导产生磁势的线圈31；通过磁力吸附所述电枢24之所述移动铁心34（下面将描述）的定子铁心32；以及一个强磁性材料（例如SMC415）止挡块33，所述止挡块33的疲劳强度优良并且在所述电枢24被吸附时与其接触并配合。所述定子铁心32是一种由固化铁粉及树脂粉构成的SMC，并且包含围绕一线圈架缠绕且通过一种树脂等等模制的所述线圈31。在此，所述复合及生产方法将在下面予以描述。

所述电枢24通过具有一磁特性的移动铁心34与所述轴35的一体化而得以形成。在此，所述移动铁心受到所述定子铁心32的磁吸附；所述阀体25使得所述轴35可轴向移动地受到支撑。所述移动铁心34通过固化由粉末冶金构成的烧结金属而形成，并且与由耐磨强

度优良的钢制成的所述轴35的边缘接触。在此，所述移动铁心34以及所述轴35的复合及其生产方法将在下面予以描述。

当所述电磁阀27处于一关闭状态时，所述弹簧26的偏压力将所述电枢24向下偏压，因此所述球阀23座于所述孔板4的顶表面以闭塞所述出口18。当所述电磁阀27处于开启状态时，所述电枢24克服所述弹簧26的偏压力而向上移动，因此所述球阀23由所述孔板4的所述顶表面被向上提升，从而使得所述出口18开启。

（所述燃油喷射阀操作的说明）

由所述共轨提供的进入所述喷射阀1中的高压燃油被引入一个内部通道29（图2中示出）以及所述压力控制腔16中。在此，当所述电磁阀5处于关闭状态时（所述球阀23关闭所述出口18），被引入所述压力控制腔16中的高压燃油的压力通过控制活塞3作用于所述针阀7上，从而沿所述弹簧15向下（关闭所述阀的方向）有力地偏压所述针阀7。

与之相比，被引入所述喷嘴之所述内部通道29中的所述高压燃油作用于所述针阀7之一个压力接受面（所述喷嘴之有效的座落区域）上，从而向下（关闭所述阀的方向）有力地偏压所述针阀7。在此，当所述电磁阀5处于关闭状态时，一个向下推动所述针阀7的力大于上面所述的相应的力，因此所述针阀7被保持关闭所述喷射孔6a而不被提升。所述燃油因此不会被喷射。

当所述电磁阀5转至开启状态时，所述球阀23打开所述出口18，因此所述出口18与所述卸料通道13流体连通。因而所述压力控制腔16中的燃油经由所述出口18排至所述卸料通道13中，故所述压力控制腔16中的压力降低。当所述压力控制腔16中的压力降至一个能够开启所述阀的设定压力时，所述提升所述针阀7的力超过所述向下

的偏压力。所述针阀7因此被提升而使得所述喷射孔6a开启，因而所述燃油的喷射被启动。

当所述电磁阀5转至关闭状态时，所述球阀23关闭所述出口18，因此所述压力控制腔16中的压力增大。当所述压力控制腔16中的压力增大至一个能够关闭所述阀的设定压力时，所述向下的偏压力超过所述提升力。所述针阀7因此下降而使得所述喷射孔6a关闭，因而所述燃油的喷射停止。

（所述电枢24的说明）

正如上面所述，所述电枢24包括沿轴向可滑动地受到所述阀体25支撑的所述轴35以及固定于所述轴35上的所述移动铁心34。构成所述移动铁心34的所述软磁性材料由铁中含硅的硅钢制造而成。实施例1中使用重量上包含1%—3%（相应的在体积上包含3.3%—10%）的硅的硅钢（1LSS—3LSS）。在此，从重量%到体积%的换算基于硅的密度为2.33（25°C）而计算。

构成所述移动铁心34的所述软磁性材料是通过粉末冶金方法形成的烧结金属。即实施例1中的所述移动铁心34通过重量上包含1%—3%硅的加压烧结的硅钢模压形成一个受压的粉末体，随后对其进行烧结及固化而得以形成。所述移动铁心34因此具有优良的磁特性（静态吸附力，动态吸附力）。与之相反，实施例1中的所述轴35是一种由强磁性材料制成的钢。

因此，所述移动铁心34通过固化重量上包含1%—3%硅的烧结硅钢而得以形成，所述轴35由一种强磁性材料构成，因此所述电枢24的磁特性增强，从而得到如图3虚线所示的直流磁特性（B—H特性）。即所述电枢24的反应及吸附力增强。

当所述电枢24的反应及吸附力增强时,通过所述弹簧26之所述偏压力的增大,开启所述阀的时间缩短,同时关闭所述阀的时间也被缩短。即所述电磁阀5的反应能够被增强,因而所述具有一快速反应的燃油喷射阀1能够得以实现。

在此,由所述烧结金属制成的所述移动铁心34通过烧结连接与所述轴35一体化。所述轴35是具有优良的耐磨强度及疲劳强度的钢。由于所述轴35在下座时重复地受到冲击,因此其需要具有较高的疲劳强度。所述机械强度能够通过硬度的增加而增强。在此,所述轴35与所述采用烧结金属的移动铁心34相连,并随后通过烧结而连接,因此所述轴35有可能在高温烧结期间受到诸如晶粒扩大的明显的复合成分的变化。因此,所述轴最好通过一体化之后的一个热处理来恢复硬度。

通过上面的观点可以看出,构成所述轴35的钢最好采用诸如高速工具钢等等的钢,其包括一个强磁特性并且能够通过淬火等等的热处理而恢复硬度。具体的说,所述钢的种类最好选自在JIS(日本工业标准)中以SKH表示的钢。在此,合金工具钢、马氏体不锈钢或轴承钢中的任意一种均能够替代高速工具钢,这是由于它们能够实现与所述高速工具钢相类似的作用。

下面将对采用烧结金属的所述移动铁心34以及所述轴35之间的烧结连接予以描述。所述烧结具有下列的功能:增强所述受压的粉末体之粉末间的扩散连接,通过细度的增强而加强强度以及一磁性;同时实现所述受压的粉末体以及所述轴35之间的扩散连接。当所述烧结温度在1000°C以下时,上述被增强的细度不能充分地实现,其将导致所述强度以及所述磁特性不足。此外,其将导致不

充分的扩散连接。因此，所述烧结温度的下限被设置成1000°C，最好不小于1100°C。

然而，当所述烧结温度升高时，所述轴35以及所述烧结金属之间的扩散增强，从而实现稳固的连接。但是，当所述温度过度高时，即使所述轴35采用高速工具钢，通过一热处理恢复所述硬度也变得不可能。因此，所述烧结温度的上限被设置成1300°C。当所述烧结温度低于1300°C时，在利用烧结使得所述轴以及所述移动铁心一体化之后，通过淬火以及回火的热处理，所述硬度能够被恢复。因此，所述轴35面对重复的冲击所需具有的较高而耐磨强度以及较高的疲劳强度得以实现。所述烧结温度的上限最好被设置成不超过1200°C。

此外，就用于烧结的气体而言，一种氧化气体通过在所述受压的粉末体内使铁氧化而使得铁减少，从而降低所述磁特性，因此非氧化气体需要被准备。此外，即使当所述非氧化的气体被准备时，一种具有一渗碳特性的气体使得碳扩散至在所述受压的粉末体内的铁中。此外，上述碳的扩散还增进了烧结期间所述受压粉末体膨胀的趋势，因此与所述轴35的连接变得不充分。相应地，所述烧结气体最好是不包括具有渗碳特性气体的非氧化气体。

所述轴35以及所述受压粉末体之间的连接及配合尺寸偏差是重要的。即所述尺寸偏差是指所述受压的粉末体内孔的内径以及所述轴35之所述外径之间的尺寸偏差。在烧结前，所述受压的粉末体内孔的内径最好被设置成较小，同时所述轴35受压而插入所述内孔中。当所述轴35插入所述内孔中的长度增大时，所述轴35以及所述移动铁心34之间的附着程度增大。但是，为了防止对具有一薄弱结

构的所述受压粉末体的破坏，所述长度最好被设置成不大于20微米，更好的是不大于5微米。

下面将对所述电枢24的制造方法予以描述。首先，通过使用一种润滑剂的一金属模的压缩而模压烧结金属粉末，一具有内孔的受压粉末体得以产生（移动铁心制造步骤）。随后，所述轴35被插入所述受压粉末体之所述内孔中（轴插入步骤）。通过固化所述受压粉末体而形成的所述移动铁心34以及所述轴35随后借助不包括渗碳气体的非氧化气体通过在1000—1300°C范围内的温度所进行的热处理而得以一体化（烧结步骤）。此外，通过淬火及回火步骤的实施，所述轴35所需的用于克服重复冲击的较高的耐磨强度以及较高的疲劳强度被恢复（热处理步骤）。最后，通过对所述移动铁心34实施一切割或一研磨步骤，所述电枢24得以完成（精修步骤）。通过上述的步骤，所述电磁阀5之所述电枢24得以制造而成。

（所述定子铁心32的说明）

如前所述，所述定子铁心32是通过固化铁粉以及树脂粉而形成的SMC。

（所述铁粉的说明）

所述定子铁心32之所述SMC使用的铁粉可以包括通过一雾化方法，一粉碎方法等等而得到的铁粉（雾化的铁粉，被粉碎的铁粉）。所述铁粉粒子的直径根据所需的磁通密度等等而选择。尽管通常在粉末冶金中所使用的不超过20微米的粒子直径在本实施例中也可被使用，但是鉴于一压缩特性的要求，所使用的粒子直径不超过150微米。由于涡流损耗随着所述铁粉粒子直径的减少而减少，因此所述粒子直径最好被设置成不超过100微米。尽管所述粒子直径的下限不必受到限制，但是较小直径的配置将削弱所述受压粉末的压缩

特性以及所述粉末的流动特性，从而无法得到一高密度的受压铁心。因此，所述铁粉的粒子直径最好不小于1微米。

当表面覆盖一磷化合物的铁粉被使用时，所述覆盖薄膜作为一绝缘层具有抑制铁粉粒子间涡流产生的作用。由于用于连接的树脂的存在，这一作用进一步得以增强。对于覆盖所述铁粉的磷化合物而言，磷铁，磷锰，磷锌，磷钙最好被选用。在市场产品中，覆盖磷化合物的铁粉可被使用。

（树脂粉的说明）

对于所述定子铁心32之所述SMC所使用树脂粉，具有一优良耐热性能的聚苯撑硫（polyphenylene-sulfide）（在下面被称作PPS）或具有一优良特性的热塑聚酰亚胺（polyimide）（在下面被称作PI）最好被采用。由所述SMC构成的所述定子铁心32在高温（例如超过180°C）下的长期使用有可能带来所述定子铁心32尺寸或形状的变化或者使得所述定子铁心32的绝缘性能恶化。这些随时间而造成的变化的起因被假定为源于通过压缩而模制的过程中所产生的复杂的残余应力。所述绝缘性能恶化的原因被假定为源于所述铁粉粒子间绝缘树脂厚度的减小。

为了解决上述问题，在所述PPS或PI中掺入具有一较高的玻璃转变温度的树脂是有效的。这是由于在所述铁粉粒子间具有不同热性能的树脂的混合状态很难在使用期间造成形状的变化或移动。在此，具有较高的玻璃转变温度的树脂的含量比应当在不超过原始材料（PPS，热塑PI）含量的范围内。当所述PPS以及所述热塑PI被混合使用时，所述铁粉粒子之间的树脂产生上述之包括不同的热性能，有可能在使用状态下抑制变形或移动的混合状态。上述问题因此得以解决。

此外，具有高于所述热塑PI之玻璃转变温度的树脂可以被使用，例如非热塑PI，聚酰胺-酰亚胺，聚氨基-双马来酰亚胺等等。此外，具有高于所述PPS之玻璃转变温度的树脂可以被使用，例如聚苯氧化物，聚砜，聚醚砜（polyether-sulfone），多芳基化合物，聚醚酰亚胺，非热塑PI，聚酰胺-酰亚胺，聚氨基-双马来酰亚胺等等。

（铁粉与树脂粉混合的说明）

所述树脂粉用作一粘接剂，同时还通过所述铁粉粒子之间的绝缘间隔抑制涡流的产生。在所述铁粉压缩成型期间，其上覆盖由磷化合物的所述铁粉有可能由于剥落而使绝缘受到破坏。但是，树脂的存在可以防止所述绝缘受到破坏，并因此抑制所述涡流的产生。

所述树脂在制造过程中以粉末掺入。在这种情况下，所述树脂粉末粒子直径的减少增强了混合状态以及耐热性能。此外，另一种方式可以被采用，即覆盖有一种有机溶剂（例如：正甲基-2-吡咯烷酮（n-methyl-2-pyrrolidone））的树脂粉末被制造并与未覆盖有机溶剂的树脂粉末混合。通过使用覆盖有有机溶剂的树脂粉末，所述绝缘性能能够得以增强。

（形成受压粉末体）

通过压缩铁粉以及树脂粉末而构成的受压粉末体利用一金属模压缩而得以形成。在压缩成型过程中，在一金属模的表面最好以和粉末冶金通常所使用的相同方式施加一种润滑剂，从而增强压缩性或在抽出所述受压粉末体时减小磨损。在此，施加润滑剂的实施可以包括利用静电作用在所述金属模上施加诸如硬脂锌、亚乙基-硬脂酰胺的成形粉末的技术。此外，通过下面所列方式中的任意一种方式可以得到较高密度的构造：（1）将用于连接的树脂粉末加

热至未熔融的温度，（2）第一次压缩成形在所述铁粉以及树脂粉末未加热的情形下实施，第二次压缩成形在所述铁粉以及树脂粉末受到加热而所述树脂粉末未熔融的情形下实施，以及（3）所述压缩成形在所述树脂被加热至软化且熔融的情形下实施。

作为在上述步骤之后的一个步骤，在所述形成体（受压粉末体）冷却至室温后实施一热处理（下面将要描述）的方法可被采用。此外，在所述形成体成形之后仍热时实施一热处理的方法也可被采用，其能够消除能量损失以及冷却时间。

（加热处理）

在加热处理过程中，用于连接的树脂被熔融，同时树脂特性的稳定旨在用于连接之所述树脂的结晶。所述加热温度就时间根据所使用树脂的类型而选择。所述温度在从熔点至所述树脂未受到热损伤的范围内，即对于PPS而言，温度范围在250—400°C，对于PI而言，温度范围在300—450°C。所述加热时间为0.5—1小时。

加热期间所用的气体可以是空气。但是，空气中的氧可能会降低树脂的强度及机械特性。这是由于氧的存在会加速树脂的聚合反应，并且有可能在树脂内产生气体凝结。因此，在空气中加热之前，最好在诸如氮气的惰性气体中加热。此外，在减压的空气中加热可以减少空气中氧的含量，并且能够驱散树脂中的气体凝结。这些空气状态可以随需要相互组合。在热处理冷却阶段，在320—150°C的温度范围下长时间的冷却还能够起到用于稳定的热处理的作用。

（用于稳定的热处理步骤）

所述热处理使得与所述铁粉粒子相连之所述树脂的特性稳定，并且可以在所述定子铁心32高温下使用时抑制由所述SMC构成之所述定子铁心32随时间而发生的变化。在此，可以采用下面的方法，

即将在热处理之后被冷却的所述受压粉末体在大约150—320°C的温度下保持1至2小时。

(精修步骤)

通过对使用上述的步骤生产的定子铁心32进行切割或研磨,所述定子铁心32得以完工。所述电磁阀5之所述定子铁心32采用上述的步骤制造而成。

如上所述,各种树脂混合物可以添加至所述铁粉(或其表面覆盖有磷化合物的铁粉)中,例如PPS,热塑PI,PPS及热塑PI的混合物,PPS及热塑PI之一与较上述树脂具有一较高的玻璃转变温度的树脂的混合物;以及上述树脂(PPS,热塑PI)与较PPS具有一较高的玻璃转变温度的树脂的混合物。在此,通过将一树脂的含量控制在重量上不超过0.1%可以使得所述定子铁心32具有高的磁传递系数以及高的机械强度。所述定子铁心32具有所述的强度,则即使实施一切割,研磨或钻孔工序时,其也很难破损或断裂。此外,当所述定子铁心32在高温下使用时,所述高的磁特性能够得以保证并且不会产生强度的降低以及尺寸的变化。同时制造成本也能够得到控制。

(实施例1的特征)

如上所述,在实施例1中,通过采用由一强磁性材料制成的轴35,所述电枢24自身的磁特性得以增强。此外,所述电枢24包括所述移动铁心34,所述移动铁心34由硅钢(1LSS—3LSS)形成的烧结金属铁粉制造而成,因此所述电枢24的所述磁特性能够大幅地得以增强。

所述定子铁心32随之需和具有良好的磁特性的电枢24配合。由图4实线A所示可知,当树脂含量比减少时,磁通密度增大并且静

吸力增大。但是，正如图4实线B所示，当树脂含量比减少时，影响一动吸力的铁损增大。因此，当树脂含量比减少时，尽管所述磁通密度增大，但是铁损的增大导致所述电磁阀5的反应变差。因此提供一个具有优良的反应特性的燃油喷射阀1变得不可能。相反，当树脂含量比增大时，尽管铁损减少，但是所述磁通密度也减少。所述吸力因此降低，并且所述反应恶化。因此，通常很难使得所述高的磁通密度与所述低的铁损彼此协调。

本申请的发明者发现所述树脂含量比以及所述铁损之间的关系明显取决于一树脂粒子的直径。具体地说，正如图5所示，在一树脂含量比保持在 w_1 的状况下，当所述树脂的粒子直径减小时，所述铁损能够被抑制。此外，对所述铁损的抑制在所述粒子的直径不超过50微米的范围内能够快速增强。

如图6所示，当所述树脂粒子的直径以及所述树脂含量比发生变化时，在所述树脂含量比减少的情况下，所述铁损随着所述树脂粒子直径的减少而减少。特别地，当所述树脂粒子的直径不超过50微米时，具有一向下凸出部（大曲率）的曲线得以形成；此外，当所述树脂粒子的直径不超过25微米时，具有一小半径凸出部的曲线得以形成。

下面将参照图6及7对所选择的具体的树脂含量比以及树脂粒子直径的实施予以描述。当所述树脂含量比减少时，所述磁通密度增大，所述吸力因此而增大。正如图7所示，首先，具有一高磁通密度的树脂含量比的范围（ w_0 - w_2 ）被确定。所述树脂含量比的范围 w_0 - w_2 由重量百分比为0.005-0.1而确定（与体积百分比为0.03-0.6相比）。在此，由重量百分比到体积百分比的换算基于铁的密度为7.87（25°C），热塑PI的密度为1.30（25°C）。

与之相反，正如图5中所示，所述铁损随着所述树脂粒子直径的减少而减少。因此，为了增加所述定子铁心32的磁特性同时抑制铁损，尽可能地减少所述树脂粉末之粒子的直径是有益的。如上所述，由于抑制铁损的作用在树脂之粒子的直径不超过50微米时增大，因此所述树脂粒子的直径范围在0.005微米（可能是最小直径）至50微米是有益的。

特别地，为了增大所述定子铁心32的磁通密度同时抑制铁损，所述树脂粒子的直径需不能大于25微米，因此所述树脂粒子的直径范围在0.005微米至25微米是有益的。但是，过度地减少树脂粉末之粒子的直径将造成所述树脂粉末的制造困难，因此所述树脂粉末的制造成本将明显地增加。因而，为了增大磁通密度同时抑制铁损并控制制造成本的增加，所述树脂粒子的直径范围在5微米至25微米是有益的。为了增强磁特性同时抑制所述定子铁心32内的铁损，所述树脂粒子的直径范围不大于25微米是有益的。为了控制所述树脂粉末的制造成本，所述树脂粒子的直径范围不小于5微米是有益的。因此所述树脂粒子的直径在5微米至25微米的范围内有益于制造成本与磁通密度的均衡。

在实施例1中，为了使得所述磁通密度较高，所述树脂粉末的粒子直径或树脂含量比在所述树脂含量比较低的情况下受到控制（例如，树脂含量重量百分比从0.005-0.1）。因此所述定子铁心32的直流磁特性受到控制而大致与所述电枢24之所述直流磁特性相同。

具体地，正如图3所示，当所述电枢24之所述直流磁特性（ $B-H$ 参数）被假定为100%时，所述定子铁心32之所述直流磁特性（ $B-H$ 参数）被控制在80%—120%的范围内。即当所述电枢24

之所述直流磁特性如图3虚线所示时，所述定子铁心32之所述直流磁特性被设定在两条实线X，Y之内。

当所述电枢24之所述直流磁特性如图3虚线A所示，同时所述定子铁心32通过使其直流磁特性按照一实线W而最小化所述树脂粒子直径来形成时，所述定子铁心32之所述磁特性明显超过所述电枢24之所述磁特性。因此，即使当所述定子铁心32之所述磁特性增大时，所述电枢24的吸力及阀反应速度由磁特性差于所述定子铁心32之所述磁特性的所述电枢24的磁特性决定。因此，基于高的制造成本而使得所述定子铁心32的性能增加变得无用，即所述定子铁心32之制造成本无用的增加不会必然的导致所述电磁阀5之性能的增强。

相反，假定通过略微的增加所述定子铁心32之所述树脂含量比，增大所述树脂粒子的直径等等而使得所述定子铁心32的磁特性差于如图3实线Z所示的移动铁心34的磁特性。在此，所述电磁阀5的性能取决于变差的所述定子铁心32之所述磁特性。因此所述电磁阀5的性能不足。

下面的表格1、2表示所述电枢24之吸力以及阀反应速度的测试结果，所述结果基于所述定子铁心32具有图3中点化线W，实线X，实线Y以及虚线Z所示之磁特性而测得。

(表格1)

静吸力 (N)	铁心材料			
	W	X	Y	Z
电枢材料	99	96	66	46

(表格2)

阀反应 (μs)	铁心材料			
	W	X	Y	Z
电枢材料	175	180	220	275

(实施例1的效果)

如上所述，在实施例1中，即使所述电枢24的磁特性增大，通过控制所述定子铁心32的磁密度或铁损，所述定子铁心32以及所述电枢24的直流磁特性也可彼此大致相同。上述可通过控制构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂含量比及其树脂粒子的直径而实现。因此，所述定子铁心32以及所述电枢24之直流磁特性的大致均衡可以使得两者的磁性能有效的发挥，并且可提供一个能够很好地平衡成本及性能的优良的燃油喷射阀1。

(实施例2)

在上述的实施例1中，构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂粉末包括下列所述中的任何一个：

- (1) PPS
- (2) 热塑PI
- (3) PPS及热塑PI的混合物
- (4) PPS以及玻璃转变温度高于PPS的一种树脂的混合物
- (5) 热塑PI以及玻璃转变温度高于PPS的一种树脂的混合物
- (6) PPS，热塑PI以及玻璃转变温度高于PPS的一种树脂的混合物

与之相反，在实施例2中，构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂粉末包括下列所述中的任何一个：

(1) 热固PI

(2) 热固PI以及聚四氟乙烯（下面被称作PTFE）的混合物

此外，所述定子铁心32（SMC）中的所述铁粉使用雾化铁及粉碎铁。

用于实验的制造所述定子铁心32的所述粉末以及所述受压粉末样本将参照下面的制造方法及其性能测试方法予以描述。

1. 铁粉

(1) 雾化铁粉，其粒子直径不超过200微米，具有一个覆盖一种含磷材料的绝缘薄表面

(2) 被粉碎的铁粉，其粒子直径不超过200微米，具有一个覆盖一种含磷材料的绝缘薄表面

2. 树脂粉末

(1) 热塑PI，其平均粒子直径为20微米

(2) 热固PI，其平均粒子直径为20微米

(3) PTFE，其平均粒子直径为5微米

3. 粉末的成形（形成受压粉末体）

所述粉末体提供下面的步骤形成：将一种润滑剂放入酒精中形成一种液体；将所述液体放入一个被加热至100° C的成形金属膜的内表面；干燥所述金属膜；将受热的铁粉以及树脂粉混合物充满所述金属膜；以及在1560兆帕的压力下压缩混合物而形成所述粉末体。

4. 受压粉末体的热处理

(1) 对于包括热塑PI的受压粉末体：在氮气中，400° C，一

个小时

(2) 对于包括热固PI的受压粉末体：在空气中，200° C，两个小时

5. 样本

对所述经热处理后的SMC的边缘面以及内表面进行切割，从而形成一个内径为10毫米，外径为23毫米，高度为10毫米的样本。

6. 特性

(1) 磁通密度 (T)：在一个8000的磁场中测得的值；

(2) 铁损 (千瓦 / 立方米)：在磁通密度为0.25T (特斯拉)，频率为5千赫兹下测得的值；

(3) 径向挤压强度 (兆帕)：根据JIS22507—1979 (用于烧结的油挡轴承钢的实验方法)；

(4) 密度 (千克 / 立方米)：根据JISZ2505—1979 (用于烧结金属材料的烧结密度的实验方法)。

在下面，性能曲线用于接下的说明。

1. 树脂的种类及其含量比

图8—11示出了当采用雾化铁粉并且热塑PI及热固PI的含量比变化时一个受压粉末铁心的性能。如图8所示，当树脂的含量比增加时，所述密度减小。当使用热固PI时，所述密度增大。如图9所示，当树脂含量增加时，所述径向挤压强度减小。就热塑PI而言，当树脂含量增加时，所述径向挤压强度减小。但是，就热固PI而言，即使当树脂含量重量百分比不小于0.1时，所述径向挤压强度也一直保持不变。

图10中示出了一个磁通密度，当树脂含量比增加时，所述磁通密度减小。热固PI磁通密度的减少小于热塑PI磁通密度的减少。

所述磁通密度随图8所示的密度而得以修正。

图11中示出了铁损，当树脂含量比增加时，所述铁损明显地减小并且在某些含量下保持稳定。当使用热固PI时，所述铁损减少的更多，并且在树脂含量重量百分比不小于0.1时保持稳定。

上述实验的总结如下：

(1) 热固PI优于热塑PI。使用热固PI可得到一个较高的密度以及一个具有较高磁通密度的受压粉末体，并且能够增大径向挤压强度。

(2) 当热固PI的含量比减小时，所述受压粉末体具有一个较高的密度，较高的径向挤压强度以及较高的磁通密度。

(3) 当所述热固PI的重量含量百分比增加至0.1%时，铁损明显地减小；但是，当所述百分比大于0.15%时，所述铁损不再减小。

(4) 密度，径向挤压强度以及磁通密度随热固PI含量比的增加而减小，因此所述热固PI的含量比较低。

(5) 在切割工序之后，所述受压粉末铁心上会产生粗糙面以及轻微的角度，因此还需进行相应的改进。

下面将对使用雾化铁粉以及被粉碎铁粉的一个受压粉末体的性能予以描述。上述使用雾化铁粉的受压粉末铁心的性能不利于所述切割工序。其原因被认定为所述铁粉的粒子在切割过程中易于脱落。另外的原因是雾化铁粉具有一个较小的稳定面且其表面系数相当的小。当使用具有相当大的表面系数的被粉碎的铁粉时，以上述类似方式形成的一个受压粉末铁心样本受到切割时，其经处理的表面在实验中呈现出一令人满意的性能。但是，当被粉碎的铁粉被使用时，所述铁粉的压缩特性相当地差，因此形成一个高密度受压粉末体非常困难，同时一个高的磁通密度无法很容易的得到。

基于上述的知识，下面将对由雾化铁粉以及被粉碎铁粉形成一混合物时，磁通密度，铁损以及可切割性的相互作用予以说明。

图12至图15示出了依下面的条件所形成的受压粉末铁心样本：用作树脂粉末的热塑PI或热固PI的重量含量百分比为0.1；所述铁心或只是雾化铁粉（即被粉碎的铁粉含量为0%），或是雾化铁粉以及被粉碎铁粉1:1（重量比）的混合物。

图12示出了一密度，包括被粉碎铁粉的混合物较只有雾化铁粉的铁心具有一较低的密度。当包括被粉碎铁粉的混合物被使用时，所述热固PI的性能大幅地降低。

图13示出了径向挤压强度，包括被粉碎铁粉的混合物具有较高的强度。此外，当使用热固PI并且包括被粉碎铁粉时，所述径向挤压强度有一较小的增加趋势。

图14示出了磁通密度，包括被粉碎铁粉的样本具有较小的磁通密度。此外，当使用热固PI并且包括被粉碎铁粉的样本时，所述磁通密度有较大的减小。

图15示出了铁损，当使用热塑PI并且包括被粉碎铁粉的样本时，所述铁损明显大幅地增加。相反，当使用热固PI并且只包括雾化铁粉的样本时，所述铁损较小，即使当添加所述被粉碎的铁粉时，所述铁损也很难加大。即，即使所述热固PI与包括被粉碎铁粉的样本混合时，其相应的铁损也很难增大。就可切割性而言，包括被粉碎铁粉的样本的可切割性较优。

通过上述就被粉碎铁粉与雾化铁粉的混合所进行实验的总结，下面的内容可被证实：

（1）当所述被粉碎的铁粉被包括时，其压缩性能差于只包括雾化铁粉的样本的压缩性能。因此，所述密度减小，从而导致一较

低磁通密度。

(2) 当所述被粉碎的铁粉被包括时,所述径向挤压强度增强。

(3) 当所述被粉碎的铁粉被包括时,包括热固PI的样本较包括热塑PI的样本具有一较低的铁损。

(4) 当所述被粉碎的铁粉被包括时,所述可切割性得到明显地改善。

由上述(1)至(4)可看出,另外包括被粉碎的铁粉的样本较之包括雾化铁粉的样本具有一个较低的密度以及一个较低的磁通密度。但是,当所述热固PI被包括时,所述铁损减少同时可切割性得以改善。因此,这种样本适于用作一定子铁心32。

下面将对雾化铁粉和被粉碎铁粉的混合量以及所述热固PI的添加量予以说明。

图16至图19示出了包括不同的被粉碎铁粉含量比以及不同的热固PI含量比的受压粉末铁心的特性。

正如图16所示,当被粉碎铁粉的含量比或热固PI的含量比增大时,密度减小。

正如图17所示,当被粉碎铁粉的含量比或热固PI的含量比增大时,磁通密度减小。

图18示出了密度以及磁通密度之间的关系。所述密度以及所述磁通密度彼此具有一个补偿,而这种补偿与树脂的含量比以及被粉碎铁粉的含量比无关。所述曲线大致示出了: $B=1.7d-11.14$,其中“B”是磁通密度,“d”是密度。

此外,正如图19所示,当所述被粉碎铁粉的量增加时,铁损增大。在所述热固PI的重量含量百分比在0.10%—0.30%的范围内时,所述铁损的特性类似;与之相反,当所述热固PI的重量含量百

分比不大于0.05%时，所述铁损增加。

就一切剖面而言，所述被粉碎的铁粉的重量含量百分比为5%的样本具有一个被认可的作用，而这种作用与树脂含量比无关。当所述被粉碎的铁粉增加时，所述切割面变得更好。

上述实验的总结如下：

(1) 当热固PI的重量含量百分比不大于0.15%，同时被粉碎铁粉的重量含量百分比不大于50%时，磁通密度不小于1.8特斯拉。与所述铁粉采用雾化铁粉以及树脂采用重量含量百分比为0.3%的PPS的一个受压粉末铁心之1.7特斯拉的磁通密度相比，1.8特斯拉的磁通密度被认为是一个较高的级别。

(2) 当磁通密度的目标值被设定成“不小于1.75特斯拉”，即高于相比较之受压粉末铁心的磁通密度时，若所述热固PI的重量含量百分比不大于0.15%，同时被粉碎铁粉的重量含量百分比不大于70%，上述目标值可以得到。

(3) 当一铁损的目标值被设定成“不大于3000千瓦 / 立方米”时，若所述热固PI的重量含量百分比不小于0.10%，同时被粉碎铁粉的重量含量百分比不大于70%，上述目标值可以得到。

(4) 当对铁损的特性无限制时，磁通密度随着树脂含量比的增大而增大。

(5) 当所述铁粉包括被粉碎的铁粉时，受压粉末体切割后之表面的粗糙度及断裂得到改善。为了确保一切剖面得到改善，被粉碎铁粉的重量含量百分比需不小于5%。此外，当被粉碎铁粉的含量比增加时，所述切割面变得更好。

通过上述的描述可以看出，一最佳实施例基于被粉碎铁粉的重量含量百分比从5%—50%以及热固PI的重量含量百分比从

0.10%—0.15%而得到。在此，所述最佳实施例改善了可切割性，磁通密度不小于1.8特斯拉，同时铁损不大于3000千瓦 / 立方米。此外，当磁通密度需为1.75特斯拉且铁损可以较高时，这一需求可以通过被粉碎铁粉的重量含量百分比从5%—50%以及热固PI的重量含量百分比不大于0.15%而实现。另外，当磁通密度需较高且铁损可以较高时，这一需求可以通过热固PI的重量含量百分比的最小值为0.01%而实现。但是，如上所述，所述磁通密度最好尽可能的高，同时所述铁损尽可能的低，因此被粉碎铁粉的重量含量百分比不应超过50%。

下面将对由于PTFE的添加而造成的所述受压粉末体性能的增强予以描述。如上所述，铁粉的增加可以改善切割过程中的可加工性。但是，压缩性能较使用雾化铁粉的相应的性能变差。为了增大磁通密度，润滑粉需被添加。PTFE被研究作为润滑粉。

图20—22示出了在下列条件下得到的受压粉末铁心样本的特性：一树脂的重量含量百分比在0.10%—0.15%之间变化；雾化铁粉与被粉碎铁粉的混合比发生变化；树脂在热固PI以及按1:1的重量比混合的热固PI和PTFE之间变化。这些受压粉末体样本以与上述实验相同的方式形成，并且热处理与热固PI的热处理相同。

图20示出了密度，包括热固PI和PTFE的样本较只包括热固PI的样本具有大约多出0.02千克 / 立方米的较大的密度。

图21示出了磁通密度，包括热固PI和PTFE的样本的磁通密度随着密度的增加而增加。即使当被粉碎铁粉的重量含量百分比为70%，同时热固PI和PTFE混合物的重量含量百分比为0.01%时，所述磁通密度也超过1.8特斯拉。

正如图22所示，采用热固PI和PTFE混合物的样本的铁损略微

大于只采用热固PI样本的铁损。即使当被粉碎铁粉的重量含量百分比为70%，同时热固PI和PTFE混合物的重量含量百分比为0.01%时，所述铁损也不大于3000千瓦 / 立方米。

上述实验的总结如下：

(1) 将所添加的热塑PI的一部分由PTFE取代，所述粉末的压缩性能得以加强，所得密度较大，并因此可以得到具有一较高的磁通密度的受压粉末铁心。因此，所述被粉碎铁粉的含量比可以增大。此外，通过添加PTFE，在所述受压粉末体受到压缩时，所述铁粉以及所述金属膜之间的磨损减小，因此所述金属膜的使用期限得以延长。

(2) 所述PTFE使得铁损略微增大；但是，在所述PTFE的重量含量百分比为0.10%时，即使被粉碎铁粉的重量含量百分比为70%，所述铁损也可保持不超过3000千瓦 / 立方米。

通过上面的描述可以看出，即使所述树脂含量比以及所述铁粉含量比较大时，例如所述树脂的重量含量百分比为0.15%时，所述被粉碎铁粉的重量含量百分比为70%，所述受压粉末体也可具有一较高的磁通密度，并且所述铁损也能够得到控制。所述包括PTFE的受压粉末体还呈现出一较高的密度以及一较大的磁通密度，其中所述PTFE作为所述热固PI的部分替代物，其重量含量百分比为0.01%—0.15%，最好为0.1%—0.15%。所述受压粉末铁心非常适用于安装于一燃油喷射阀1中的定子铁心32。

下面将对包括PTFE之所述定子铁心32的制造方法予以说明。在上述的实验中，所述热固PI及PTFE的重量含量比为1：1，但是，这一比值是可以根据需要依所述被粉碎铁粉的含量比而发生变化的，例如3：1或1：3，从而得到一令人满意的铁心。在此，与热固PI相比，所述PTFE使得铁损增大，因此所述PTFE的含量比最好不

超过树脂含量比的 $3/4$ 。因此，在包括PTFE情况下的所述制造方法中，首先，利用金属膜对构成所述定子铁心32之所述铁粉以及树脂粉末的混合物进行压缩成型。所述金属膜中采用一种润滑剂以形成一受压粉末体（定子铁芯受压成型）。

接着，当所述树脂粉末中包括PTFE时，所述受压粉末体被加热至 150°C — 250°C ，最好是 200°C 。因此所述受压粉末体被牢固地固化。在所述PTFE软化或熔融的一个较高的温度下，所述热固PI的性质发生变化，因此一绝缘特性降低并且所述铁损增大。因而，所述加热温度最好在 150°C — 250°C 的范围内（固化步骤）。最后，对一吸附面以及类似面进行切割或研磨，从而使得所述定子铁心32得以完工（精修步骤）。

所述电磁阀5之所述定子铁心32通过上述的步骤制造而成。通过采用实施例1中所示的技术，所述定子铁心32的性能及成本得到了很好的平衡，其能够提供一个优良的燃油喷射阀1。在此，在实施例2中，构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂粉末可以只包括热固PI，或者是热固PI及PTFE的混合物；然而，所述PTFE也可被独自采用。

在上述的实施例中，通过控制构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂含量比或树脂粒子的直径，所述定子铁心32的直流磁特性可以与所述电枢24的直流磁特性相匹配。但是，当所述电枢24中的所述移动铁心34主要影响所述磁特性时，所述移动铁心34之所述直流磁特性可以与所述电枢24的直流磁特性相匹配。

此外，通过控制构成所述定子铁心32之所述SMC的树脂含量比或树脂粒子的直径，所述定子铁心32的直流磁特性可以与所述电枢24（或所述移动铁心34）的直流磁特性相匹配。与之相反，所述电枢24（或所述移动铁心34）的直流磁特性能够与所述定子铁心32

的直流磁特性相匹配。例如，通过使用SMC构成所述移动34并且控制树脂含量比或树脂粒子的直径等等，所述电枢24（或所述移动铁心34）的直流磁特性能够与所述定子铁心32的直流磁特性相匹配。

在上述的实施例中，所述移动铁心34采用由硅钢烧结金属形成的铁粉。但，所述铁粉可以包括软磁性材料铁，例如纯铁，软铁，多种铁的混合物等等。就硅钢的实例而言，重量上包含1%—3%硅的硅钢被采用；但是，所述硅钢还可以是与重量上包含1%—3%硅的硅钢不同的硅钢，或者是重量上包含1%—3%硅的硅钢与重量上包含1%—3%硅的硅钢不同的硅钢的混合物。

在上述的实施例中，所述移动铁心34采用由烧结金属形成的铁粉；但是，所述移动铁心34可以采用由一种已知的金属材料形成的软磁性材料（例如，纯金属）。在此，所述软磁性材料可以包括硅钢或诸如纯铁及软铁的一种软磁性材料。

在上述的实施例中，所述移动铁心34以及所述轴35通过烧结而相连；但是，其它的诸如堵缝，压配合以及焊接等等的技术也可被采用。

在上述的实施例中，所述移动铁心34以及所述轴35首先独立制备，然后一体化；但是，所述移动铁心34以及所述轴35可制成一个一体件。

在上述的实施例中，本发明提及一种燃油喷射阀1之一电磁阀5；但是，本发明也可包括安装于车辆上的诸如一EGR阀或一油路开起阀的其它阀。除了电磁阀外，其还可以包括一线性阀等等。

很显然，本领域的普通技术人员对上述本发明的实施例作出各种改进。但是，本发明所要求保护的的范围取决于下面的权利要求。

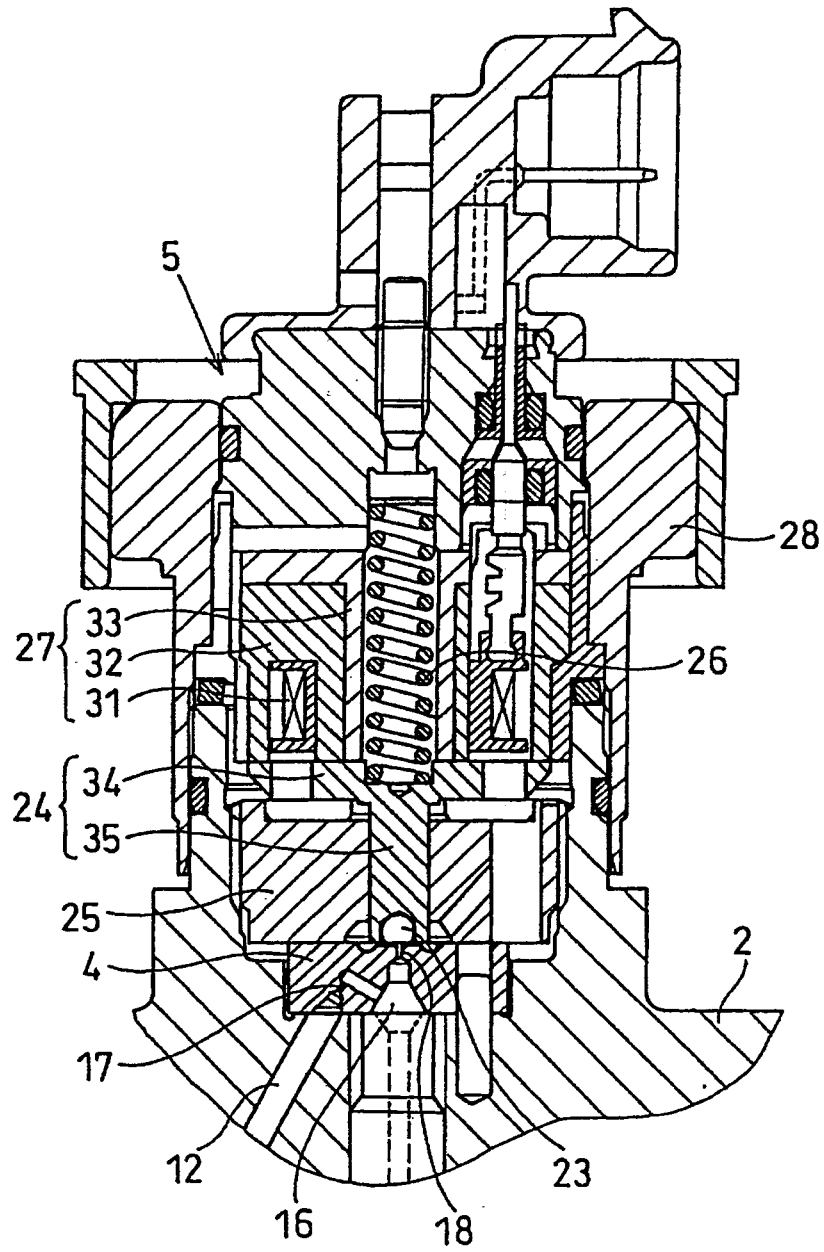


图1

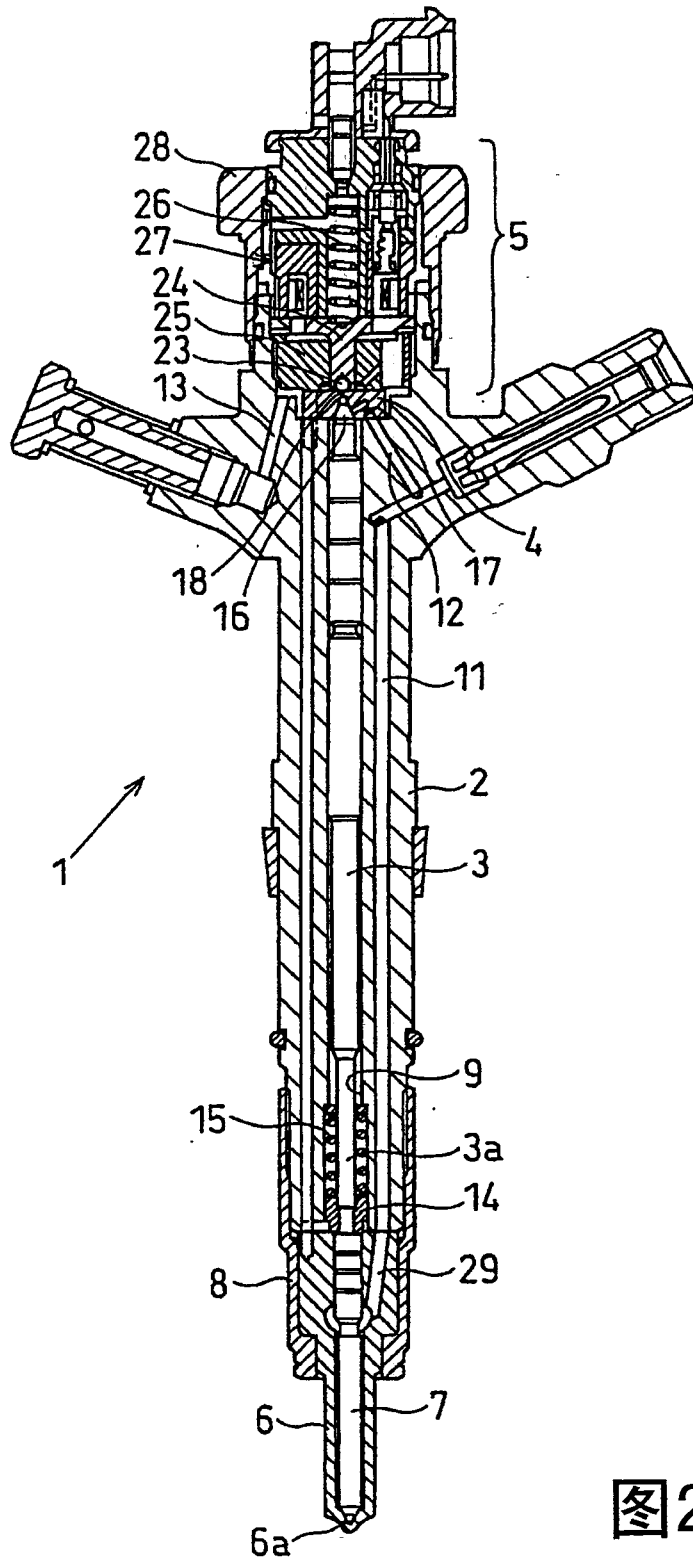


图2

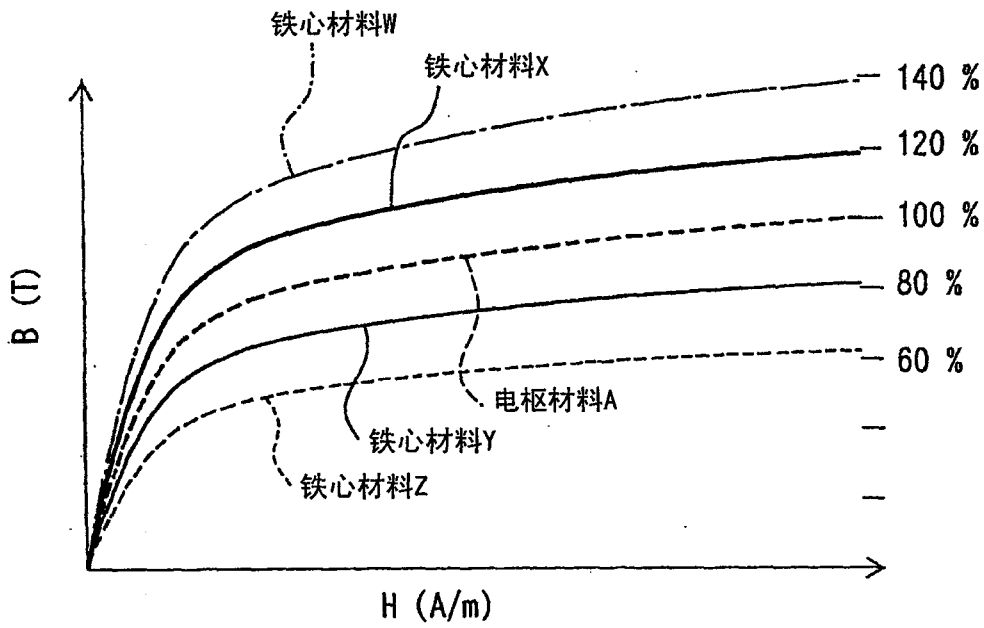


图3

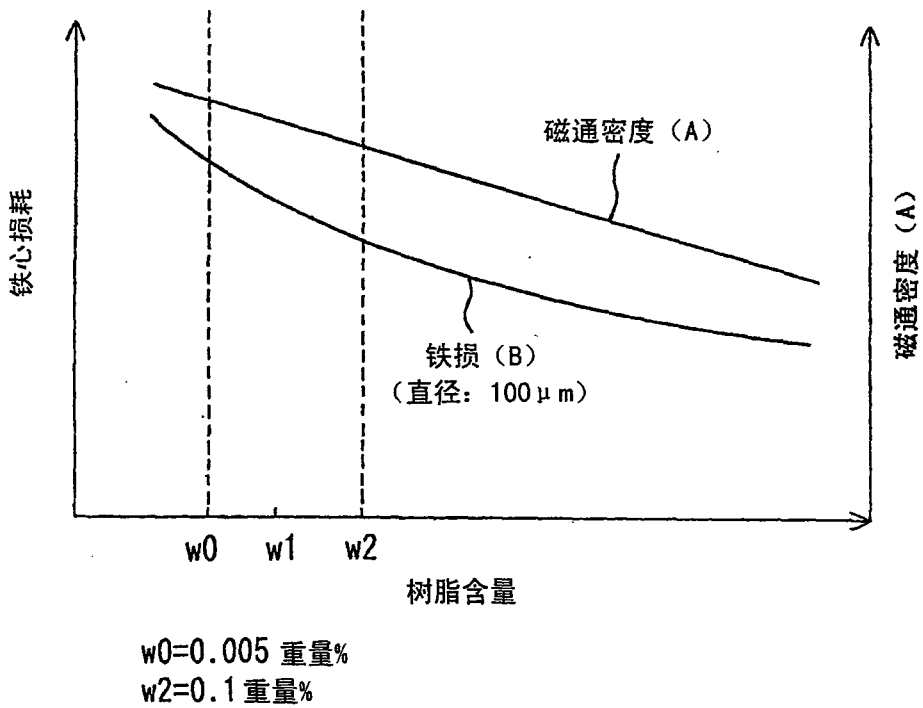


图4

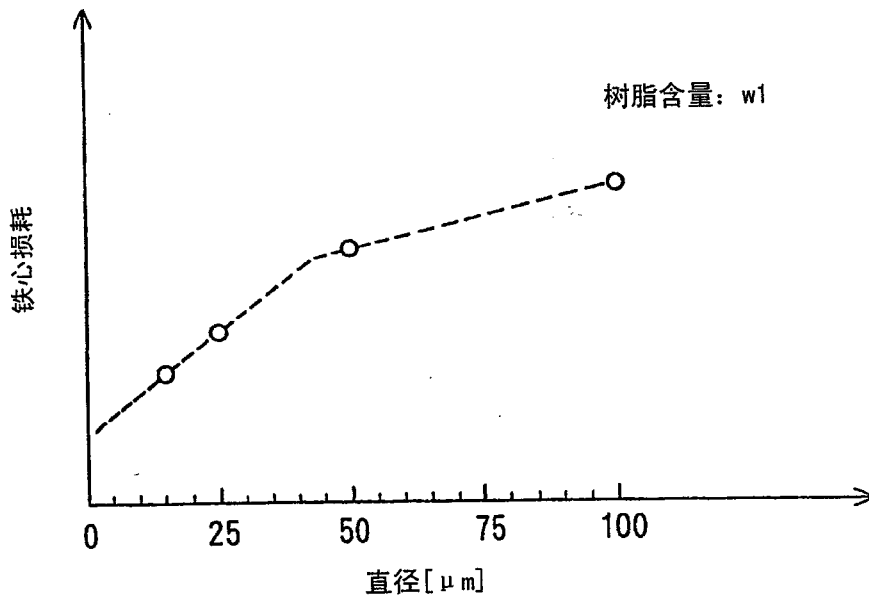


图5

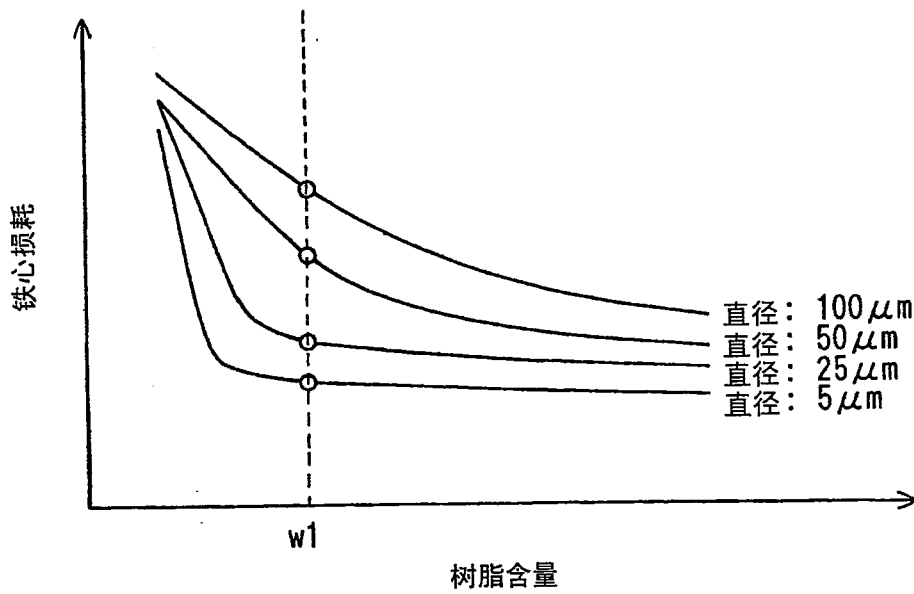


图6

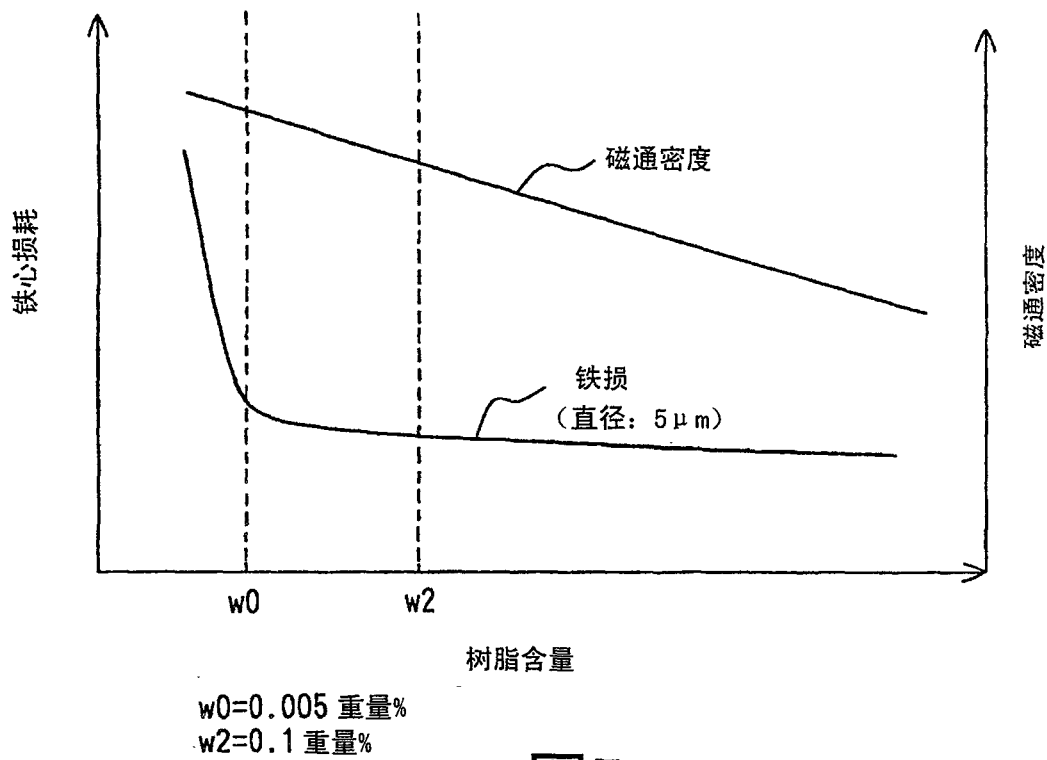


图7

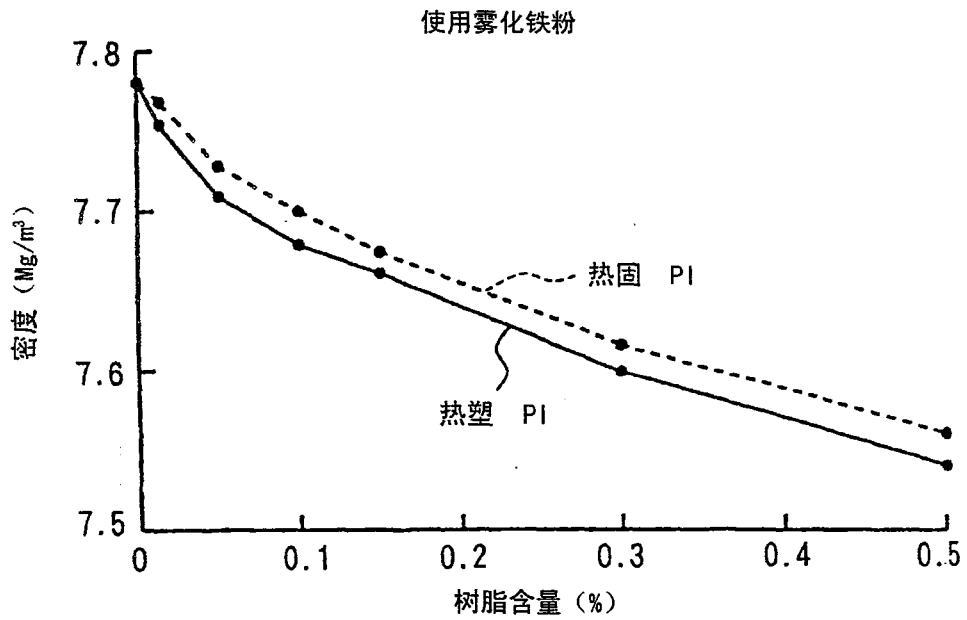


图8

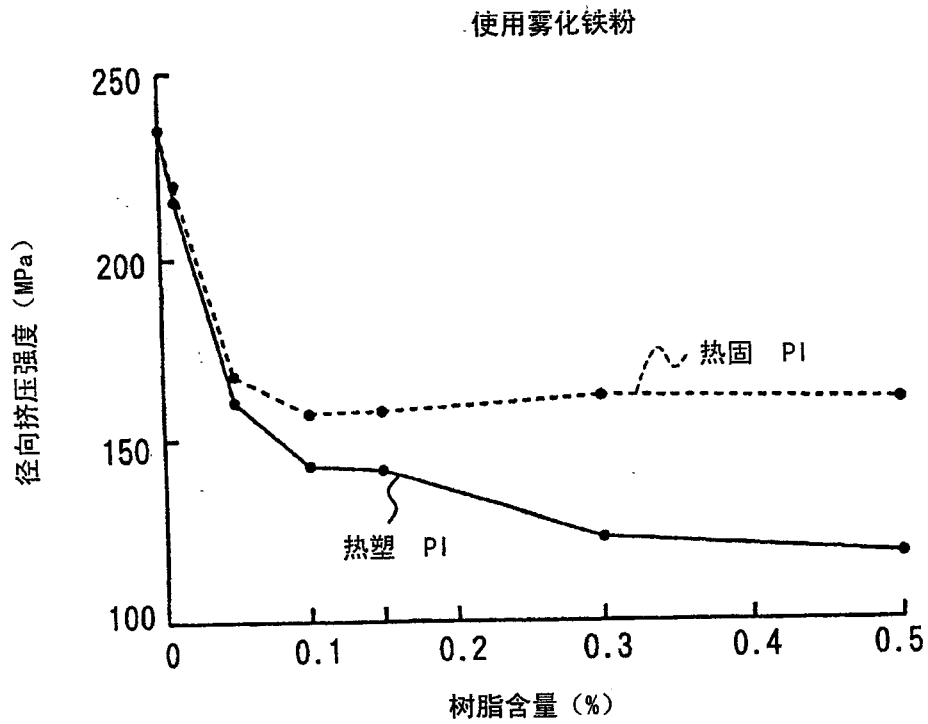


图9

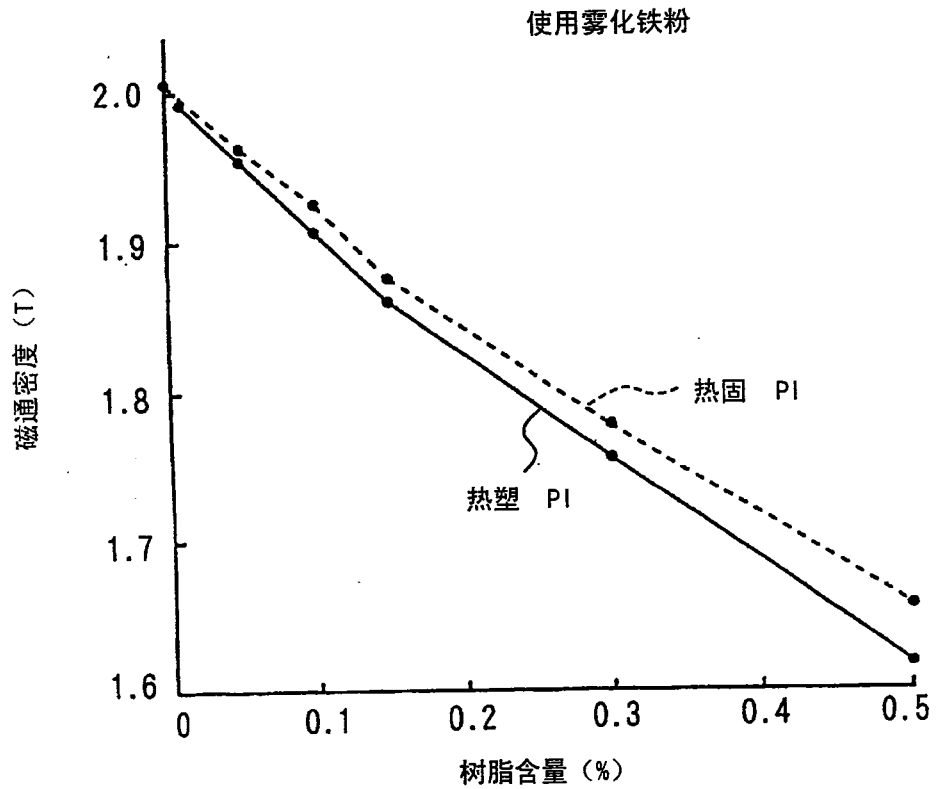


图10

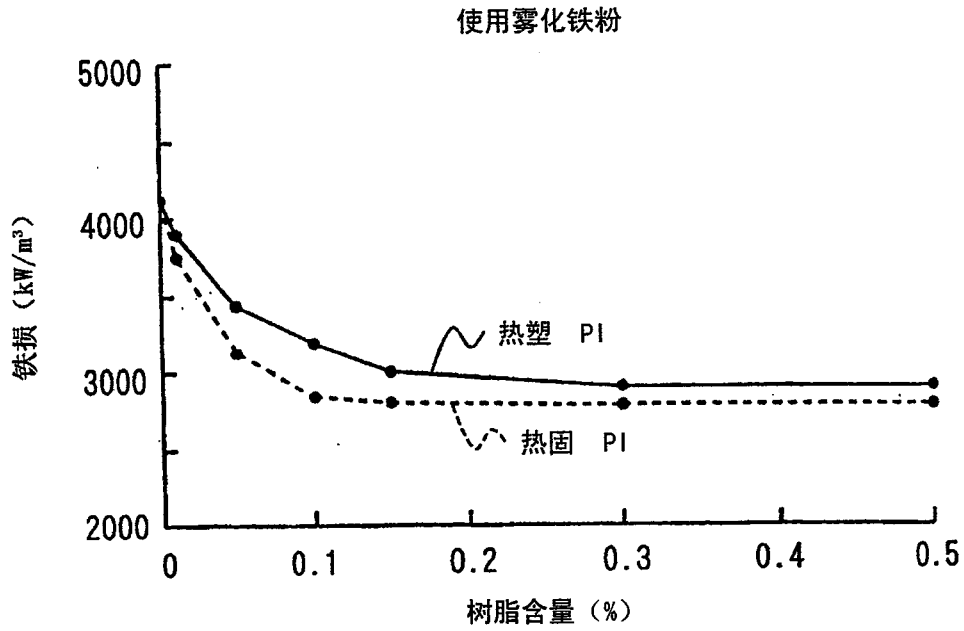


图11

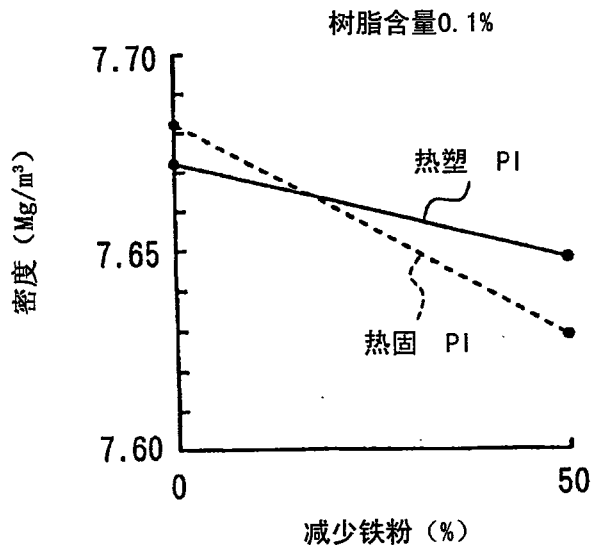


图12

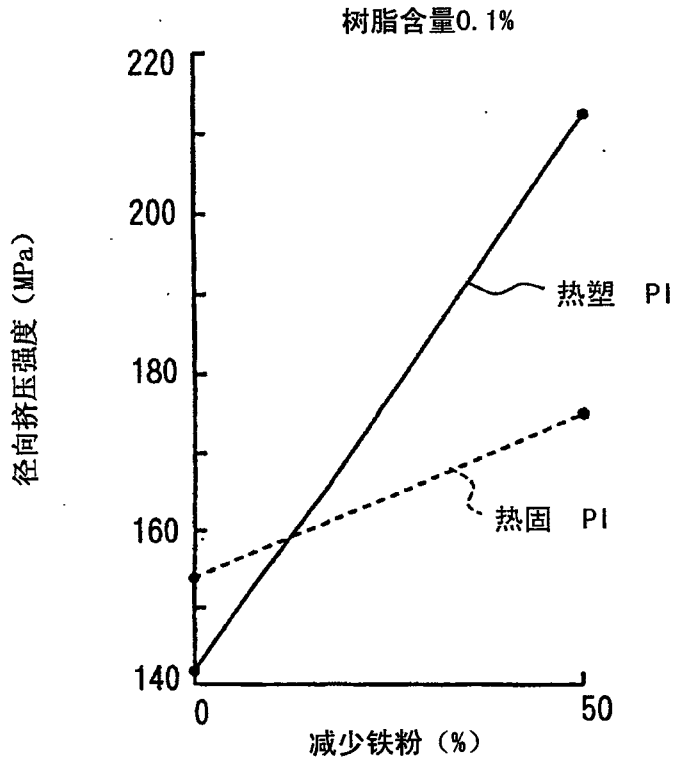


图13

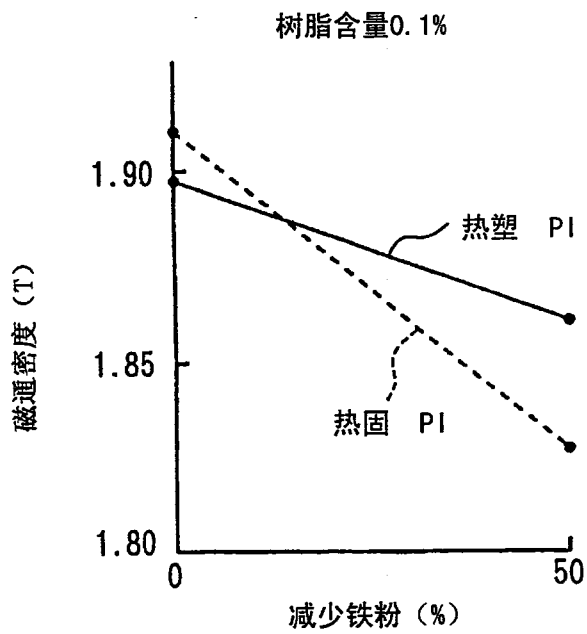


图14

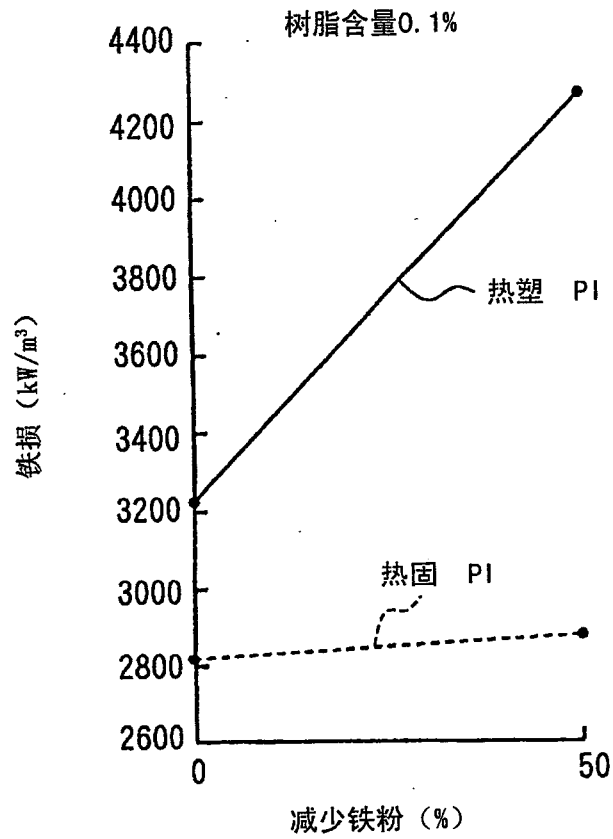


图15

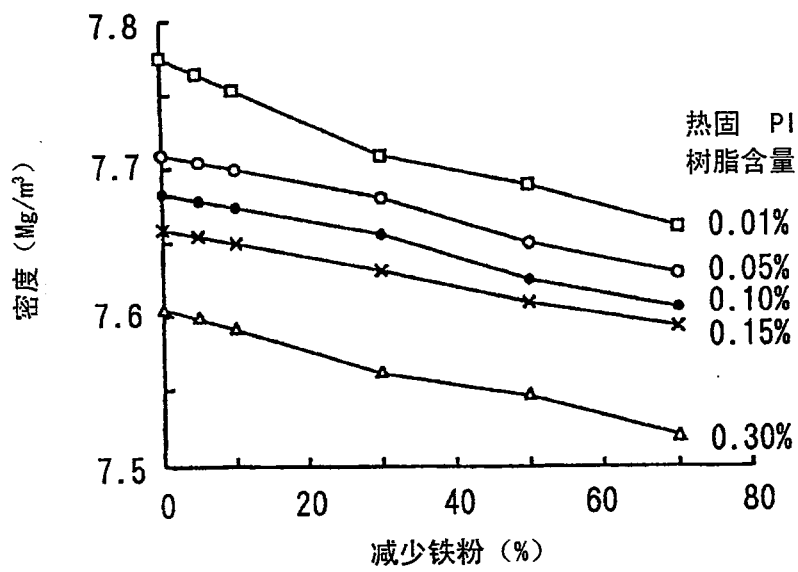


图16

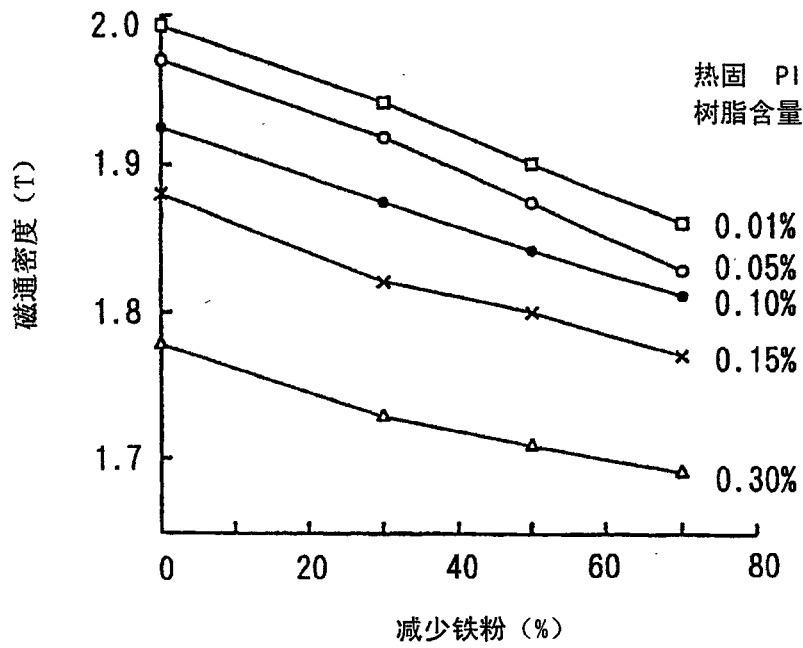


图17

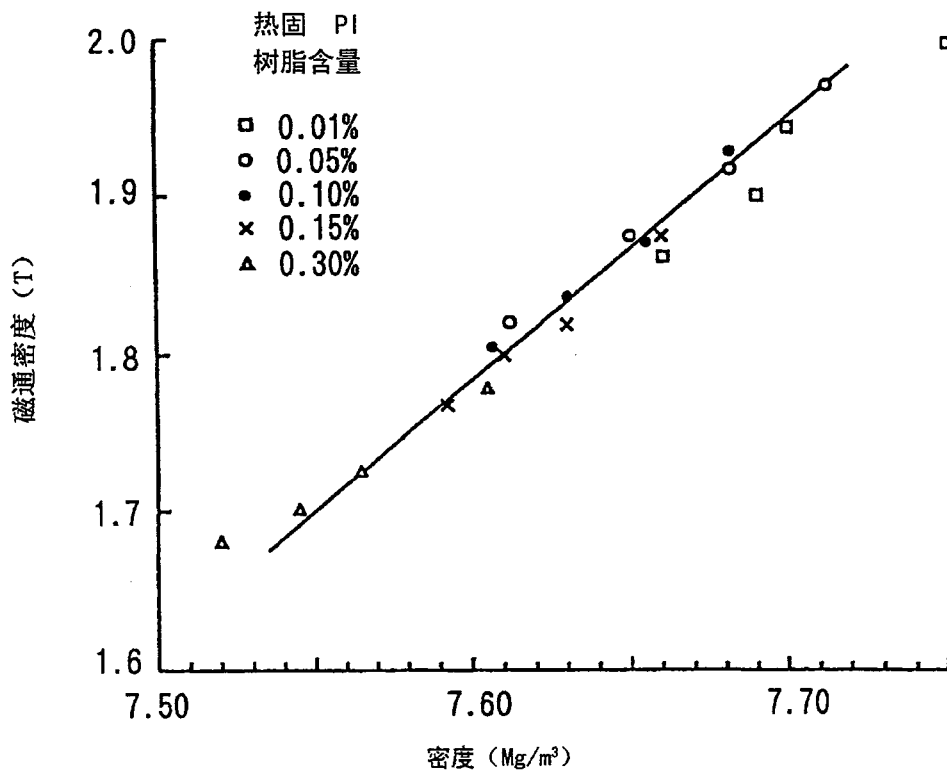


图18

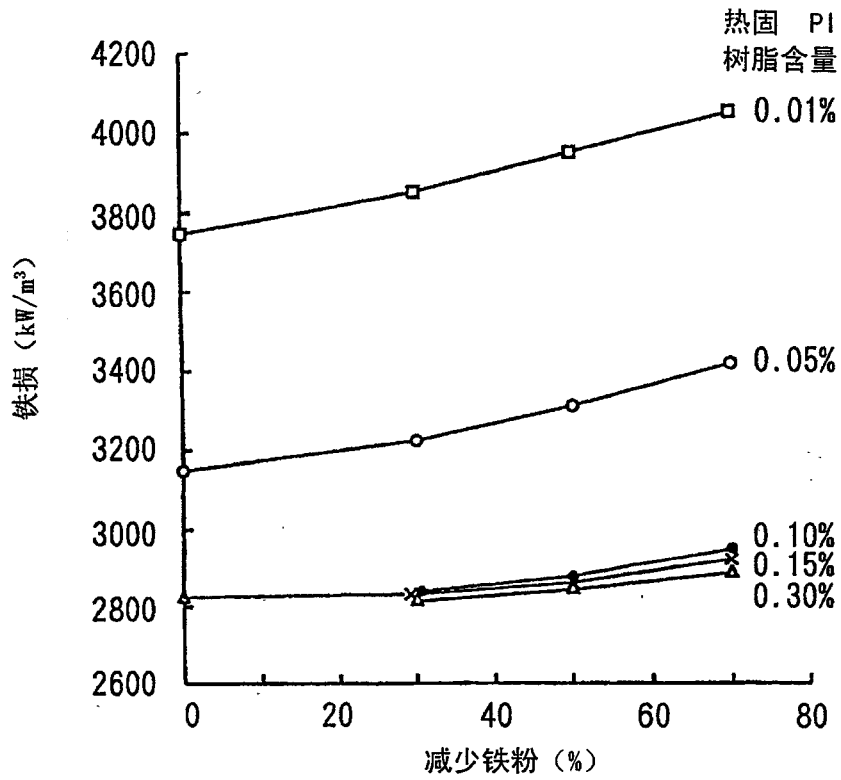


图19

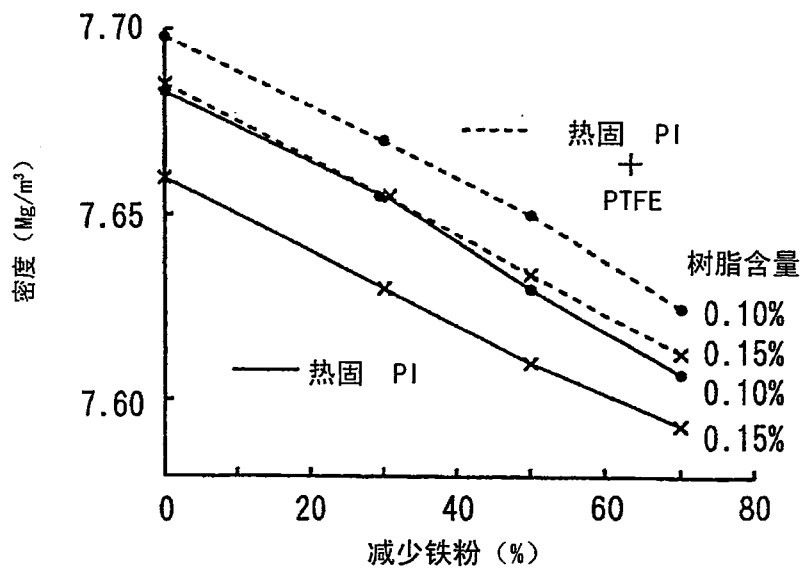


图20

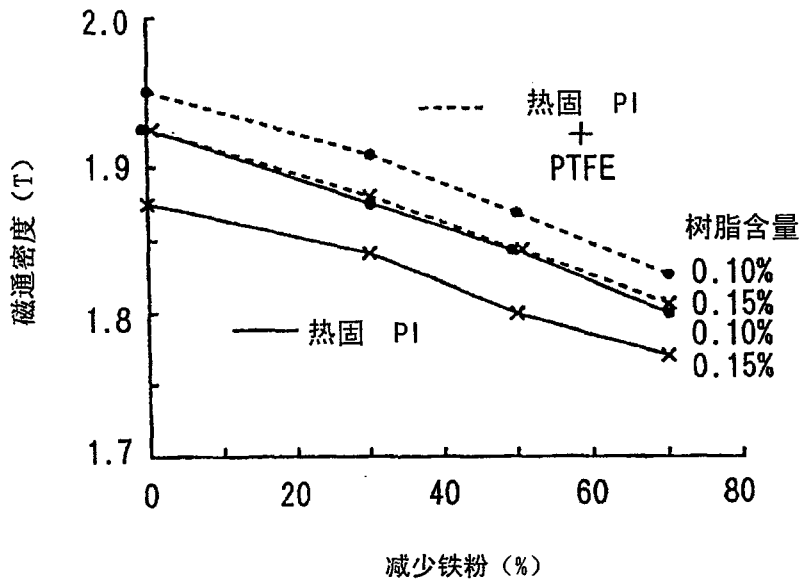


图21

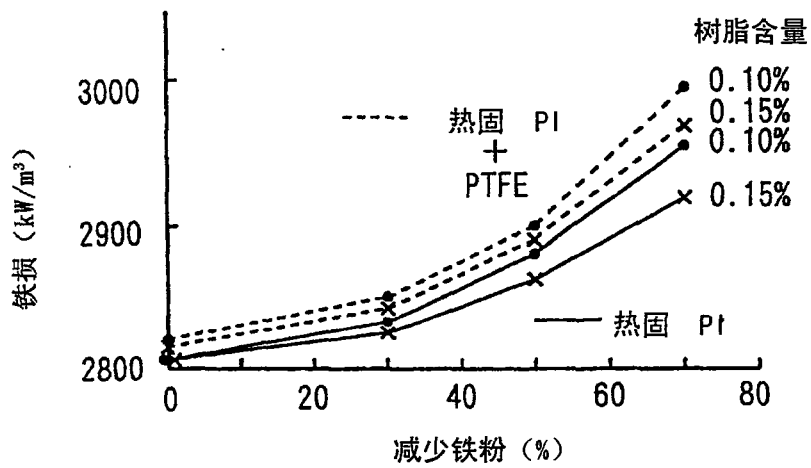


图22