

[文章编号] 1004- 0609(2002) S1- 0067- 03

NdFeB 粘结磁体的使用温度及磁性能^①

杨留栓, 史新伟, 黄金亮, 李杏瑞, 殷 镖

(洛阳工学院 材料科学与工程系, 洛阳 471003)

[摘 要] 对磁粉进行表面处理, 利用冷、热模压法制备了金属基及塑料基两种粘结 NdFeB 磁体, 研究了表面处理前后及不同基体磁体的使用温度和磁性能。研究结果表明: 磁粉的表面处理可以提高磁体的磁性能及使用温度, 塑料基磁体的磁性能低于金属基磁体的, 但其使用温度却较高, 可达 180 ℃左右。

[关键词] 表面处理; 粘结; NdFeB; 磁性材料; 使用温度; 性能

[中图分类号] TG 145. 2

[文献标识码] A

NdFeB 系永磁材料自问世以来, 因其优异的综合性能而得到广泛应用。但是, 稀土金属钕极易氧化, 致使 NdFeB 磁体的使用温度较低, 一般情况下注射成型 NdFeB 材料的使用温度低于 125 ℃, 压制成型的低于 110 ℃^[1], 这极大地影响了 NdFeB 材料的推广应用。对磁粉进行表面处理及增加热塑性粘结剂是提高磁体使用温度的有效方法^[2~ 9]。作者采用热固性粘结剂(环氧树脂)和热塑性粘结剂(PPS)制备了金属基和塑料基两种粘结 NdFeB 磁体, 研究不同基体磁体的使用温度和磁性能。

1 实验

实验中采用 GKF-11 和 SY1 快淬 NdFeB 磁粉, 粘结剂选用环氧树脂及聚苯硫醚化合物(PPS), 耦联剂用 KH550。

分别采用 3 种工艺对磁粉进行处理: 1) 将快淬 NdFeB 磁粉与环氧树脂粘结剂按 98: 2(质量比)称量, 在研钵中研磨混匀, 该工艺用符号 A 表示。2) 将快淬 NdFeB 磁粉与环氧树脂粘结剂按 98: 2(质量比)称量, 然后按总量的 0.8% 加入耦联剂。先将耦联剂倒入盛有丙酮溶液的烧杯中, 加入快淬 NdFeB 磁粉, 搅拌充分后再加入粘结剂, 最后用搅拌器搅拌均匀, 静置 5 h, 滤干后于 40~ 50 ℃下烘干, 该工艺用符号 B 表示。3) 将快淬 NdFeB 磁粉与 PPS 粘结剂按 30: 70(体积比)称量, 按总量的 0.8% 加入耦联剂。先将耦联剂倒入盛有丙酮溶液的烧杯中, 加入快淬 NdFeB 磁粉, 用搅拌器搅拌均匀, 静

置 5 h, 滤干后于 40~ 50 ℃下烘干, 然后将制得的磁粉与称量好的 PPS 混合, 在特制搅拌器中搅拌均匀, 该工艺用符号 C 表示。

用模压法制备两种磁体: 1) 将由工艺 A, B 制得的磁粉用冷压模法压制成柱状小磁体, 成型压力取 700 MPa。压好后的磁体放入烘干炉内进行固化处理, 温度控制在(125 ± 5) ℃, 固化取出即得金属基磁体。2) 将由工艺 C 制得的磁粉加热到 310 ℃保温, 通 Ar 气保护; 再将盛有磁粉的模具放入电阻炉内加热保温, 然后迅速将模具取出压制磁体, 成型压力取 700 MPa。模具两端的冲头由电热板控制温度, 压制完成冷却退模后即得塑料基磁体。

首先测量室温下磁体的磁感应强度, 然后将一部分磁体在室温下放置 1 000 h 后再测量其剩磁感应强度, 同时将另一部分磁体放入到电阻炉内, 并随炉升温至 50, 100, 150, 200, 250 和 300 ℃, 到温后取出测量其剩磁感应强度, 计算出退磁率。

将磁体在 LDJ6600 充磁仪上充磁, 在自动测磁仪上测量其磁性能。将金属基磁体在液压万能试验机上压裂, 然后将断口放在 JSM-35CF 扫描电镜下观察其断口状态。

2 实验结果

2.1 磁体的温度稳定性

2.1.1 不同基体磁体的温度稳定性

表 1 所列为不同磁体在室温下放置 1 000 h 后的退磁率。

① [基金项目] 河南省自然科学基金资助项目(004041300)

[收稿日期] 2001- 12- 14; [修订日期] 2002- 01- 28

[作者简介] 杨留栓(1959-), 男, 教授, 博士。

表 1 不同磁体在室温下放置 1 000 h 后的退磁率

Table 1 Demagnetization of magnets at room temperature for 1 000 h

Matrix	Technique	Demagnetization/ %
Metal	B	8.94
Plastic	C	0.15
Metal	A	10.65

从表中可以看出塑料基磁体的温度稳定性远远优于金属基磁体的温度稳定性。从两种磁体在不同温度下的退磁率(如图 1 所示)也可以看出这一点,温度低于 150 °C 时塑料基磁体的磁性能没有变化。在塑料基磁体中,磁粉弥散分布于粘结剂中,与外接触的基本上是热塑性粘结剂 PPS,相当于一层隔热膜,磁粉受到了很好的保护,因而延缓了磁粉原子中原子磁矩无序取向的进程,磁性能变化缓慢,使用温度提高。

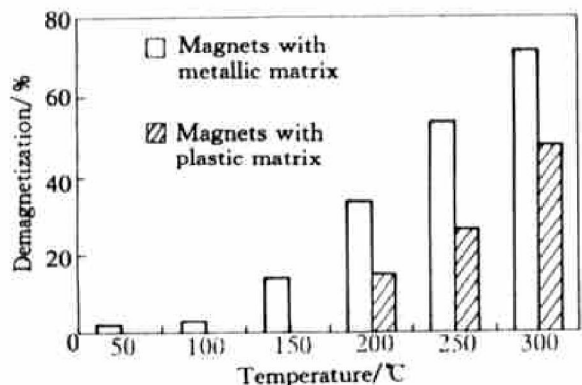
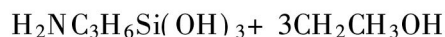
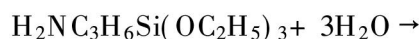


图 1 B, C 工艺所得 NdFeB 磁体在不同温度下的退磁率

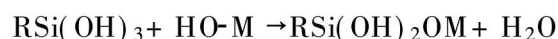
Fig. 1 Demagnetization of magnets at different temperature after treatments of techniques B and C

2.1.2 磁粉表面处理对磁体温度稳定性的影响

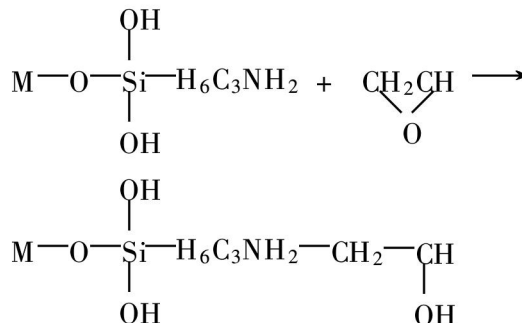
对比工艺 A 和 B, 可知磁粉的表面处理可以改善磁体的温度稳定性(如表 1 所示)。这主要是由于耦合剂是一类具有两性性质的物质,其分子式为 $\text{H}_2\text{NC}_3\text{H}_6\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$, 可用通式 RSiX_3 表示。磁粉经表面处理后,硅烷中的基团 $-(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ 首先发生水解,生成硅醇,水解方程式为^[3]



生成的硅醇可与表面含有 OH^- 的无机填料发生缩水反应,反应方程式如下^[3]



而 R 基团同时又可以与环氧树脂中的环氧基发生反应,反应方程式如下^[3]:



这样耦合剂就搭起无机填料和有机物间的桥梁,相当于在磁粉表面覆上了一层薄膜,同时也改善了磁粉表面的结合状态(如图 2 所示),使得粘结剂在磁粉颗粒表面分布更均匀;同时这层薄膜也减缓了磁体的氧化或磁粉颗粒中原子磁矩的无序取向,因而磁性能变化缓慢,温度稳定性提高。

2.2 磁体磁性能

2.2.1 不同基体磁体的磁性能

由表 2 可以看出,塑料基磁体的磁性能远远低于金属基磁体的,这主要是由于粘结剂是非磁性物质,它的掺入对磁粉起到稀释作用,相当于一种掺杂^[10],因此粘结剂含量高,势必降低其磁性能。

由表 2 还可知,磁粉经表面处理后,在磁粉颗粒表面覆上了一层 KH550 薄膜,减少了磁体压制、充磁过程中的氧化,从而提高了磁体的磁性能;同

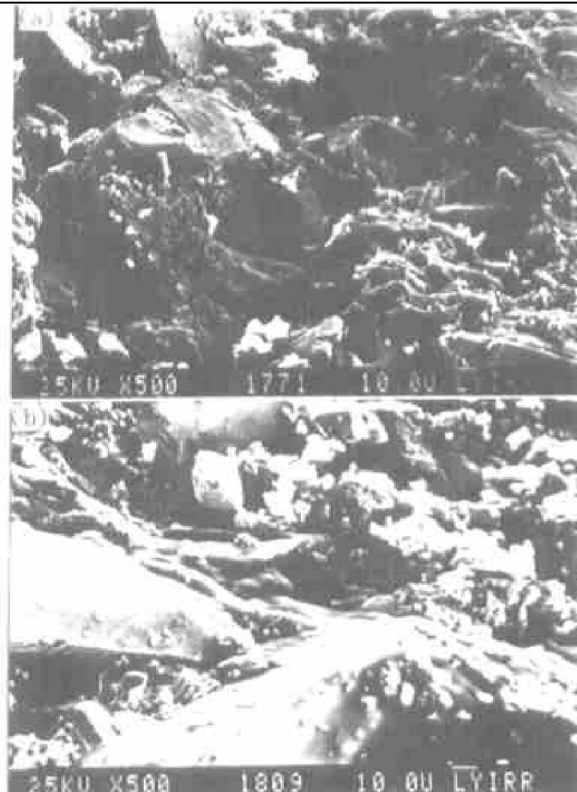


图 2 工艺 A, B 所得磁体的断口扫描形貌

Fig. 2 SEM fractograph of metal matrix magnets (a) —Treated by technique A; (b) —Treated by technique B

表 2 不同基体及表面处理对磁体最大磁能积的影响

Table 2 Effects of surface treatment with different matrix on maximum energy product

Matrix	Technique	Maximum energy product
Plastic	C	1. 70
Metal	B	6. 30
Metal	A	5. 88

时由于KH550薄膜的原因, 使得磁体在充磁过程中, 磁粉颗粒在磁场中易于旋转、取向, 使最终磁体中的磁粉颗粒的原子磁矩取向一致, 原子磁矩的方向性好, 因而磁体的磁性能得以提高。

[REFERENCES]

[1] 李 飞. 粘结钕铁硼磁体开发应用现状 [J]. 稀土, 1999, 20(2): 63– 66.
LI Fei. Current status of development and application for bonded NdFeB magnets [J]. Chinese Rare Earths, 1999, 20(2): 63– 66.

[2] Otaigbe J U, Xiao J, Kim H. Influence of filler surface treatments on processability and properties of polymer bonded NdFeB magnets [J]. J Mater Sci, 1999, 18: 329– 332.

[3] Jun Xiao, Joshua U O. Analytic thermogravimetry to de-

termine the effect of surface modification on dispersion of NdFeB fillers [J]. J Mater Res, 1999, 14(7): 2893– 2896.

[4] Rothon R N. Surface Modification and Surface Modifiers, Particulate Filled Polymer Composites [M]. Longman Scientific & Technical Essex, 1995. 137– 148.

[5] Chen F T, Man H C, Chan W M. Corrosion protection of NdFeB magnets by bismaleimide coating [J]. J Appl Phys, 1999, 85: 5690– 5692.

[6] Chen Q, Asuncion J, Landi J, et al. The effect of the coupling agent on the packing density and corrosion behavior of NdFeB magnets [J]. J Appl Phys, 1999, 85: 5684– 5686.

[7] Kato Y. The thermal stability of sintered and bonded rare earth magnets [J]. J Appl Phys, 1999, 85: 4868– 4870.

[8] Higuchi M, Tsuchida M, Osawa Z. Effect of plasma treatment on thermal stability and magnetic properties of NdFeB series plastic magnets [J]. J Mater Sci, 1992, 27: 5795– 5800.

[9] Osawa Z, Hinohara S. Thermal oxidative deterioration and its orevention in NdFeB series plastic magnets [J]. J Mater Sci, 1992, 27: 5445– 5448.

[10] Willman C J, Narasimhan. Corrosion characteristic of RE-Fe-B permanent magnets [J]. J Appl Phys, 1987, 61: 3766– 3768.

Magnetic properties and service temperature of bonded NdFeB magnetic composites

YANG Liu-shuan, SHI Xir-wei, HUANG Jir-liang, LI Xing-rui, YIN Biao
(Department of Materials Science and Engineering, Luoyang Institute of Technology,
Luoyang 471039, China)

[Abstract] The rapidly-quenched NdFeB magnetic powders were surface-treated. Two kinds of NdFeB magnets based on metal and plastic were prepared by cold molding and hot molding, respectively. The service temperature and magnetic properties before and after the surface treatment with different matrix were studied. The results show that the temperature stability and the magnetic properties of the magnets can be improved by the surface treatment of the magnetic powders. The magnetic properties of the magnets based on plastic are lower than those based on metal, but the service temperature of the magnets based on the plastic is increased greatly. Its usable temperature can reach 180 ℃.

[Key words] surface treatment; bond; NdFeB; magnetic materials; service temperature; properties

(编辑 杨 兵)