

目 次

| | |
|-------------------------------------------|---|
| 前言 | Ⅱ |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用标准 | 1 |
| 3 定义 | 1 |
| 4 分类 | 2 |
| 4.1 材料分类 | 2 |
| 4.2 材料牌号 | 2 |
| 5 要求 | 2 |
| 6 试验方法 | 4 |
| 6.1 试样 | 4 |
| 6.2 试验方法 | 4 |
| 附录 A(提示的附录) 稀土钴永磁材料的辅助磁性能和部分机械物理特性 | 5 |
| 附录 B(提示的附录) 烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线 | 5 |
| 附录 C(提示的附录) 稀土钴永磁材料的典型化合物、制造工艺及应用指南 | 6 |

前 言

本标准是对 GB/T 4180—1984《稀土钴永磁材料系列》的修订。

目前,尚无与本标准完全对应的国际标准或国外先进标准。此次修订积极采用了 IEC 404-8-1:1986《磁性材料 第 8 部分:特殊材料规范 第一章 硬磁材料标准规范》及其补充 2(1992)中有关稀土钴永磁材料磁性能的规定。本标准的编写符合 GB/T 1.3—1997《标准化工作导则 第 1 单元:标准的起草与表述规则 第 3 部分:产品标准编写规定》的规定。

本标准给出的材料是稀土钴永磁材料中的典型材料,不排除各制造厂提供补充牌号材料的可能性。使用稀土钴永磁材料加工制成一定形状尺寸的永磁元件的尺寸公差、磁性能等检验参数应在用户和制造厂之间协商一致。

本标准与前一版标准 GB/T 4180—1984 的主要差异如下:

a) 增加了“引用标准”与“定义”两章。

b) 将 RCo_5 系列和 R_2Co_{17} 系列分别列表规定。

c) 采用了 IEC 404-8-1:1986 及其补充 2(1992)中全部烧结 RCo_5 和 R_2Co_{17} 材料磁性能规定,并列入相对应的 IEC 分类代号。

d) RCo_5 系列和 R_2Co_{17} 系列中均补充规定了高磁极化强度矫顽力(高内禀矫顽力)材料,并按低、高磁极化强度矫顽力分不同品种列表规定。

e) 附录部分作了调整和补充。补充了制造工艺内容,增加了应用指南,调整了典型退磁曲线。

本标准从实施之日起,同时代替 GB/T 4180—1984。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 均为提示的附录。

本标准由中华人民共和国信息产业部提出。

本标准由全国磁性元件与铁氧体材料标准化技术委员会归口。

本标准由中国西南应用磁学研究所负责起草。

本标准主要起草人:刘剑、王永强、张明、金必伦、易全瑞、李克文。

本标准于 1984 年 3 月 9 日首次发布。

1 范围

本标准规定了稀土钴永磁材料的分类、材料牌号、主要磁性能及其试验方法。也给出了辅助磁性能以及部分机械物理性能的典型值。

本标准适用于稀土钴永磁材料。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 3217—1992 永磁(硬磁)材料磁性试验方法

GB/T 9637—1988 磁学基本术语和定义

3 定义

本标准采用下列定义,其他定义见 GB/T 9637。

3.1 矫顽场强度 coercive field strength

磁通密度(磁极化强度或磁化强度)为零时的磁场强度。

注

1 在用图表示的情况下,这个值对应于磁通密度(磁极化强度或磁化强度)的磁化曲线与 H 之交点。

2 矫顽场强度与静态或动态的磁化过程有关,当没有规定时,则是指静态磁化过程。[GB/T 9637—1988 中 2.22]

3.2 剩余磁通密度 remanent flux density; 剩余磁感应强度 remanent magnetic induction; 剩余磁极化强度 remanent magnetic polarization; 剩余磁化强度 remanent magnetization

外磁场强度(包括自退磁场强度)为零时的磁通密度(磁感应强度,磁极化强度或磁化强度)值。

注

1 在此情况下,剩余磁通密度等于剩余磁极化强度并且也等于磁性常数乘以剩余磁化强度。

2 若用图表示,这就是磁化曲线与 B (J 或 M) 轴的交点。[GB/T 9637—1988 中 2.25]

3.3 矫顽力 $H_{cb}(H_{cj})(H_{cm})$ coercivity $H_{cb}(H_{cj})(H_{cm})$

用一个单调变化的磁场,使材料从饱和状态出发得到的矫顽场强度值。

注

1 H_{cb} 通常称为磁感应强度矫顽力或磁通密度矫顽力。

2 $H_{cj}(H_{cm})$ 通常称为磁极化强度矫顽力(磁化强度矫顽力)或内禀矫顽力。

3.4 顽磁(剩磁) B_r remanence B_r

用一个单调变化的磁场,使材料从饱和状态出发得到的剩余磁通密度值。

3.5 BH 能积(磁能积) BH product

在永磁体的退磁曲线的任意一点磁通密度与磁场强度的乘积。它是表征永磁材料单位体积对外产

生的磁场中总储存能量的一个参数。

注

1 在退磁曲线上得到的最大值是 $(BH)_{\max}$ 。

2 单位体积永磁体在它产生的外磁场中储存的能量为 $W = (BH)/2$ [GB/T 9637—1988 中 4.9]。

4 分类

4.1 材料分类

4.1.1 本标准规定的材料属永磁材料类,稀土钴永磁合金小类,代号 R5。

4.1.2 稀土钴永磁材料按其结构特性分为 RCo_5 系列和 R_2Co_{17} 系列。

4.1.3 同一系列的稀土钴永磁材料按磁特性分低磁极化强度矫顽力和高磁极化强度矫顽力等品种。每个品种有若干牌号。

4.1.4 每一牌号的材料可根据需要的形状和尺寸加工制成各种规格的永磁元件。

4.2 材料牌号

4.2.1 稀土钴永磁材料的牌号由四部分组成:

a) 第 1 部分:材料的主称,用汉语拼音字母表示。XG 表示稀土钴;

b) 第 2 部分:材料的制造工艺特征,用汉语拼音字母表示。S 表示烧结,N 表示粘结;

c) 第 3 部分:材料的主要磁性能特征,用阿拉伯数字分数形式表示。分子表示材料的最大磁能积 $(BH)_{\max}$ 的标称值(单位: kJ/m^3);分母表示材料的磁极化强度矫顽力 H_{cJ} 最小值(单位: kA/m)的十分之一。数值采用四舍五入取整数;

d) 第 4 部分:材料磁结构特征,用汉语拼音字母表示。T 表示磁各向同性;该部分缺省时,表示磁各向异性。

4.2.2 材料牌号示例:



5 要求

5.1 烧结稀土钴永磁材料的主要磁性能应分别符合表 1、表 2 的规定。

5.2 粘结稀土钴永磁材料的主要磁性能应符合表 3 的规定。

5.3 稀土钴永磁材料的辅助磁性能和部分机械物理特性见附录 A(提示的附录)。

5.4 附录 B(提示的附录)给出了烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线。

5.5 附录 C(提示的附录)给出了稀土钴永磁材料的典型化合物、制造工艺及应用指南。

表1 RCo₅系列烧结稀土钴永磁材料主要磁性能

| 品种 | 材料牌号 | IEC 分类代号 | 最大磁能积 | 顽磁(剩磁) | 矫顽力 | | 典型化合物 |
|---------------|-------------|----------|------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| | | | $(BH)_{\max}$ kJ/m ³ | B_r mT | H_{CB} kA/m | H_{CJ} kA/m | |
| | | | 范围 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | |
| 低磁极化 强度矫顽力 | XGS 80/36 | | 65~90 | 600 | 320 | 360 | Ce(Co,Cu,Fe) ₅ |
| | XGS 100/80 | R5-1-1 | 80~120 | 650 | 500 | 800 | MMCo ₅ |
| | XGS 135/96 | R5-1-2 | 120~150 | 770 | 590 | 960 | SmCo ₅ |
| | XGS 165/80 | R5-1-3 | 150~180 | 900 | 640 | 800 | (Sm,Pr)Co ₅ |
| 高磁极化 强度矫顽力 | XGS 135/120 | | 120~150 | 770 | 590 | 1 200 | SmCo ₅ 或 (Sm,Pr)Co ₅ |
| | XGS 135/160 | | 120~150 | 770 | 590 | 1 600 | |
| | XGS 165/120 | | 150~180 | 880 | 640 | 1 200 | |
| | XGS 165/145 | | 150~180 | 880 | 640 | 1 450 | |

注

- IEC 分类代号符合 IEC 404-8-1 的规定,对应每一牌号材料的主要磁性能值除 $(BH)_{\max}$ 增加范围上限外,其余与相应 IEC 分类代号对应值相同。
- 制造厂商可提供其他补充牌号的材料,如磁极化强度矫顽力(H_{CJ})更高的稀土钴永磁材料。

表2 R₂Co₁₇系列烧结稀土钴永磁材料主要磁性能

| 品种 | 材料牌号 | IEC 分类代号 | 最大磁能积 | 顽磁(剩磁) | 矫顽力 | | 典型化合物 |
|---------------|-------------|----------|------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|
| | | | $(BH)_{\max}$ kJ/m ³ | B_r mT | H_{CB} kA/m | H_{CJ} kA/m | |
| | | | 范围 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | |
| 低磁极化 强度矫顽力 | XGS 180/50 | R5-1-11 | 165~195 | 950 | 440 | 500 | Sm ₂ (Co,Cu, Fe,Zr) ₁₇ |
| | XGS 185/70 | R5-1-12 | 170~200 | 970 | 630 | 700 | |
| | XGS 195/40 | | 180~210 | 980 | 380 | 400 | |
| | XGS 195/90 | R5-1-13 | 180~210 | 1 000 | 680 | 900 | |
| | XGS 205/45 | | 190~220 | 1 000 | 420 | 450 | |
| | XGS 205/70 | R5-1-14 | 190~220 | 1 050 | 560 | 700 | |
| | XGS 235/45 | | 220~250 | 1 070 | 440 | 450 | |
| 高磁极化 强度矫顽力 | XGS 205/120 | | 190~220 | 1 000 | 650 | 1 200 | |
| | XGS 205/160 | | 190~220 | 1 000 | 650 | 1 600 | |

注

- IEC 分类代号符合 IEC 404-8-1 的规定,对应每一牌号材料的主要磁性能值除 $(BH)_{\max}$ 增加范围上限外,其余与相应 IEC 分类代号对应值相同。
- 制造厂商可提供其他补充牌号的材料,如磁极化强度矫顽力(H_{CJ})更高的稀土钴永磁材料。

表 3 粘结稀土钴永磁材料主要磁性能

| 品种 | 材料牌号 | IEC 分类代号 | 最大磁能积 | 顽磁(剩磁) | 矫顽力 | | 典型化合物 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| | | | $(BH)_{\max}$ kJ/m ³ | B_r mT | H_{cB} kA/m | H_{cJ} kA/m | |
| | | | 范围 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | |
| 低磁极化 强度矫顽力 | XGN 65/60 | R5-3-1 | 48~80 | 500 | 360 | 600 | SmCo ₅ 或 Sm ₂ (Co,Cu, Fe,Zr) ₁₇ |
| 注 | | | | | | | |
| 1 IEC 分类代号符合 IEC 404-8-1 的规定,对应每一牌号材料的主要磁性能值除 $(BH)_{\max}$ 增加范围上限外,其余与相应 IEC 分类代号对应值相同。 | | | | | | | |
| 2 制造厂商可提供其他补充牌号的材料。 | | | | | | | |

6 试验方法

6.1 试样

试样沿磁化轴应有一均匀的矩形或圆形截面。推荐采用截面面积为 50 mm²~320 mm²,沿磁化轴长度为 8 mm~20 mm 的试样,其余按 GB/T 3217 的规定。

若不满足上述尺寸条件,可能会得到不准确的测量值。

6.2 试验方法

稀土钴永磁材料的磁性试验方法按 GB/T 3217 的规定。

本标准规定的稀土钴永磁材料的主要磁性能是按 GB/T 3217 的规定,在正常的试验大气条件下,将试样技术磁化饱和后测量获得。推荐的稀土钴永磁材料最低饱和磁化磁场强度见附录 C(提示的附录)中表 C1。

附 录 A
(提示的附录)

稀土钴永磁材料的辅助磁性能和部分机械物理特性

A1 烧结稀土钴永磁材料的辅助磁性能和部分机械物理特性见表 A1。

表 A1 烧结稀土钴永磁材料的辅助磁性能和部分机械物理特性

| 参数名称 | | 典型化合物 | RCo ₅ | | R ₂ Co ₁₇ 系列 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| | | | Ce(Co,Cu,Fe) ₅ | SmCo ₅ 、(Sm,Pr)Co ₅ | Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇ |
| 辅助磁性能 | 顽磁(剩磁)温度系数 $\alpha(B_r)$ | %/K | -0.09 | -0.05 | -0.03 |
| | 磁极化强度矫顽力温度系数 $\alpha(H_{cj})$ | %/K | | -0.3 | -0.3 |
| | 居里温度 T_c | K | 750 | 1 000 | 1 100 |
| | 回复磁导率 μ_{rec} | — | 1.10 | 1.05 | 1.10 |
| 机械物理特性 | 密度 D | g/cm ³ | 7.8 | 8.2 | 8.4 |
| | 维氏硬度 HV | MPa | 450 | 450 | 600 |
| | 电阻率 ρ | $\Omega \cdot \text{cm}$ | 5×10^{-4} | 5.3×10^{-6} | 8.5×10^{-6} |
| | 压缩强度 σ_c | MPa | | 1 000 | 800 |
| | 拉伸强度 σ_b | MPa | | 400 | 350 |
| | 弯曲强度 σ_b | MPa | | 180 | 150 |
| 注 1 $\alpha(B_r)$ 、 $\alpha(H_{cj})$ 的测量温度范围从 273 K~373 K,但不妨碍这些材料在此温度范围以外应用。 2 典型值仅供参考,不作为材料验收或拒收的判据。 3 制造厂商可提供其他顽磁(剩磁)温度系数[$\alpha(B_r)$]的稀土钴永磁材料。 | | | | | |

A2 粘结稀土钴永磁材料使用的有机粘结剂以及成型方式不同,其辅助磁性能和机械物理特性差异较大,本标准不一一列出。

附 录 B
(提示的附录)

烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

低、高磁极化强度矫顽力烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线分别见图 B1、图 B2。

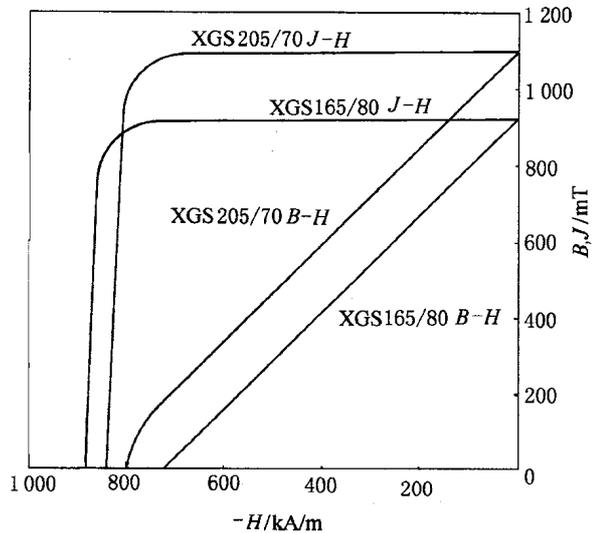


图 B1 XGS 165/80、XGS 205/70 低磁极化强度矫顽力烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

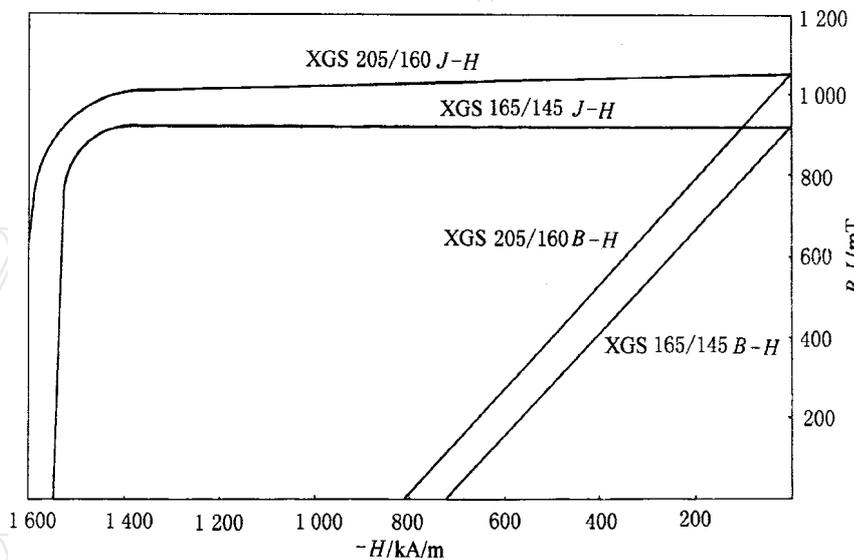


图 B2 XGS 165/145、XGS 205/160 高磁极化强度矫顽力烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

附录 C

(提示的附录)

稀土钴永磁材料的典型化合物、制造工艺及应用指南

C1 稀土钴永磁材料的典型化合物

稀土钴永磁材料的典型化合物见图 C1 所示。

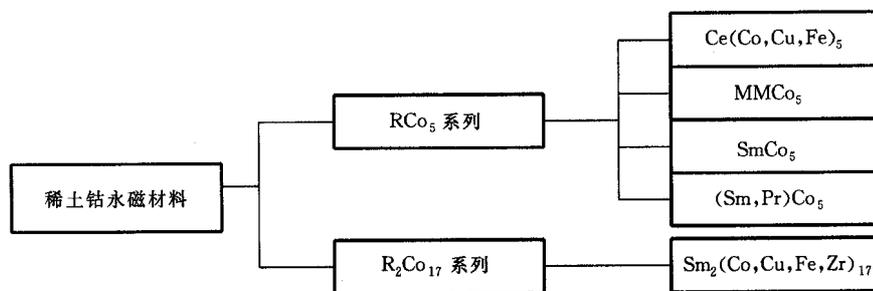


图 C1 稀土钴永磁材料的典型化合物

稀土钴永磁材料分为 RCo_5 、 R_2Co_{17} 两种金属间化合物结构类型。 RCo_5 型中的稀土金属(R)通常为铈(Ce)、钐(Sm)、镨(Pr)或其他稀土金属,或这些稀土金属混合物(MM)。 R_2Co_{17} 型中的稀土金属(R)与 RCo_5 中相同,通常为钐(Sm)。一部分钴(Co)由铁(Fe)、铜(Cu)、锆(Zr)、铪(Hf)或其他过渡族金属(TM)取代。

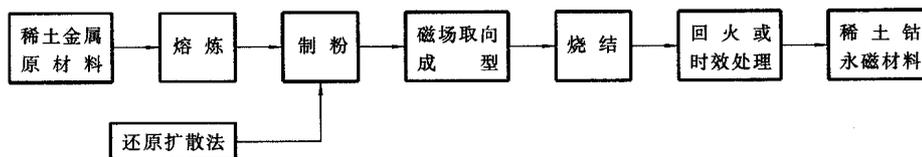
稀土钴永磁材料具有高单轴各向异性六角晶体结构。

C2 稀土钴永磁材料制造工艺

稀土钴永磁材料的主要工业化制造工艺有粉末冶金法和粘结法。

C2.1 粉末冶金法(烧结法)

粉末冶金法(烧结法)是高性能稀土钴永磁材料的主要制造方法,其典型工艺流程如图 C2。



注：还原扩散(R/D法)是将稀土氧化物用金属钙(Ca)还原,再通过稀土金属与金属钴(Co)等过渡族金属原子的相互扩散,直接得到稀土钴合金粉,是一种稀土钴合金粉末的廉价制造工艺。通常有商品稀土钴合金粉出售。

图 C2 粉末冶金法(烧结法)典型工艺流程图

C2.2 粘结法

粘结法是以稀土钴永磁粉末为原料与粘结剂(通常为有机粘结剂)混合,经压制、挤出或注射成型,然后固化处理的制造工艺,可直接得到复杂形状的永磁元件。

C3 稀土钴永磁材料应用指南

C3.1 应用范围

稀土钴永磁材料广泛应用于微波通讯、电机工程、仪器仪表、磁力机械、磁化和磁疗等领域。由于其磁性能高、温度稳定性好,特别适用于微波器件,伺服电机、测量仪表等静态或动态磁路。

C3.2 结构特征与设计加工

烧结稀土钴永磁材料性脆,缺乏延展性,设计时不宜用作结构件。宜采用线切割机、切片机、磨床进行加工。烧结稀土钴永磁材料制成的永磁元件,其轻微的外观缺陷只要不影响正常组装或功能,很少损害永磁元件的磁性能及其稳定性和抗退磁能力。

粘结稀土钴永磁材料可直接制造复杂形状的永磁元件,机械强度高。

C3.3 磁化及预稳定处理

稀土钴永磁材料应注意尽量在技术磁化饱和后使用。未经技术磁化饱和或多次充退磁,不能获得材料应有的磁性能,且有损于其效率和稳定性。除特殊情况外,不赞成使用退磁方法得到所需磁性能。

对稳定性要求较高的使用场合,推荐对稀土钴永磁元件采用预稳定处理。处理温度应适当高于实际使用温度。处理时,视使用的具体情况,将磁化后的稀土钴永磁元件固定于非铁磁性基板上或在模拟工作状态下进行处理。

磁化后的稀土钴永磁元件具有极强的吸引力,在包装、装配、运输过程中应避免无防护地相互近距离放置或吸附其他铁磁性物质,以免造成掉块、崩裂或人身伤害。

C3.4 稀土钴永磁材料最低饱和磁化磁场强度

推荐的稀土钴永磁材料的最低饱和磁化磁场强度见表 C1。

表 C1 推荐的稀土钴永磁材料的最低饱和磁化磁场强度 kA/m

| 典型化合物 | SmCo ₅ | Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇ | Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇ | (Sm,Pr)Co ₅ | Ce(Co,Cu,Fe) ₅ |
|--------------------|-------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| | | $H_{c2} \geq 800$ 时 | $H_{c2} < 800$ 时 | | |
| 最低饱和磁化 磁场强度 H | 3 200 | 3 200 | 1 600 | 2 400 | 1 600 |

C4 单位制换算

有关磁学量的 SI 制和 CGS 制单位及其换算见表 C2。

表 C2 有关磁学量的 SI 制和 CGS 制单位及其换算

| 量的名称 | 符 号 | 量的单位 | | 单位制换算 |
|-----------------------|---------------------|------------------------|-------|--------------------------------------------------|
| | | SI 制 | CGS 制 | |
| 磁通[量] | Φ | Wb | Mx | 1 Wb = 10^8 Mx |
| 磁场强度 矫顽力 | H, H_{cb}, H_{c2} | A/m | Oe | 1 kA/m = $4\pi \times 10^{-3}$ kOe |
| 磁通密度(磁感应强度) 顽磁(剩磁) | B B_r | T (Wb/m ²) | Gs | 1 T = 10 kGs |
| 最大磁能积 | $(BH)_{max}$ | kJ/m ³ | MGOe | 1 kJ/m ³ = $4\pi \times 10^{-2}$ MGOe |