[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01F 1/053 (2006.01)
H01F 1/08 (2006.01)
H01F 1/147 (2006.01)
H01F 1/22 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410090561.1

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100385575C

[22] 申请日 2000.6.10

[21] 申请号 200410090561.1

分案原申请号 00122568.5

[30] 优先权

[32] 1999.6.11 [33] JP [31] 165234/99

[73] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 新井圣 加藤洋

[56] 参考文献

US－5634987A 1997.6.3

JP10－324958A 1998.12.8

US－5449417A 1995.9.12

CN－1105474A 1995.7.19

JP10－259459A 1998.9.29

审查员 王南野

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张志醒

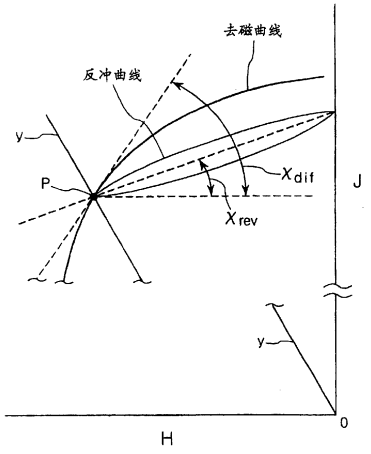
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 7 页

[54] 发明名称

磁铁粉末与各向同性粘结磁铁

[57] 摘要

一种磁通密度高，充磁性优良，可靠性、耐热性、耐蚀性高的磁铁。它由 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$ (R 是至少一种稀土类元素；x：8.1—94 原子%；y：0－0.30；z：4.6—6.8 原子%；w：0.2—3原子%)表示的合金组成，由具有软磁相和硬磁相的复合组织构成，与结合树脂混合成形作成各向同性粘结磁铁时，表示室温下磁特性的 J－H 图去磁曲线中，与通过 J－H 图中的原点、且斜率(J/H)为 -3.8×10^{-6} 亨利/m 的直线的交点作为出发点测定时的不可逆磁化系数为 5.0×10^{-7} 亨利/m 或以下，室温下的固有矫顽力为 406—717kA/m。



1. 一种磁铁粉末，包括:

由 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$ 所表示的合金组成，其中，R 是至少一种稀土类元素；x: 8.1－9.4 原子%；y: 0－0.30；z: 4.6－6.8 原子%；w: 0.2－3.0 原子%，所述磁铁粉末则由具有软磁相和硬磁相的复合组织构成；并且

所述软磁相和硬磁相都具有 5－50nm 的平均结晶粒径;

其中，所述磁铁粉末在各向同性粘结磁铁是通过用结合树脂来混合磁铁粉末而成形的情况下，具有不可逆磁化系数 X_{irr} 是等于或小于 5.0×10^{-7}H/m 的特性;

通过利用 J－H 图中一条去磁曲线与通过 J－H 图中原点的一条直线相交的一点来测量所述不可逆磁化系数，其中，H 是磁场强度，表示为 J－H 图中的横坐标，单位是 A/m；J 是磁化强度，表示为 J－H 图中的纵坐标，单位是 Wb/m^2;

所述去磁曲线表示室温下的磁特性，并且该直线的斜度 J/H 为 -3.8×10^{-6}；并且

所述磁铁在室温下的固有矫顽力 H_{cj} 处于 406－717kA/m 的范围。

2. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，所述复合组织为毫微复合组织。

3. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，所述 R 是以 Nd 与/或 Pr 为主的稀土类元素。

4. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，所述 R 含有 Pr，该 Pr 的比例占全部所述 R 的质量的 5－75％。

5. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，所述 R 含有 Dy，该 Dy 的比例占全部所述 R 的质量的 14％或以下。

6. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，磁铁粉末是通过使熔融金属急冷而得到。

7. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，磁铁粉末是通过在

冷却滚筒上制成急冷薄带、然后对该急冷薄带进行粉碎而得到。

8. 如权利要求 1 所述的磁铁粉末，其特征在于，磁铁粉末是在其制造过程中或制造磁铁粉末后、经过至少一次热处理的磁铁粉末。

9. 如权利要求 1 至 8 中任一项所述的磁铁粉末，其特征在于，磁铁粉末的平均粒径处于 0.5－150μm 的范围。

10. 一种各向同性稀土类粘结磁铁，用结合树脂结合磁铁粉末而构成，所述磁铁粉末包括:

由 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$ 所表示的合金组成，其中，R 是至少一种稀土类元素; x: 8.1－9.4 原子%; y: 0－0.30; z: 4.6－6.8 原子%; w: 0.2－3.0 原子%，磁铁粉末则由具有软磁相和硬磁相的复合组织构成; 以及

所述软磁相和硬磁相都具有 5－50nm 的平均结晶粒径;

其中，所述磁铁粉末在各向同性粘结磁铁是通过用结合树脂来混合磁铁粉末而成形的情况下，不可逆磁化系数 X_{irr} 等于或小于 5.0×10^{-7}H/m;

通过利用 J－H 图中一条去磁曲线、与通过 J－H 图中原点的一条直线相交的一点来测量所述不可逆磁化系数，其中，H 是磁场强度，表示为 J－H 图中的横坐标，单位是 A/m; J 是磁化强度，表示为 J－H 图中的纵坐标，单位是 Wb/m^2;

所述去磁曲线表示室温下的磁特性，并且该直线的斜度 J/H 为 -3.8×10^{-6}; 并且

所述磁铁在室温下的固有矫顽力 H_{cj} 处于 406－717kA/m 的范围。

11. 如权利要求 10 所述的各向同性粘结磁铁，其特征在于，它被供给多极充磁或已被多极充磁。

12. 如权利要求 10 所述的各向同性粘结磁铁，其特征在于，它用于电动机。

磁铁粉末与各向同性粘结磁铁

技术领域

本发明涉及磁铁粉末与各向同性粘结磁铁。

背景技术

为了实现电动机等的小型化，希望该电动机被使用时的(实际磁导中的)磁铁磁通密度高。决定粘结磁铁中磁通密度的要素是磁铁粉末的磁性能(磁化)及粘结磁铁中磁铁粉末的含有量(含有率)。因此，在磁铁粉末本身的磁性能(磁化)不怎么高的情况下，如果粘结磁铁中的磁铁粉末含有量不是非常多，则得不到足够的磁通密度。

然而，目前，作为高性能的稀土类粘结磁铁而使用者，作为稀土类磁铁粉末、采用MQI公司制的MQP－B粉末的各向同性磁铁占了大部分。各向同性粘结磁铁与各向异性粘结磁铁相比存在下列优点。即，制造粘结磁铁时，由于不需要进行磁场取向，制造工艺简单，结果制造成本低廉。但是，这种MQP－B粉末所代表的现有各向同性粘结磁铁中存在下列问题。

1)现有的各向同性磁铁磁通密度不够。即，由于所使用的磁铁粉末的磁性能(磁化)低，必须提高粘结磁铁中磁铁粉末的含有量(含有率)，而一旦提高磁铁粉末的含有量，由于粘结磁铁的成形性变差，而受到限制。而且，即使通过成形条件等方法增多磁铁粉末的含有量，所得到的磁通密度仍有限，因此不能实现电动机的小型化。

2)由于矫顽力高，从而充磁性差，需要较高的充磁磁场。

3)虽然在毫微复合磁铁中已报告剩余磁通密度高的磁铁，但这时相反地矫顽力过小，作为实用电动机得到的磁通密度(实际使用时的磁导)非常低。而且，由于矫顽力小，热稳定性差。

4)热稳定性差，特别是对于不可逆去磁系数，如果磁铁的固有矫顽力(H_{cJ})低，则该系数非常低。

5)粘结磁铁的耐蚀性、耐热性低。特别是，为了弥补磁铁粉末的磁特性低下，于是增多粘结磁铁中的磁铁粉末含有量(即粘结磁铁的密度非常高)，明显降低耐蚀性、耐热性。

因此，产生用树脂层、特别是具有高耐蚀性的树脂层覆盖磁铁表面的必要性，导致制造过程增多，同时树脂层的存在又成为磁性能低下的原因(妨碍电动机产生高转矩)。

发明内容

本发明的目的是提供磁铁粉末与各向同性粘结磁铁，它能提供磁通密度高、充磁性优良、可靠性、特别是耐蚀性与耐热性(热稳定性)优良的磁铁。

为了达到上述目的，根据本发明的一种磁铁粉末，包括：由 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$，其中，R 是至少一种稀土类元素；x: 8.1－9.4 原子%；y: 0－0.30；z: 4.6－6.8 原子%；w: 0.2－3.0 原子%所表示的合金组成，磁铁粉末则由具有软磁相和硬磁相的复合组织构成；以及，所述软磁相和硬磁相都具有 5－50nm 的平均结晶粒径；其中，所述磁铁粉末在各向同性粘结磁铁是通过用结合树脂来混合磁铁粉末而成形的情况下，不可逆磁化系数 X_{irr} 等于或小于 5.0×10^{-7}H/m；通过利用 J－H 图中一条去磁曲线、与通过 J－H 图中原点的一条直线相交的一点来测量所述不可逆磁化系数，其中，H 是磁场强度，表示为 J－H 图中的横坐标，单位是 A/m；J 是磁化强度，表示为 J－H 图中的纵坐标，单位是 Wb/m^2；所述去磁曲线表示室温下的磁特性，并且该直线的斜度 J/H 为 -3.8×10^{-6}；并且，所述磁铁在室温下的固有矫顽力 H_{cj} 处于 406－717kA/m 的范围。

按照具有上述构成的本发明磁铁粉末，取得下列效果：

●由于磁铁粉末具有包括软磁性相和硬磁性相的复合组织，且含有规定量 Si，因此，发挥高的磁特性，特别是改善固有矫顽力和角形性，同时，发挥优良的耐蚀性。

●不可逆去磁系数的绝对值小，可得到优良的耐热性(热稳定性)。

●由于取得高磁通密度，即使各向同性，也能得到具有高磁特性的粘结

磁铁。特别是，与现有的各向同性粘结磁铁相比，由于能用较小体积的粘结磁铁产生同等以上的磁性能，因此，能得到更小型且高性能的电动机。

•而且，由于得到高磁通密度，制造粘结磁铁时，即使不追求高密度化也能得到足够高的磁特性，结果，提高成形性的同时，实现尺寸精度、机械强度、耐蚀性、耐热性(热稳定性)等的进一步提高，能容易地制造可靠性高的粘结磁铁。

•由于充磁性良好，能够在较低充磁磁场充磁，特别是能够容易且确实地进行多极充磁等，且能取得高磁通密度。

•由于不要求高密度化，与压缩成形法相比，难以形成高密度的挤压成形法和喷射成形法也适用于粘结磁铁的制造，即使用这样的成形方法形成的粘结磁铁，也能达到如前所述的效果。因此，粘结磁铁成形方法的选择范围进一步扩大，由此扩大形状选择的自由度。

所述复合组织优选毫微复合组织。

而且，优选，所述R是以Nd和/或Pr为主的稀土类元素。

优选，所述R含有Pr，其比例占所述全部R的5－75％。如果是以上范围，几乎不产生剩余磁通密度降低，以便能提高矫顽力和角形性。

优选地，所述R含有Dy，其比例占所述全部R的14％或以下。如果是该范围，不会发生剩余磁通密度明显降低，能提高矫顽力，同时，可大幅度提高耐热性。

而且，本发明的磁铁粉末优选通过急冷熔融金属而得到。

本发明的磁铁粉末也可以用冷却滚筒对所制造的急冷薄带进行粉碎而得到。

本发明的磁铁粉末优选在其制造过程中或制造后进行过至少一次热处理者。

本发明的磁铁粉末平均粒径为0.5－150μm。

根据本发明的一种各向同性稀土类粘结磁铁，用结合树脂结合磁铁粉末而构成，所述磁铁粉末包括：由$R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$，其中，R是至少一种稀土类元素；x：8.1－9.4原子％；y：0－0.30；z：4.6－6.8原子％；w：0.2－3.0原子％所表示的合金组成，磁铁粉末则由具有软磁相和硬磁相的复合

组织构成；以及所述软磁相和硬磁相都具有 5－50nm 的平均结晶粒径；其中，所述磁铁粉末在各向同性粘结磁铁是通过用结合树脂来混合磁铁粉末而成形的情况下，不可逆磁化系数 X_{irr} 等于或小于 5.0×10^{-7}H/m；通过利用 J－H 图中一条去磁曲线、与通过 J－H 图中原点的一条直线相交的一点来测量所述不可逆磁化系数，其中，H 是磁场强度，表示为 J－H 图中的横坐标，单位是 A/m；J 是磁化强度，表示为 J－H 图中的纵坐标，单位是 Wb/m^2；所述去磁曲线表示室温下的磁特性，并且该直线的斜度 J/H 为 -3.8×10^{-6}；并且，所述磁铁在室温下的固有矫顽力 H_{cj} 处于 406－717kA/m 的范围。

根据本发明一种用结合树脂来结合磁铁粉末而形成的各向同性稀土粘结磁铁，其中，所述磁铁粉末由 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$ 组成，其中，R 是至少一种稀土类元素；x: 8.1－9.4 原子%；y: 0－0.30；z: 4.6－6.8 原子%；w: 0.2－3 原子%所表示的合金成分，并由具有软磁相和硬磁相的复合组织构成，其特征在于，表示室温下磁特性的 J－H 图的去磁曲线中，与通过所述 J－H 图中的原点、且斜率 J/H 为 -3.8×10^{-6}H/m 直线的交点、作为出发点测定时的不可逆磁化系数 x_{irr} 为 5.0×10^{-7}H/m 或以下，而且室温下的固有矫顽力 H_{cj} 为 406－717kA/m，其中，H 是磁场强度，表示为 J－H 图中的横坐标，单位是 A/m；J 是磁化强度，表示为 J－H 图中的纵坐标，单位是 Wb/m^2。

这时，所述各向同性粘结磁铁优选所述磁铁粉末含有 Si。

较好的是，所述磁铁粉末由 R－TM－B－Si 系合金(其中，R 为至少一种稀土类元素，TM 是以铁为主的过渡金属)组成。

较好的是，所述磁铁粉末用具有软磁性相和硬磁性相的复合组织构成。

较好的是，所述各向同性粘结磁铁供给多极充磁或被多极充磁。

较好的是，所述各向同性粘结磁铁用于电动机。

本发明的其它目的、构成及效果通过下述实施例的说明会更为清楚。

附图说明

图 1 模式地显示本发明磁铁粉末中复合组织(毫微复合组织)的一个例子。

图 2 模式地显示本发明磁铁粉末中复合组织(毫微复合组织)的一个例子。

图 3 模式地显示本发明磁铁粉末中复合组织(毫微复合组织)的一个例子。

图 4 是显示制造磁铁材料的装置(急冷薄带制造装置)的结构例子的斜视图。

图 5 是显示图 4 所示装置中朝向金属熔液冷却滚筒的冲突部位附近状态的截面侧视图。

图 6 是用于说明不可逆磁化系数的图 (J－H 图)。

图 7 是显示去磁曲线和反冲曲线的 J－H 图。

具体实施方式

下面详细说明本发明的磁铁粉末和使用该磁铁粉末的各向同性粘结磁铁的实施例。

为了实现电动机等的小型化，取得磁通密度高的磁铁成为课题。粘结磁铁中决定磁通密度的要素是磁铁粉末的磁性能(磁化)和粘结磁铁中磁铁粉末的含有量(含有率)，因此，在磁铁粉末本身的磁性能(磁化)不那么高的情况下，如果不极端增多粘结磁铁中的磁铁粉末含有量就得不到足够的磁通密度。

现在普及的上述 MQI 公司制的 MQP－B 粉末，如上所述，磁通密度不够高，因此，制造粘结磁铁时，尽量提高粘结磁铁中磁铁粉末的含有量即高密度化，在耐蚀性和机械强度等方面缺乏可靠性，同时，由于矫顽力高，存在所谓充磁性差的缺点。

与此不同，本发明的磁铁粉末和各向同性粘结磁铁（各向同性稀土类粘结磁铁)，可取得足够的磁通密度和适当的矫顽力，因此，粘结磁铁中的磁铁粉末含有量(含有率)不必那么高，结果，由于高强度，能够提供成形性、耐蚀性、耐久性、充磁性等优良的可靠性高的粘结磁铁，而且，通过粘结磁铁小型化、高性能化，也能对电动机等磁铁搭载机器的小型化作出较大贡献。

而且，本发明的磁铁粉末可构成具有硬磁性相和软磁性相的复合组织。

上述MQI公司制的MQP－B粉末是硬磁性相的单相组织，由于本发明的毫微复合组织中存在磁化高的软磁性相，有总磁化高的优点，而且，由于反冲导磁率高，具有即使一旦施加逆磁场，其后的去磁系数也小的优点。

[磁铁粉末的合金组成]

本发明的磁铁粉末由$R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zSi_w$(其中，R是至少一种稀土类元素，x：8.1－9.4原子%，y：0－0.30，z：4.6－6.8原子%，w：0.2－3原子%)所表示的合金组成。

作为R(稀土类元素)，列举Y，La，Ce，Pr，Nd，Pm，Sm，Eu，Gd，Tb，Dy，Ho，Er，Tm，Yb，Lu，含铈的稀土合金，可含有其中的一种或两种以上。

R的含有量(含有率)为8.1－9.4原子%。R低于8.1原子%时，得不到足够的矫顽力，即使添加Si矫顽力的提高也小。另一方面，如果R超过9.4原子%，由于磁化磁势低，得不到足够的磁通密度。

这里，优选R为以Nd和/或Pr为主的稀土类元素。理由是，这种稀土元素提高构成复合组织(特别是毫微复合组织)的硬磁性相的饱和磁化，而且作为磁铁有利于实现良好的矫顽力。

R含有Pr，其比例占全部R的5－75％为好，10－60%更佳。如果是该范围，几乎不产生剩余磁通密度降低，以便能提高矫顽力和角形性。

R含有Dy，其比例占全部R的14％或以下为好。如果是该范围，不产生剩余磁通密度的明显降低，能提高矫顽力，同时，可大幅度提高耐热性。

Co是具有和Fe相同的特性的过渡金属。通过添加Co(置换Fe的一部分)，居里温度变高，提高温度特性，但是，一旦Co对Fe的置换比例超过0.30，表示矫顽力、磁通密度有同时降低的趋势。Co对Fe的置换比例在0.05－0.20的范围时，不但提高温度特性，而且磁通密度本身也提高，因此，效果更好。而且，也可以将Fe或Co的一部分置换成Ni。

B(硼)是取得高磁特性的重要元素，其含有量为4.6－6.8原子%。如果B不足4.6%，J－H图中的角形性差。另一方面，如果B超过6.8%，非磁性

相增多，磁通密度骤减。

Si 是对提高磁铁粉末和粘结磁铁的耐蚀性有益的元素，在 0.2－3 原子%的范围内表现出显著的效果。而且，在该范围中，实现矫顽力提高，随之也可实现提高角形性和最大磁能积。而且，含有 0.2－3 原子% Si 的再一个重要效果是改善不可逆去磁系数。Si 不足 0.2 原子%时，上述提高耐蚀性等的效果小，而且，如果 Si 超过 3 原子%，降低磁化明显，因此不好。又，Si 含有量的更佳范围是 0.5－2.0 原子%。

而且，Si 本身不是新颖的物质，本发明中，反复试验、研究的结果，在用具有软磁性相和硬磁性相的复合组织所构成的磁铁粉末中，通过含有占 0.2－3 原子%范围的 Si，可以取得下列三种效果：(1) 实现提高耐蚀性，(2) 确保优良角形性(最大磁能积)并实现矫顽力的提高，(3) 实现不可逆去磁系数的改善(绝对值降低)，特别是发现这些效果可以同时得到，本发明的意义在此。

这样，本发明中，含有占微量或少量的 Si 时可发现其特征，添加超过 3 原子%的量则效果反而相反，此并非本发明的意图。

由于进一步提高磁特性等目的，构成磁铁粉末的合金中，根据需要，也可含有 Cu，Al，Ga，Ti，V，Ta，Zr，Nb，Mo，Hf，Ag，Zn，P，Ge 等其它元素。

[复合组织]

磁铁材料成为具有软磁性相和硬磁性相的复合组织。

该复合组织(毫微复合组织)具有软磁性相 10 和硬磁性相 11，存在于例如如图 1、图 2 或图 3 所示的模式(模型)中，各相厚度与粒径为毫微计量等级。而且，软磁性相 10 与硬磁性相 11 相邻接(包含经颗粒界相而邻接的情况)，产生磁交换的相互作用。

平均结晶粒径优选为 5－50nm，10－40nm 更佳。如果平均结晶粒径低于下限值，结晶颗粒间的相互交换作用的影响过强，容易磁化反转，出现矫顽力恶化的情况。

另一方面，如果平均结晶粒径超过上限值，结晶粒径变得粗大，由于结晶颗粒间的相互交换作用的影响微弱，出现磁通密度、矫顽力、角形性、

最大能量积恶化的情况。

另外，图 1－3 所示的图形，是一个例子，并不局限于此，例如图 2 所示的图形中，软磁性相 10 与硬磁性相 11 也可成为相反。

软磁性相的磁化，由于容易受外部磁场的作用而改变其方向，因此，通常混在硬磁性相中，全部的磁化曲线成为 J－H 图第二象限中某段“蛇型曲线”。但是，软磁性相的大小在 10nm 或以下和十分小的情况下，软磁性体的磁化十分强烈地受到与周围硬磁性体磁化的结合的约束，整个系统作为硬磁性体而动作。

具有这种复合组织(毫微复合组织)的磁铁，主要具有下面列举的特征 1)－5)。

1)在 J－H 图(纵轴为磁化(J)，横轴为磁场(H))的第二象限中，磁化可逆地弹性回复(从该意义上也称为“弹性磁铁”)。

2)充磁性良好，能在较低磁场充磁。

3)磁特性的温度依赖性比硬磁性相单独存在的情况下小。

4)磁特性随时间的变化小。

5)即使略微粉碎也不恶化磁特性。

上述合金组成中，硬磁性相和软磁性相举例如下。

硬磁性相：$R_2TM_{14}B$ 系(其中，TM 为 Fe 或 Fe 与 Co)，或 $R_2TM_{14}BSi$ 系。

软磁性相：TM(特别是α－Fe，α－(Fe,Co))，或 TM 与 Si 的化合物。

[磁铁粉末的制造]

本发明的磁铁粉末，优选通过对熔融的合金进行急冷而制造，特别是，优选对、合金的熔液进行急冷、固化所得到的急冷薄带(扁条)进行粉碎而制造的磁铁粉末。下面说明这种方法的一个例子。

图 4 是显示通过采用单滚筒急冷法制造磁铁材料的装置(急冷薄带制造装置)的结构例子的斜视图，图 5 是显示图 4 所示装置中朝向金属熔液冷却滚筒的冲突部位附近状态的截面侧视图。

如图 4 所示，急冷薄带制造装置 1 设有能够收纳磁铁材料的圆筒 2 和相对该圆筒 2 按图中箭头 9A 方向旋转的冷却辊 5。在圆筒 2 的下端，形成射出磁铁材料(合金)的熔液的喷嘴(喷口)3。

在圆筒 2 的喷嘴 3 附近的外围，设置加热用的线圈 4，通过对该线圈 4 施加如高频波，加热(感应加热)圆筒 2 内部，使圆筒 2 内的磁铁材料成为熔融状态。

冷却辊 5 由基部 51 和形成冷却辊 5 周面 53 的表面层 52 构成。

基部 51 的构成材料可以用与表面层 52 相同的材质整体构成，而且，也可用与表面层 52 不同的材质构成。

基部 51 的构成材料，不特别限定，但是，为了更快地散发表面层 52 的热量，优选由例如铜或铜系合金这样的传热率高的金属材料构成。

表面层 52 优选用传热率与基部 51 相同或比基部 51 低一些的材料构成。

这样的急冷薄带制造装置 1 设置在容器(未图示)内，该容器内优选在填充惰性气体和其它气氛气体的状态下动作。特别是，为了防止急冷薄带 8 的氧化，气氛气体优选如氩气、氦气、氮气等惰性气体。

急冷薄带制造装置 1 中，在圆筒 2 内放入磁铁材料(合金)，通过线圈 4 加热熔融，该熔液 6 从喷嘴 3 射出时，如图 5 所示，熔液 6 冲撞冷却辊 5 的周面 53，形成熔潭(浇口杯 puddle)7 后，在旋转冷却辊 5 的周面 53 拉长同时急速冷却凝固，连续或断续地形成急冷薄带 8。如此形成的急冷薄带 8，不久，其滚筒面 81 离开周面 53，按图 4 中箭头 9B 的方向行进。而且，图 5 中，用虚线表示熔液的凝固界面 71。

冷却辊 5 的圆周速度的合适范围按合金熔液的组成、周面 53 对熔液 6 的粘着性等而不同，但是，为了提高磁特性，通常，优选 1－60m/s，5－40m/s 更佳。冷却辊 5 的圆周速度过慢时，按照急冷薄带 8 的体积流量(每单位时间所吐出的熔液体积)，急冷薄带 8 的厚度变厚，表现出结晶粒径增大的趋势，相反，冷却辊 5 的圆周速度过快时，大部分成为非晶质组织，无论哪种情况下，即使其后进行热处理也无法提高磁特性。

此外，对所得到的急冷薄带 8，为了例如促进非晶质组织的再结晶、组织的均质化，也可进行热处理。作为热处理的条件，例如，可以是 400－900℃、0.5－300 分钟左右。

还有，为了防止氧化，该热处理优选在真空或负压状态下(例如 1×10

$^{-1}-1\times10^{-6}$ ×133.32 Pa)、或氮气、氩气、氦气等惰性气体这样的非氧化性气氛中进行。

通过上述制造方法所得到的急冷薄带(薄带状的磁铁材料)8，微细结晶组织或微细结晶成为非晶质组织中所包含的组织，得到优良的磁特性。而且，通过粉碎该急冷薄带 8，得到本发明的磁铁粉末。

粉碎方法并不特别限定，可采用球磨机、振动研磨机、喷射研磨机、轴研磨机等各种粉碎装置、破碎装置来进行。这种情况下，为了防止氧化，粉碎也可以在真空或负压状态下(例如 $1\times10^{-1}-1\times10^{-6}$ ×133.32 Pa)、或诸如氮气、氩气、氦气等惰性气体等非氧化性气氛中进行。

磁铁粉末的平均粒径不特别限定，但是，在用于制造下述各向同性粘结磁铁的情况下，若要防止磁铁粉末的氧化，考虑防止因粉碎而恶化磁特性，优选磁铁粉末的平均粒径约为 0.5－150μm，0.5－100μm 更佳，1－65μm 更加好，5－55μm 左右特别好。

为了在粘结磁铁成形时取得更好的成形性，磁铁粉末的粒径分布优选为一定程度分散(有波动，参差不齐)。因此，能降低所得到的粘结磁铁的孔隙率，结果，在粘结磁铁中的磁铁粉末含有量相同的条件下，能提高粘结磁铁的密度和机械强度，可进一步提高磁特性。

对所得到的磁铁粉末，例如，以消除由粉碎引起的应变影响、控制结晶粒径为目的，可进行热处理。作为该热处理的条件，例如，可以在 350－850℃、热处理 0.5－300 分钟。

为了防止氧化，该热处理优选在真空或负压状态下(例如 $1\times10^{-1}-1\times10^{-6}$ ×133.32 Pa)、或氮气、氩气、氦气等惰性气体这样的非氧化性气氛气体中进行。

使用上述磁铁粉末制造粘结磁铁时，这种磁铁粉末与结合树脂的结合性(结合树脂的润湿性)良好，因此，这种粘结磁铁机械强度高，热稳定性(耐热性)、耐蚀性优良。因此，这种磁铁粉末适合于制造粘结磁铁。

上面以单滚筒法作为急冷法作了示例说明，也可采用双滚筒法。而且，也可通过其他方法制造，如气体喷雾之类的喷雾法、旋转圆盘法、熔融·提取法、机械·合金化(MA)法等。这样的急冷法，由于能够使金属组织(结晶

粒)微细化，从而能有效提高粘结磁铁的磁铁特性、特别是矫顽力等。

[粘结磁铁及其制造]

下面说明本发明的各向同性稀土类粘结磁铁(以下简称“粘结磁铁”)。

本发明的粘结磁铁是用结合树脂将上述的磁铁粉末结合而成。

作为结合树脂，可以是热塑性树脂、热固性树脂中任一种。

作为热塑性树脂，列举例如聚酰胺(例如：尼龙6，尼龙46，尼龙66，尼龙610，尼龙612，尼龙11，尼龙12，尼龙6－12，尼龙6－66，尼龙6T，尼龙9T)、热塑性聚酰亚胺、芳香族聚酯等液晶聚合物、聚亚苯基氧化物、聚亚苯基硫化物、聚乙烯、聚丙烯、乙烯－醋酸乙烯共聚物等的聚烯烃、改性聚烯烃、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚丁烯邻苯二甲酸酯等的聚酯、聚醚、聚醚酮、聚醚亚胺、聚缩醛等，或以这些为主的共聚物、混合物、聚合物合金等，可混合使用其中的一种或两种以上。

这些树脂当中，从成形性特别好，机械强度高考虑，以聚酰胺为主成分者为好。而从耐热性提高的观点出发，优选以液晶聚合物、聚亚苯基硫化物为主的树脂。而且，这种热可塑性树脂与磁铁粉末的混揉性也优良。

这种热塑性树脂，具有可以通过其种类、共聚合化等，而成为重视例如成形性或重视耐热性、机械强度地从宽范围选择的优点。

另一方面，作为热固性树脂，可以列举例如联苯酚型、酚醛清漆型、萘系等各种环氧树脂、苯酚树脂、尿素树脂、密胺树脂、聚酯(不饱和聚酯)树脂、聚酰亚胺树脂、有机硅树脂、聚氨酯树脂等，可混合使用其中的一种或两种或以上。

在上述树脂中，从成形性特别好，机械强度高、耐热性优良的观点出发，优选环氧树脂、苯酚树脂、聚酰亚胺树脂、有机硅树脂。环氧树脂特别好。而且，这些热固性树脂与磁铁粉末的混揉性、混揉的均匀性也好。

所使用的热固性树脂(未固化)，无论是室温下为液态者，或是固态者皆可。

这种本发明的粘结磁铁可按例如下述方法制造。制造包含磁铁粉末、结合树脂、根据需要的添加剂(防氧化剂、润滑剂等)的粘结磁铁用组合物

(混合物)，使用该粘结磁铁用组合物，通过压缩成形(压制成形)、挤压成形、喷射成形等成形方法，在无磁场中成形为所要的磁铁形状。在结合树脂为热固性树脂的情况时，成形后，通过加热等使其固化。

这里，所述三种成形方法中，挤压成形和喷射成形(特别是喷射成形)具有形状选择的自由度大，生产性高等优点，但是，这种成形方法中，为了得到良好的成形性，必须确保成形机内的混合物具有足够的流动性，因此，与压缩成形相比，不能增多磁铁粉末的含有量，即粘结磁铁不能高密度化。但是，本发明中，如后面所述，可以得到高磁通密度，为此，即使粘结磁铁不高密度化也能得到优良的磁特性，所以，用挤压成形、喷射成形制造的粘结磁铁也可有该优点。

粘结磁铁中的磁铁粉末含有量(含有率)无特别限定，通常，考虑成形方法、成形性与高磁特性两方面来决定。具体说，优选75－99 wt %范围，85－97.5 wt %范围更好。

具体说，在用压缩成形制造粘结磁铁时，磁铁粉末的含有量优选90－99 wt%范围，93－98.5 wt %更好。

在用挤压成形和喷射成形法制造粘结磁铁时，磁铁粉末的含有量优选75－98 wt %范围，85－97 wt %更好。

粘结磁铁的密度ρ由其中所含的磁铁粉末比重、磁铁粉末含有量、孔隙率等要素来决定。本发明的粘结磁铁中，对其密度ρ不作特别限定，但是，优选5.3－6.6 g/cm^{3}范围，5.5－6.4 g/cm^{3}更好。

本发明中，由于磁铁粉末磁通密度高，且矫顽力也在一定程度增大，因此，在形成粘结磁铁的情况下，不用说磁铁粉末含有量多的情况，即使含有量较少，也得到优良的磁特性(特别是，高的最大磁能积)。

本发明的粘结磁铁的形状、尺寸等无特别限定，例如，关于形状，可以是如圆柱形、棱柱形、圆筒形(环形)、圆弧形、平板形、弯曲板形等所有形状，其大小可以是从大型到超小型的所有大小。特别是，对小型化、超小型化有利，正如本说明书中多次提到的那样。

如上所述的本发明的粘结磁铁，在表示室温下磁特性的J－H图(纵轴为磁化(J)，横轴为磁场(H)的图)的去磁曲线中，具有下列磁特性(磁性

能)：与通过J－H图中的原点、且斜率(J/H)为-3.8×10^{-6}H/m的直线的交点作为出发点测定时的不可逆磁化系数(x_{irr})为5.0×10^{-7}H/m或以下，而且室温下的固有矫顽力(H_{cJ})为406－707kA/m。下面依次说明不可逆磁化系数(x_{irr})和固有矫顽力(H_{cJ})。

[关于不可逆磁化系数]

所谓不可逆磁化系数(x_{irr})，如图6所示，是在J－H图的去磁曲线中将某点P的相应去磁曲线切线的斜率作为微分磁化系数(x_{dif})，将从上述点P减去去磁大小而描绘成的反冲曲线时该反冲曲线的斜率(连接反冲曲线两端的直线的斜率)作为可逆磁化系数(x_{rev})，将下式表示的结果(单位：H/m)称为不可逆磁化系数(x_{irr})。

不可逆磁化系数(x_{irr})＝微分磁化系数(x_{dif})－可逆磁化系数(x_{rev})

而且，本发明中，将J－H图的去磁曲线，与通过J－H图中原点且斜率(J/H)为-3.8×10^{-6}H/m的直线y的交点作为上述点P。

本发明将室温下不可逆磁化系数(x_{irr})的上限值定为5.0×10^{-7}H/m的原因如下。

如上所述，由于不可逆磁化系数(x_{irr})表示的是，一旦施加去磁后，即使减少其绝对值，也不能复原的磁化磁场相对应的变化率，因此，通过将该不可逆磁化系数(x_{irr})抑制到某一程度的较小值，可以谋求粘结磁铁热稳定性的提高、特别是可使不可逆去磁系数绝对值降低。实际上，本发明不可逆磁化系数(x_{irr})的范围，在粘结磁铁放置在如100℃×1小时的条件之后，直至回到室温时的不可逆去磁系数其绝对值或约5%或以下，可以得到实用上(特别是电动机等的使用中)足够的耐热性即热稳定性。

与此相反，如果不可逆磁化系数(x_{irr})超过5.0×10^{-7}H/m，不可逆去磁系数的绝对值增大，得不到足够的热稳定性。而且，由于固有矫顽力降低的同时角形性恶化，因此，粘结磁铁实际应用中，限制用于磁导系数(Pc)大(例如Pc≥5)的用途中。而且，矫顽力降低会引起热稳定性降低。

将室温下的不可逆磁化系数(x_{irr})确定在5.0×10^{-7}H/m或以下的原因如上所述，然而，不可逆磁化系数(x_{irr})以尽可能小的值为好，因此，本发明中，不可逆磁化系数(x_{irr})优选为4.5×10^{-7}H/m或以下，$4.0\times10^{-}$

^{7}H/m 或以下更好。

[关于固有矫顽力]

粘结磁铁在室温下的固有矫顽力(H_{cJ})为 406－717kA/m。特别是，435－677kA/m 更好。

如果固有矫顽力(H_{cJ})超过上述上限值，充磁性会恶化，如果不到上述下限值，因电动机使用而施加逆磁场时去磁会明显，而且，高温中的耐热性会变差。因此，使固有矫顽力(H_{cJ})为上述范围，借此粘结磁铁(特别是圆筒形磁铁)在多极充磁的情况下，即使没有充分的充磁磁场，也能良好充磁，得到足够的磁通密度，可提供高性能的粘结磁铁，特别是电动机用的粘结磁铁。

本发明粘结磁铁的最大磁能积(BH)max 虽然无特别限定，但优选为 87－125kJ/m^{3}的范围，100－125kJ/m^{3}范围更好。

(实施例 1)

利用下述方法得到合金组成为 $Nd_{8.7}Fe_{77.2-w}Co_{8.5}B_{5.6}Si_{w}$ 的磁铁粉末(使 Si 含量 w 进行各种变化后的多种磁铁粉末)。

首先，称量 Nd，Fe，Co，B，Si 各原料后铸造母合金坯料，从该坯料切下约 15g 的样品。

准备图 4 和图 5 所示构成的急冷薄带制造装置，将所述样品放入底部设有喷嘴(圆孔口)的石英管内。对收纳急冷薄带制造装置 1 的容器内的气体进行除气后，导入惰性气体(氩气和氦气)，作成希望的温度与压力的气氛。

然后，通过高频感应加热使石英管内的坯料样品熔化，将冷却滚筒的圆周速度和喷射压力(石英管内的压力与气氛气体的压力的压差)分别调整为 20m/s、4kPa，将熔液向冷却滚筒的侧面喷射，得到急冷薄带(平均厚度：约 30μm；平均宽度：约 1.6mm)。

对该急冷薄带进行粗粉碎以后，在氩气气氛中进行 680℃×300 秒时间的热处理，得到 Si 含量 w 不同的多种磁铁粉末。

对所得到的各种磁铁粉末，为了分析其相构成，采用 Cu－Kα以衍射角 20°－60°进行 X 射线衍射。根据衍射图形可确认硬磁性相 $Nd_2(Fe \cdot Co)_{14}B_1$

相和软磁性相α－(Fe，Co)相的衍射最大值，根据透射式电子显微镜(TEM)观察的结果，可以确认形成有毫微复合组织。

另外，为了调整颗粒大小，用粉碎机(ライカイ机)在氩气中进一步粉碎各种粉末，作成平均粒径60μm的磁铁粉末。

将该磁铁粉末、环氧树脂(结合树脂)和少量胂系防氧化剂混合、混揉，制成粘结磁铁用组合物(混合物)。

然后，将这种混合物粉碎成粒状，称量该粒状物后填充到压制装置的金属模内，以压力7t/cm^2压制成形(无磁场中)，得到成形体。

脱模后，通过150℃的加热，使环氧树脂进行固化(固化处理)，得到直径10mmφ×高7mm的圆柱形各向同性粘结磁铁。各粘结磁铁中磁铁粉末的含有量为约97wt%。而且，各粘结磁铁的密度为约6.21g/cm^3。

<磁特性、不可逆磁化系数的评估>

对粘结磁铁以磁场强度3.2MA/m进行脉冲充磁后，用直流磁通记录仪在最大外加磁场2.0MA/m下测量磁特性(剩余磁通密度Br、固有矫顽力H_{cJ}、最大磁能积(BH)max)。测量时的温度为23℃(室温)。

如图7所示，所得到的J－H图去磁曲线中，以通过原点、斜率(J/H)为－3.8×10^{-6}H/m的直线的交点(动作点)P作为出发点，由此描绘使磁场一次变化到0以后再复原的反冲曲线，将该反冲曲线的斜率(连接反冲曲线两端的直线的斜率)作为可逆磁化系数(x_{rev})而求出。将所述交点P处去磁曲线的切线斜率作为微分磁化系数(x_{dif})而求出。求出室温下的不可逆磁化系数(x_{irr})，$x_{irr}-x_{dif}-x_{rev}$。其结果示于下面的表1中。

<耐热性评估>

然后，检查所述各粘结磁铁(直径10mmφ×高7mm的圆柱形)的耐热性(热稳定性)。将粘结磁铁保持在100℃×1小时的环境下之后，测量返回室温时的不可逆去磁系数(初期去磁系数)，评估该耐热性。其结果显示在下面的表1中。不可逆去磁系数(初期去磁系数)的绝对值越小，耐热性(热稳定性)越好。

<充磁性评估>

然后，为了评估粘结磁铁的充磁性，对所述各粘结磁铁(直径10mmφ×

高7mm的圆柱形)，检查充磁磁场(充磁磁场)发生各种变化时的充磁率。充磁率是以充磁磁场为4.8MA/m时的剩余磁通密度值作为100%，用相对其的比值来表示。充磁率为90%时的充磁磁场的大小如表1所示。该值越小，充磁性越好。

<磁铁粉末的耐蚀性>

下面，对于所述各磁铁粉末及由此制造的所述各粘结磁铁(直径10mmφ×高7mm的圆柱形)，评估耐蚀性。其结果显示在下面的表1中。

1.磁铁粉末的耐蚀性

磁铁粉末的耐蚀性通过曝露试验来评估。该曝露试验将磁铁粉末交替置于30℃×50%RH×15分钟的环境下和80℃×95%RH×15分钟的环境下，反复进行24次后，用显微镜观察磁铁粉末的表面，以下面的四种等级评估生锈状况。

A: 完全不生锈

B: 生锈很少

C: 生锈

D: 生锈明显

2.粘结磁铁的耐蚀性

将粘结磁铁(各10个)放入60℃×95%RH的恒温恒湿槽中，检查直至表面生锈的平均时间。对生锈前的时间长短，以四个等级评估。

A: 经过500小时后也不生锈

B: 在400小时或以上、不到500小时时生锈

C: 在300小时或以上、不到400小时时生锈

D: 不到300小时时生锈

【表1】

Si的含有量w	Br (T)	H_{cJ} (kA/m)	(BH)max (kJ/m^3)	Xirr (×10^{-7}H/m)	不可逆去磁系数(%)	充磁率90%时的充磁磁场(MA/m)	磁铁粉末的耐蚀性	粘结磁铁的耐蚀性	备注
0	0.82	390	81.2	6.1	-6.5	-	D	D	比较例
0.2	0.88	438	105.0	4.7	-4.8	0.72	B	B	本发明
0.9	0.88	478	108.3	3.9	-4.0	0.74	A	A	本发明
2.3	0.86	494	107.5	3.2	-3.5	0.76	A	A	本发明
3.0	0.85	517	103.5	2.3	-3.3	0.79	A	A	本发明
3.5	0.79	530	86.0	3.4	-3.5	0.88	A	A	比较例

<综合评估>

正如从表1看出的那样，磁铁粉末中Si含有量为0.2－3.0原子%、不可逆磁化系数为(x_{irr})为5.0×10^{-7}H/m以下的各向同性粘结磁铁，都具有优良的磁特性(剩余磁通密度、固有矫顽力、最大磁能积)，由于不可逆去磁系数的绝对值也小因而耐热性(热稳定性)高，充磁性良好。而且，磁铁粉末本身的耐蚀性和粘结磁铁的耐蚀性都高，因此，实际使用时，能够省略或减少在粘结磁铁表面进行防腐蚀用涂覆等的防腐蚀处理。

与此相反，使用不含Si的磁铁粉末或含有3.5原子%及大量Si的磁铁粉末制造的各向同性粘结磁铁(都是比较例)，磁特性差。特别是，使用不

含 Si 的磁铁粉末制造的各向同性粘结磁铁中，不可逆去磁系数的绝对值大，热稳定性也低。而且，不含 Si 的磁铁粉末中，磁铁粉末本身的耐蚀性和作成粘结磁铁时的耐蚀性都差。

综上所述，按照本发明，可提供高性能、高可靠性(特别是耐热性、耐蚀性)的粘结磁铁。特别是，在将粘结磁铁作成电动机使用的情况下，可发挥高性能。

(实施例 2)

通过与实施例 1 相同的方法，制造合金组成为 $(Nd_{1-y}Pr_y)_{8.7}Fe_{bal}Co_{7.5}B_{5.6}Si_{1.4}$ 的急冷薄带(将 Pr 置换量 y 进行各种变化后的多种急冷薄带)，在氩气气氛中，进行 680℃×10 分钟时间的热处理。通过与上述相同的分析方法，确认该急冷薄带组织形成毫微复合组织。

然后，与实施例 1 一样，由所述急冷薄带得到磁铁粉末，由该磁铁粉末制造外径 20mmφ、内径 18mmφ×高 7mm 的圆筒形(环形)各向同性粘结磁铁。各粘结磁铁中的磁铁粉末含有量为约 96.8wt%。而且，各粘结磁铁的密度为约 6.18g/cm^3。

对这些粘结磁铁，用与实施例 1 相同的方法，测量、评估磁特性(剩余磁通密度 Br、固有矫顽力 H_{cJ}、最大磁能积(BH)max)和不可逆磁化系数(χ_{irr})。其结果示于下面的表 2 中。

分别以 12 极多极充磁这些粘结磁铁，将其用作转子磁铁装配成 DC(直流)无刷电动机。在这种 DC 无刷电动机中，测量转子以 4000rpm 旋转时卷线线圈上产生的反电动势，全都得到足够高的电压，确认是高性能电动机。

然后，除使用上述 Pr 置换量 y 不同的多种磁铁粉末外，与实施例 1 一样，制造相同大小的粘结磁铁。

对这些磁铁粉末，用与实施例 1 相同的方法，测量、评估耐热性(热稳定性)、充磁性、磁铁粉末的耐蚀性和粘结磁铁的耐蚀性。其结果显示在表 2 中。

【表2】

Pr的置换量y	Br (T)	H_{cJ} (kA/m)	(BH)max (kJ/m^3)	Xirr (×10^{-7}H/m)	不可逆去磁系数(%)	充磁率90%时的充磁磁场(MA/m)	磁铁粉末的耐蚀性	粘结磁铁的耐蚀性	备注
0	0.87	490	108.1	3.9	-4.0	0.74	A	A	本发明
0.1	0.87	515	110.3	3.8	-3.9	0.76	A	A	本发明
0.2	0.88	531	113.2	3.5	-3.6	0.79	A	A	本发明
0.4	0.89	552	116.0	3.9	-3.8	0.81	A	A	本发明
0.6	0.85	563	107.5	4.1	-4.2	0.83	B	A	本发明
0.8	0.82	552	94.6	4.7	-4.8	0.90	B	B	本发明

正如从表2看出的那样，各向同性粘结磁铁，都具有优良的磁特性(剩余磁通密度、固有矫顽力、最大磁能积)，特别是，可以看出，通过将Nd的一部分置换成Pr，可使固有矫顽力进一步提高。而且，各粘结磁铁，由于不可逆去磁系数的绝对值小因而耐热性(热稳定性)高，充磁性良好。而且，磁铁粉末本身的耐蚀性和粘结磁铁的耐蚀性都高。

综上所述，按照本发明，可提供高性能、高可靠性(特别是耐热性、耐蚀性)的粘结磁铁。特别是，在将粘结磁铁作成电动机使用的情况时，可发挥高性能。

(实施例 3)

通过与实施例 1 相同的方法，制造合金组成为 $((Nd_{0.5}Pr_{0.5})_zDy_{1-z})_{9.0}Fe_{bal}Co_{7.7}B_{6.7}Si_{1.8}$ 的急冷薄带(将 Dy 置换量(1－z)进行各种变化后的多种急冷薄带)，在氩气气氛中，进行 680℃×12 分钟时间的热处理。通过与上述相同的分析方法，确认该急冷薄带组织形成毫微复合组织。

然后，与实施例 1 一样，由所述急冷薄带得到磁铁粉末，由该磁铁粉末制造外径 20mmϕ、内径 18mmϕ×高 7mm 的圆筒形(环形)各向同性粘结磁铁。各粘结磁铁中的磁铁粉末含有量为约 96.8wt%。而且，各粘结磁铁的密度为约 6.20g/cm^3。

对于这些磁铁粉末，用与实施例 1 相同的方法，测量、评估磁特性(剩余磁通密度 Br、固有矫顽力 H_{cJ}、最大磁能积(BH)max)和不可逆磁化系数(x_{irr})。其结果显示在下面的表 3 中。

分别以 12 极多极充磁这些粘结磁铁，将其用作转子磁铁装配成 DC(直流)无刷电动机。在这种 DC 无刷电动机中，测量转子以 4000rpm 旋转时卷线线圈上产生的反电动势，全都得到足够高的电压，确认是高性能电动机。

然后，除使用上述 Dy 置换量 1－z 不同的多种磁铁粉末外，与实施例 1 一样，制造相同大小的粘结磁铁。

对这些粘结磁铁，用与实施例 1 相同的方法，测量、评估耐热性(热稳定性)、充磁性、磁铁粉末的耐蚀性和粘结磁铁的耐蚀性。其结果显示在表 3 中。

【表3】

Dy的置换量1-z	Br (T)	H_{cJ} (kA/m)	(BH)max (kJ/m^3)	Xirr (×10^{-7}H/m)	不可逆去磁系数(%)	充磁率90%时的充磁磁场 (MA/m)	磁铁粉末的耐蚀性	粘结磁铁的耐蚀性	备注
0.01	0.87	505	108.7	3.4	-3.8	0.75	A	A	本发明
0.04	0.86	523	108.1	3.3	-3.4	0.77	A	A	本发明
0.06	0.85	552	106.5	3.1	-3.0	0.80	A	A	本发明
0.08	0.84	574	104.2	2.9	-2.7	0.82	A	A	本发明
0.10	0.83	593	102.3	3.0	-2.8	0.84	A	A	本发明
0.15	0.77	590	91.3	4.6	-4.5	0.93	B	B	本发明

正如从表3看出的那样，各向同性粘结磁铁，都具有优良的磁特性(剩余磁通密度、固有矫顽力、最大磁能积)，特别是，可以确认，通过添加Dy可提高固有矫顽力，Dy置换量为0.1(相对全部R的10%)或以下时，可谋求适度提高矫顽力。而且，各粘结磁铁，由于不可逆去磁系数的绝对值小因而耐热性(热稳定性)高，充磁性良好。而且，磁铁粉末本身的耐蚀性和粘结磁铁的耐蚀性都高。

综上所述，按照本发明，可提供高性能、高可靠性(特别是耐热性、耐蚀性)的粘结磁铁。特别是，在将粘结磁铁作成电动机使用的情况时可发挥高性能。

(实施例4)

除了通过挤压成形来制造粘结磁铁外，与上述实施例1－3一样制造本发明的各向同性粘结磁铁。而且，结合树脂采用聚酰胺(尼龙610)。

此外，各粘结磁铁中的磁铁粉末含有量为约95.5wt%，各粘结磁铁的密度为约5.85g/cm^3。

对各粘结磁铁，进行与上述一样的测量、评估，得到与上述一样的结果，特别是，对于粘结磁铁的耐蚀性，得到更好的结果。

(实施例5)

除了通过喷射成形来制造粘结磁铁外，与上述实施例1－3一样制造本发明的各向同性粘结磁铁。而且，结合树脂采用聚亚苯基硫化物。而且，各粘结磁铁中的磁铁粉末含有量为约94.1wt%，各粘结磁铁的密度为约5.63g/cm^3。

对各粘结磁铁，进行与上述一样的测量、评估，得到与上述一样的结果，特别是，对于粘结磁铁的耐蚀性，得到更好的结果。

【发明的效果】

如上所述，按照本发明，可得到下列效果。

●由于磁铁粉末具有包括软磁性相与硬磁性相的复合组织，且含有规定量Si，因此，发挥高的磁特性，特别是改善固有矫顽力和角形性，同时，发挥优良的耐蚀性。

●不可逆去磁系数的绝对值小，可得到优良的耐热性(热稳定性)。

●由于取得高磁通密度，即使各向同性，也能得到具有高磁特性的粘结磁铁。特别是，与现有的各向同性粘结磁铁相比，由于能用较小体积的粘结磁铁产生同等以上的磁性能，因此，能得到更小型且高性能的电动机。

●而且，由于得到高磁通密度，制造粘结磁铁时，即使不追求高密度化也能得到足够高的磁特性，结果，提高成形性的同时，可实现尺寸精度、机械强度、耐蚀性、耐热性(热稳定性)等的进一步提高，能容易地制造可靠性高的粘结磁铁。

●由于充磁性良好，能够在较低充磁磁场充磁，特别是能够容易且确实地进行多极充磁等，且能取得高磁通密度。

●由于不要求高密度化，与压缩成形法相比，难以形成高密度的挤压成形法和喷射成形法也适用于粘结磁铁的制造，即使用这样的成形方法形成的粘结磁铁，也能达到如上所述的效果。因此，粘结磁铁成形方法的选择范围进一步扩大，由此可扩大形状选择的自由度。

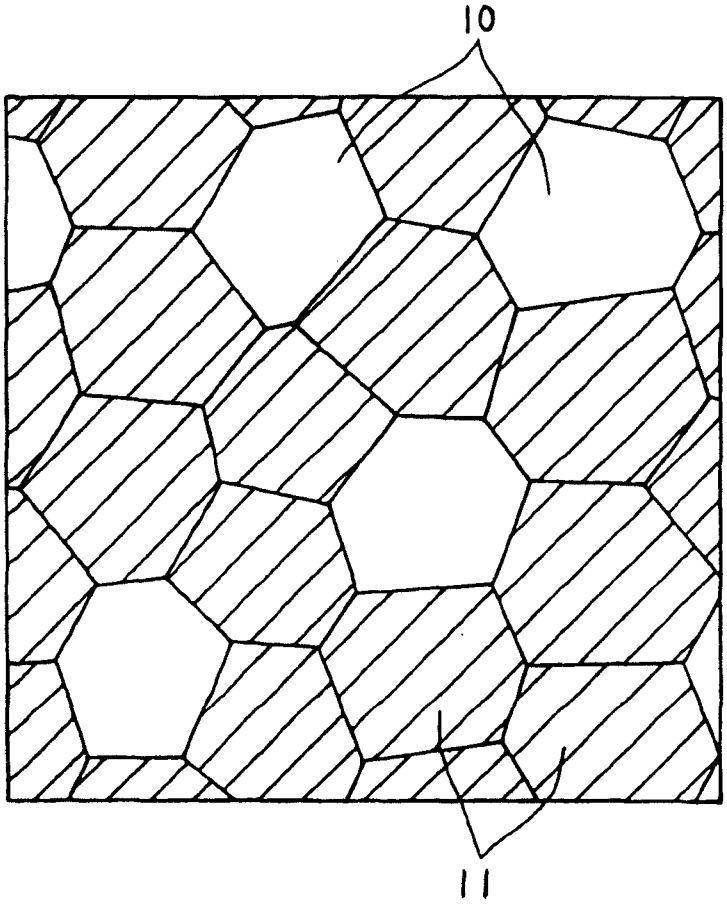


图 1

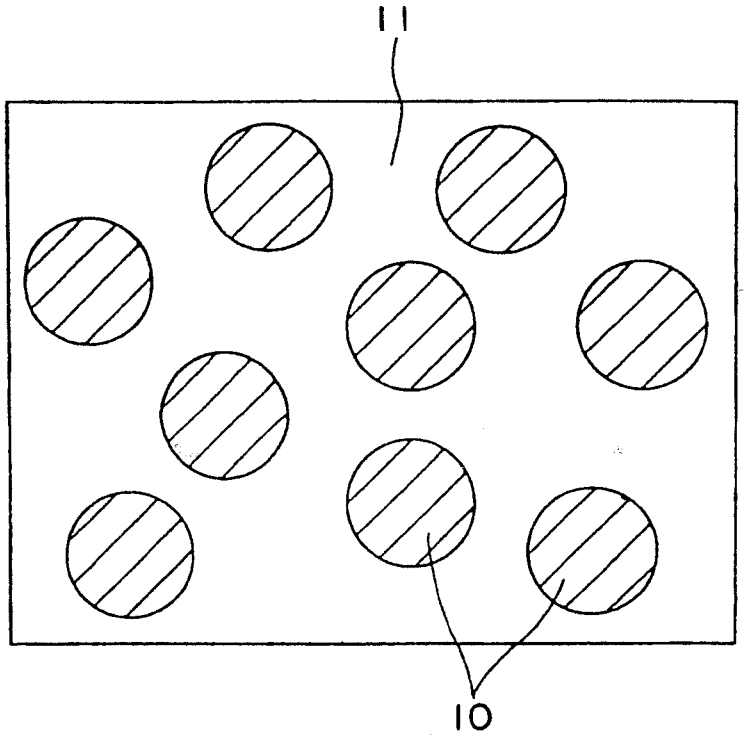


图 2

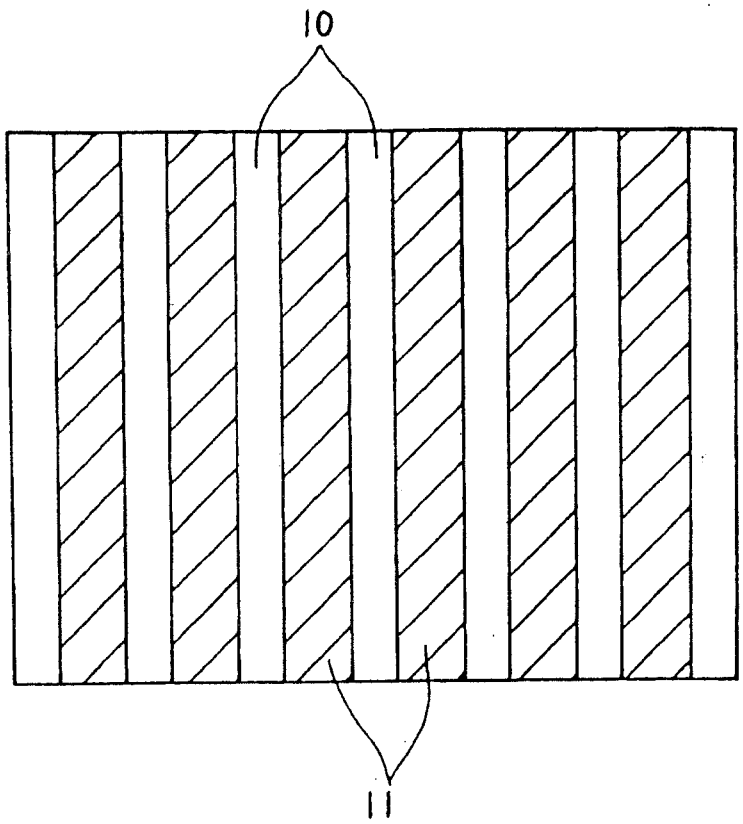


图 3

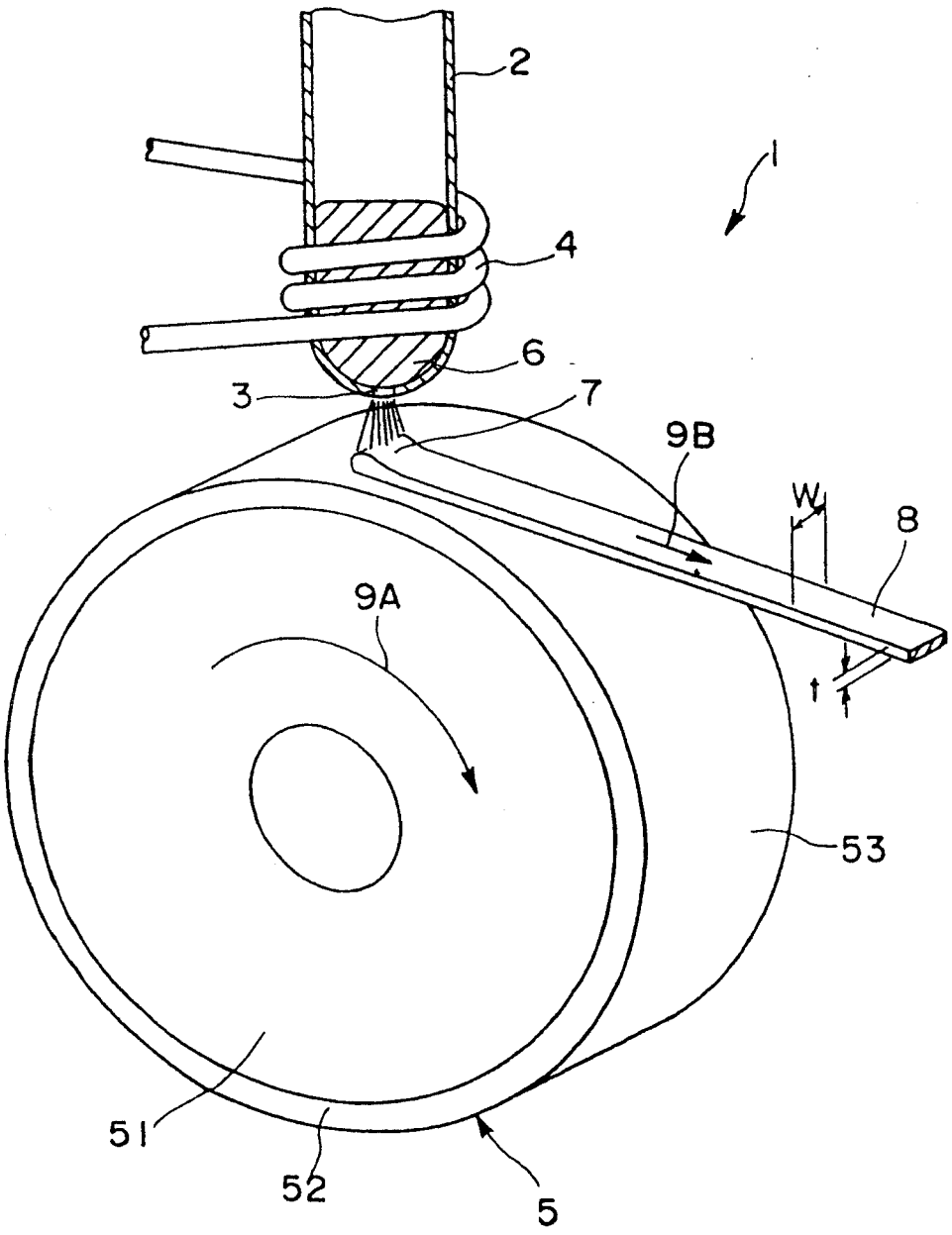


图 4

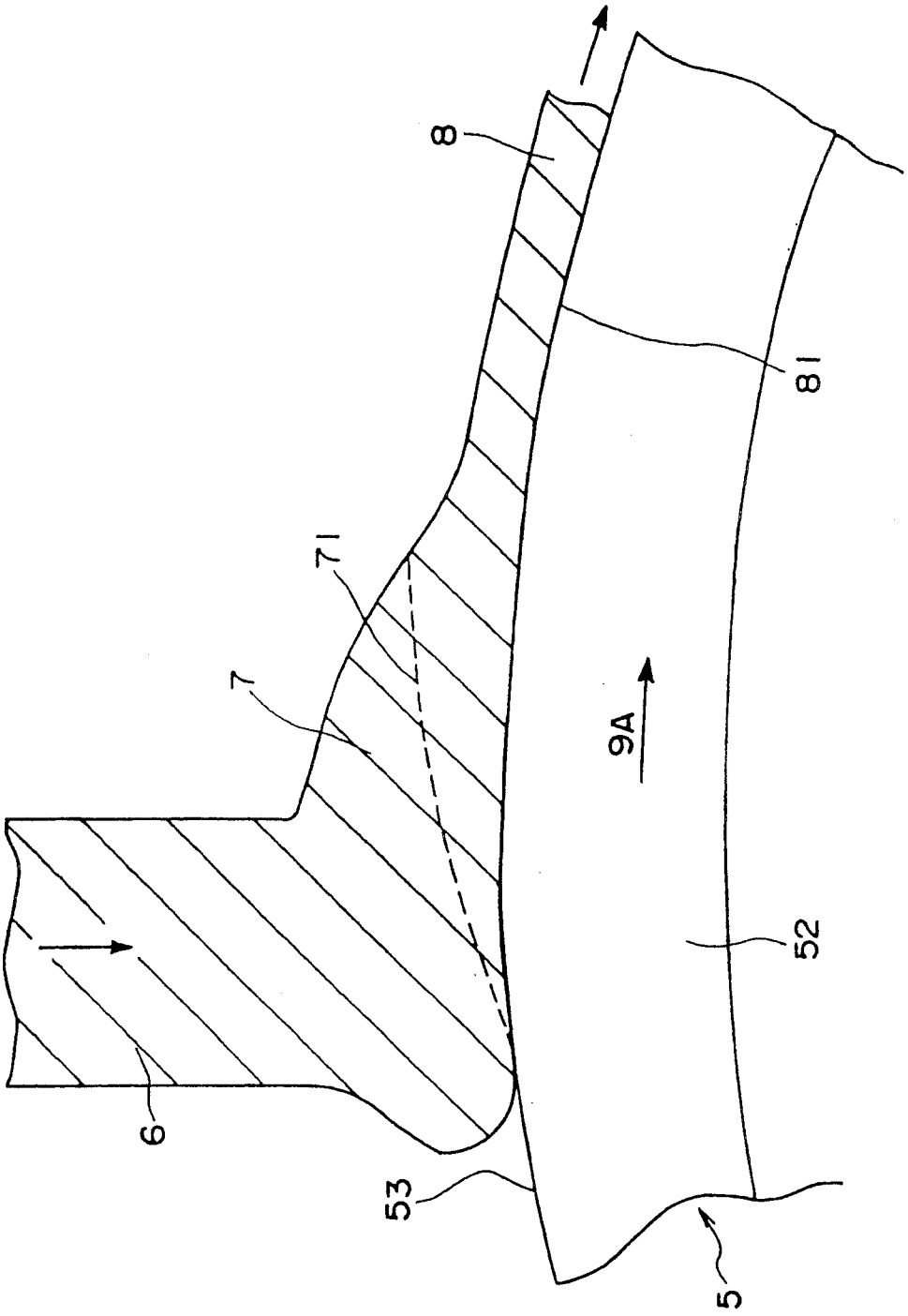


图 5

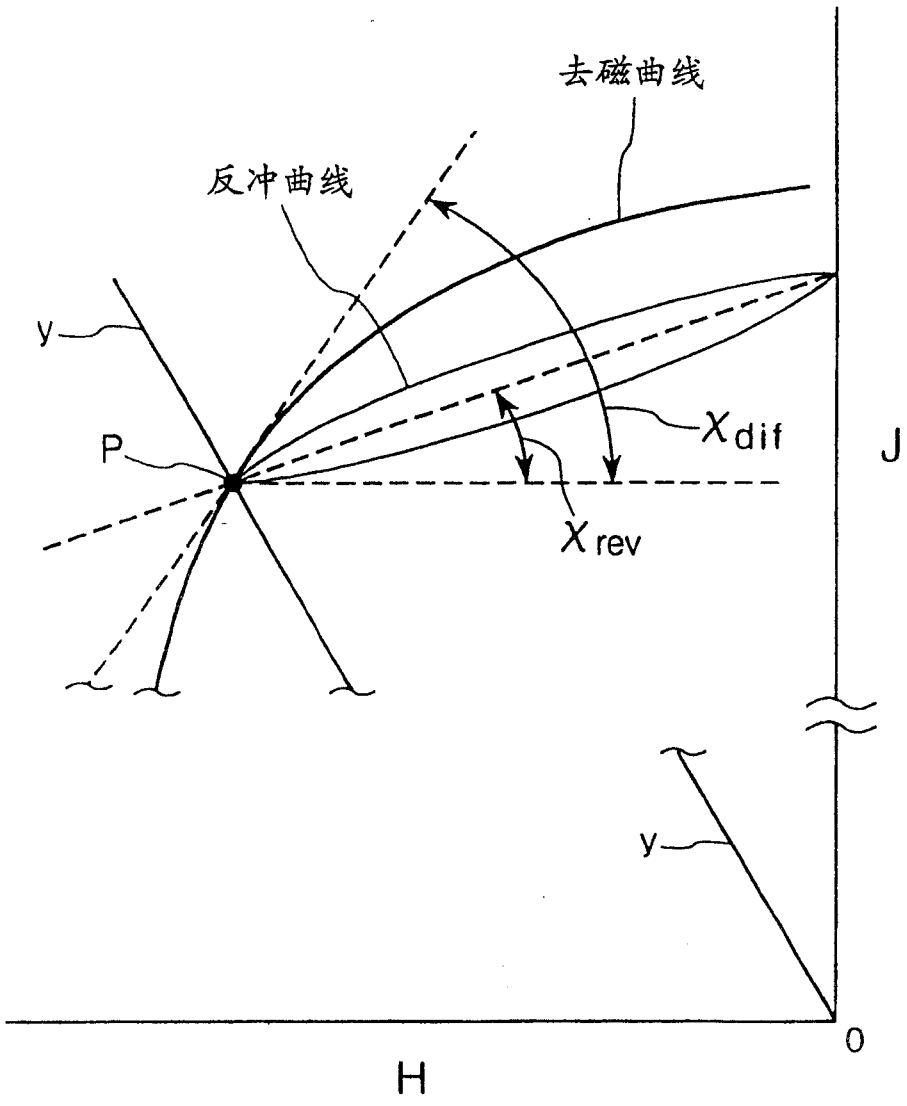
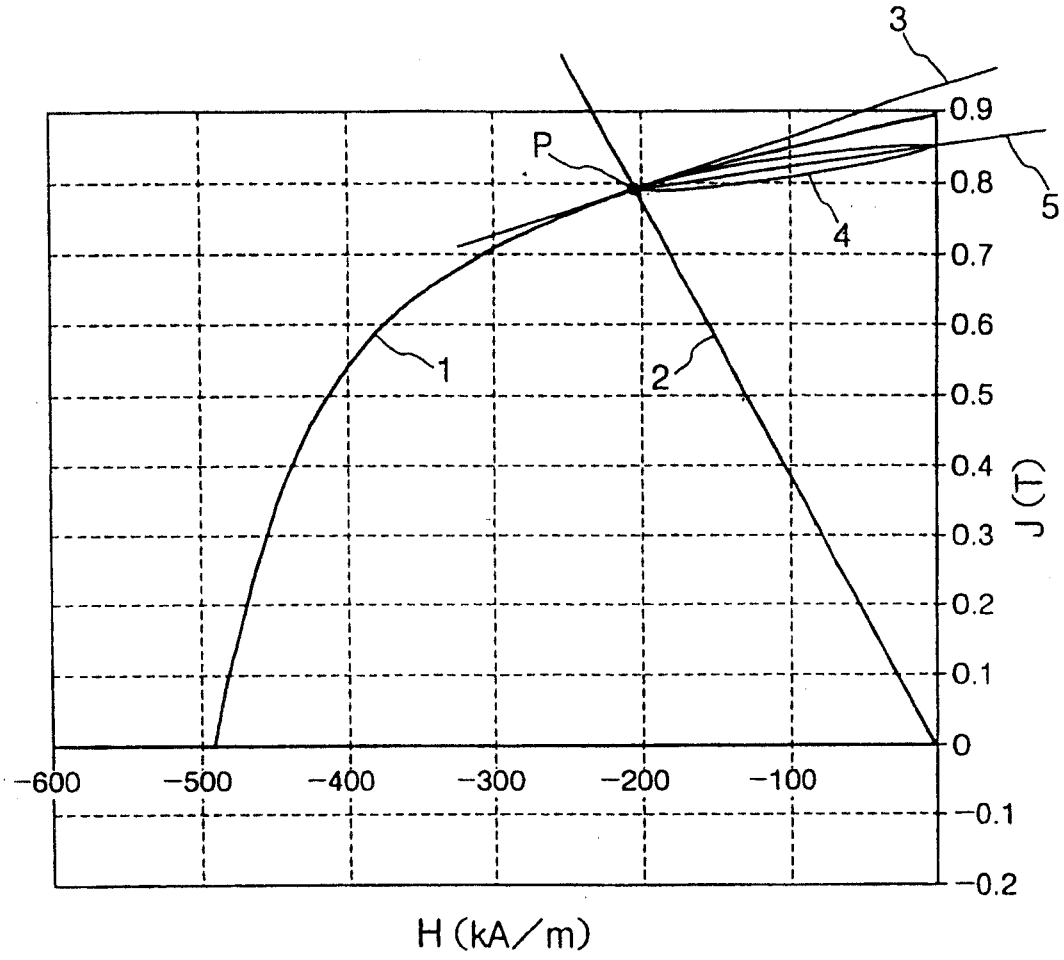


图 6



No.1: 去磁曲线
No.2: (J/H)的斜率为-3.8 × 10 享利l/m的直线
No.3: 交点P处的切线
No.4: 反冲曲线
No.5: 表示反冲曲线斜率的直线

图 7