



中华人民共和国国家标准

GB/T 17951—2005
代替 GB/T 17951—2000

硬磁材料一般技术条件

Standard specification for magnetically hard materials

(IEC 60404-8-1;2001,MOD)

2005-09-19 发布

2006-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 材料的类型及应用	1
4 磁特性分类	1
4.1 主要磁特性	1
4.2 辅助磁特性	1
5 化学成分	2
6 密度	2
7 牌号	2
8 交货方式及尺寸	2
9 检验	2
9.1 检验范围	2
9.2 检验方法	2
10 拒收理由	2
11 分类材料	3
11.1 硬磁合金材料	3
11.2 硬磁陶瓷材料(硬磁铁氧体)	5
11.3 粘结硬磁材料	5
12 不可逆退磁特性	6
附录 A (资料性附录) AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB 和硬磁铁氧体磁体的机械 物理性能参考值	15
附录 B (资料性附录) 本标准章条编号与 IEC 60404-8-1:2004(Ed2.1)章条编号对照	16
附录 C (资料性附录) 本标准与 IEC 60404-8-1:2004(Ed2.1)技术性差异及其原因	17

前 言

本标准修改采用国际电工委员会标准 IEC 60404-8-1:2001《磁性材料 第 8 部分:第一篇:单项材料规范——硬磁材料》及其修正案 1(2004)。

本标准是对 GB/T 17951—2000《硬磁材料一般技术条件》的修订。

标准结构按 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第 2 部分:采用国际标准的规则》的要求重新进行编排。

本标准根据 IEC 60404-8-1:2001 及其修正案 1(2004)重新起草。在附录 B 中给出了本标准章条编号与 IEC 60404-8-1:2001 章条编号的对照一览表。

本标准在采用 IEC 60404-8-1 时,在技术内容上做了少量修改。有关技术性差异已编入正文中并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 C 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

本标准与 GB/T 17951—2000 相比主要变化如下:

- 材料按冶金特性分类;
- 将粘结磁体单独归为一节;
- 删去了 R2 铂-钴合金(PtCo)和 R4 铜-镍-铁合金(CuNiFe);
- 增删了部分牌号;
- 部分牌号的代号和主要磁特性规定的最低值有所调整。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 均为资料性附录。

本标准由全国电工合金标准化技术委员会提出。

本标准由全国电工合金标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:桂林电器科学研究所。

本标准主要起草人:谢永忠、詹亚萍、谢忠光。

本标准于 2000 年首次发布,本次为第一次修订。

硬磁材料一般技术条件

1 范围

本标准规定了主要硬磁材料(又称永磁材料)主要磁特性的最低值和尺寸公差。为提供一些参考信息,本标准也给出了材料的密度值和化学成分范围。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2900.60—2002 电工术语 电磁学(eqv IEC 60050-121:1998)

GB/T 3217—1992 永磁(硬磁)材料磁性试验方法

GB/T 9637—2001 电工术语 磁性材料与元件(eqv IEC 60050(221):1990)

GB/T 13888—1992 在开磁路中测量磁性材料矫顽力的方法(eqv IEC 60404-7)

JB/T 10102—2001 磁性材料 分类(IEC 60404-1,IDT)

3 材料的类型及应用

硬磁材料分为 R 类(硬磁合金材料)、S 类(硬磁陶瓷材料)和 U 类(粘结硬磁材料)。硬磁材料具有大于 1 kA/m 的磁极化强度矫顽力,磁化饱和后能提供依材料而定的比磁能,硬磁材料应用于以电磁原理为基础的设备和装置以及吸持装置、夹板等机械工程中。在 JB/T 10102 中,对这些能大批量供应的硬磁材料的可能和典型应用,作了更详细的叙述。

4 磁特性分类

4.1 主要磁特性

主要磁特性、符号和单位见表 1。

表 1 主要磁特性及其符号、单位

术 语 号		磁特性	符 号	单 位
GB/T 9637	GB/T 2900.60			
--	221-04-05	最大磁能积	$(BH)_{\max}$	kJ/m^3
121-12-67	221-02-38	剩磁	B_r	mT
121-12-69	221-02-36	磁通密度矫顽力	H_{cB}	kA/m
121-12-69	221-02-36	磁极化强度矫顽力	H_{cJ}	kA/m

表 9 至表 17 给出的主要磁特性值是在室温下材料磁化到饱和后测定的规定最小值。这些磁特性的规定值只对沿磁化轴有一不变横截面、体积为 $1\text{ cm}^3 \sim 200\text{ cm}^3$ 并且在互相垂直的三个坐标轴方向上的尺寸至少为 8 mm 的试样有效。对于各向异性材料,只对沿一个笔直的择优方向有效。

注 1: 对于试样的更详细的尺寸限制参见 GB/T 3217。

注 2: 因制造方法的原因,如试样不能满足上述尺寸条件,可能得到较低的磁特性值。

4.2 辅助磁特性

辅助磁特性、符号和单位见表 2。

表 2 辅助磁特性及其符号、单位

术 语 号		磁 特 性	符 号	单 位
GB/T 9637	GB/T 2900.60			
—	221-03-16	回复磁导率	μ_{rec}	—
—	—	剩磁的温度系数[它相当于磁饱和的温度系数 $\alpha(J_s)$]	$\alpha(B_r)$	%/℃
—	—	磁极化强度矫顽力的温度系数	$\alpha(H_d)$	%/℃
121-12-51	—	居里温度	T_c	℃

表 9 至表 17 给出的辅助磁特性的典型值是文献中发表的平均值,仅作为一种指标给出,不作为要求,除非供需双方另有协定。各表中温度系数的温度范围一般为 $20^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$,但这并不妨碍这些材料在此温度范围以外应用。在 GB/T 3217 和 GB/T 13888 中对将硬磁材料磁化到饱和和所必需的磁场强度作了规定。

5 化学成分

为提供参考信息,不同类型材料的成分范围在 11.1.1.1 和 11.2.1 中给出。

6 密度

表 9 至表 17 给出的密度值仅仅是为了提供参考,这些密度值可用于质量和体积的计算。

7 牌号

硬磁材料可以通过简短的牌号和字母数字记号(代号)来标志(见表 9 至表 17)。牌号中的化学符号或英文名称表示主要组分,斜线前面的数字表示最大磁能积 $(BH)_{\max}$ (单位 kJ/m^3),斜线后面的数字表示矫顽力 H_d (单位 kA/m)的十分之一。而具有粘结剂(大部分是有机粘结剂)的硬磁材料,则采用在牌号末尾加字母“P”表示。

示例 1:对于表 9 中的 $\text{AlNiCo}12/6$ 的牌号,整数 12 由其 $(BH)_{\max}$ 的最低值 $11.6 \text{ kJ}/\text{m}^3$ 得出,整数 6 由 H_d 最低值的十分之一,即 $55 \times 1/10 = 5.5$ 再四舍五入为一个最接近的整数而得出。如舍去后整数部分为零,则保留它舍去后的第一个不为零的小数。

代号中的字母表示硬磁材料的类别,第一位数字表示各个类别中材料的种类,见表 8。第二位的数字“0”表示材料是磁各向同性的;“1”表示材料是磁各向异性的。第三位数码表示不同的等级。

8 交货方式及尺寸

硬磁材料可以在磁化或不磁化状态下交货,还可以组装在磁路中交货。磁体的尺寸应在定货时商定。

9 检验

9.1 检验范围

检验范围由供需双方商定。

9.2 检验方法

当硬磁材料制成符合 GB/T 3217 规定的形状和尺寸的试样时,其磁性按 GB/T 3217 检验。否则,检验的细节由供需双方商定。

10 拒收理由

拒收理由包括硬磁材料的磁性值低于表 9 至表 17 给出的规定值或超过表 18 至表 21 给出的形

位公差和尺寸公差。

硬磁材料的外部 and 内部缺陷,只有当它们影响到加工和应用时,才可作为拒收的理由。

11 分类材料

11.1 硬磁合金材料

11.1.1 铝-镍-钴-铁-钛硬磁材料(AlNiCo)

11.1.1.1 化学成分

以铝-镍-钴-铁-钛为基的硬磁材料又称 AlNiCo,成分范围见表 3。

表 3 AlNiCo 硬磁材料的化学成分

单位为质量分数%

	Al	Ni	Co	Cu	Ti	Nb	Si	Fe
AlNiCo	6~13.5	12~28	0~42	2~6	0~9	0~3	0~0.8	余量

11.1.1.2 制造方法

AlNiCo 硬磁材料由铸造或粉末冶金方法生产。钴含量高于 15% 时,通过在热处理时加磁场,可产生磁各向异性,其磁特性可在择优的方向增加。具有柱状晶或单晶结构的材料,在热处理时平行于柱状晶轴加磁场,可得到铸造硬磁材料的最佳性能。

11.1.1.3 细分类

铸造或烧结各向同性硬磁材料(R1-0- x)

$x=1,2,\dots$

铸造或烧结各向异性硬磁材料(R1-1- x)

$x=1,2,\dots$

11.1.1.4 磁特性和密度

磁特性和密度值在表 9 中给出。

11.1.1.5 尺寸公差

烧结和铸造 AlNiCo 磁体的尺寸公差值在表 18 中给出。

11.1.2 铬-铁-钴硬磁材料(CrFeCo)

11.1.2.1 化学成分

以铬-铁-钴为基的硬磁材料又称 CrFeCo,成分范围见表 4。

表 4 CrFeCo 硬磁材料的化学成分

单位为质量分数%

	Cr	Co	其他元素如 Si, Ti, Mo, Al, V	Fe
CrFeCo	25~35	7~25	0.1~3	余量

11.1.2.2 制造方法

CrFeCo 硬磁合金材料可由铸造或粉末冶金方法生产,通过热轧或冷轧成带材或拉成丝材,有些经冲压、车削或钻孔而达到所需形状。

11.1.2.3 细分类

各向同性硬磁材料(R2-0- x)

$x=1,2,\dots$

各向异性硬磁材料(R2-1- x)

$x=1,2,\dots$

11.1.2.4 磁特性和密度

各向同性和各向异性 CrFeCo 硬磁材料的磁特性在表 10 中给出。

11.1.2.5 尺寸公差

冷轧带材、冷拉线材和棒材的尺寸公差值分别在表 19 和表 20 中给出,用粉末冶金方法生产的硬磁

材料的尺寸公差应由供需双方商定。

11.1.3 铁-钴-钒-铬硬磁材料(FeCoVCr)

11.1.3.1 化学成分

化学成分如表 5 所示。

表 5 FeCoVCr 硬磁材料的化学成分

单位为质量分数%

	Co	V+Cr	Fe
FeCoVCr	49~54	4~13	余量

11.1.3.2 制造方法

FeCoVCr 硬磁合金材料用铸造法制造,热轧或冷轧成带材或冷拉成线材。冷变形(80%~95%)及随后 500℃~650℃的热处理对获得磁性是必不可少的工艺过程。

11.1.3.3 细分类

推荐以磁极化强度矫顽力 H_{cj} 为细分类的依据。

11.1.3.4 磁特性和密度

磁特性和密度在表 10 中给出。

11.1.3.5 尺寸公差

冷轧带材和冷拉线材的尺寸公差值分别在表 19 和表 20 中给出。

11.1.4 稀土-钴硬磁合金材料

11.1.4.1 化学成分

应用较多的稀土-钴合金有两种类型: $RECo_5$ 和 RE_2Co_{17} 。 RE_2Co_{17} 用来表示一系列由多种过渡族元素部分替代钴的二元和多元合金的通式,这两种类型的合金具有强烈的单轴磁各向异性和高的磁饱和,可制成拥有高矫顽力 H_{cj} 和高剩磁 B_r 的硬磁材料。这类硬磁材料的主要成分见表 6。

表 6 RECo 硬磁材料的化学成分

单位为质量分数%

	Sm	Co	Fe	Cu	其他元素如 Zr, Hf, Ti
$SmCo_5$	33~35	65~67	—	—	—
Sm_2Co_{17}	24~26	48~52	13~18	4.5~12	0~3

钐(Sm)是这类合金中的主要稀土金属元素。但铈(Ce)或镨(Pr)也可作为这类合金的稀土金属元素。

11.1.4.2 制造方法

$RECo$ 粉末在磁场中压制成坯块,可获得各向异性硬磁材料。压坯在真空或保护气氛下烧结。

11.1.4.3 细分类

$RECo_5$ 类各向异性硬磁材料(R5-1-x)

$x=1, 2, \dots, 9$

RE_2Co_{17} 类各向异性硬磁材料(R5-1-x)

$x=10, 11, 12, \dots, 19$

11.1.4.4 磁特性和密度

磁特性和密度在表 11 中给出。

11.1.4.5 尺寸公差

尺寸公差由供需双方商定。

11.1.5 钕-铁-硼硬磁材料(REFeB)

11.1.5.1 化学成分

REFeB 硬磁材料以组分 $RE_2Fe_{14}B$ 为基。稀土(RE)元素主要是钕(Nd),可以部分地被镝(Dy)、镧

(Pr)或其他稀土元素替代,铁可以部分地被钴(Co)替代。 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 合金具有四方晶结构并显示出高的饱和磁化强度和高的单轴磁各向异性。

REFeB 硬磁材料的成分范围见表 7。

表 7 REFeB 硬磁合金材料的化学成分

单位为质量分数%

	Nd	Co	B	Dy, Pr	其他元素如 V, Nb, Al, Ga	Fe
REFeB	28~35	0~15	1~2	0~10	0~1	余量

11.1.5.2 制造方法

REFeB 粉末在磁场中压制成坯块,可获得各向异性硬磁材料。坯块在真空或保护气氛下烧结。

11.1.5.3 细分类

各向异性 NdFeB 硬磁材料(R7-1- x)

$x=1, 2, \dots, 9$

11.1.5.4 磁特性和密度

各向异性硬磁 REFeB 材料规定的磁特性最低值和密度在表 12 中给出。

11.1.5.5 尺寸公差

尺寸公差与表 18 中 Ti 含量低于 1% 的烧结 AlNiCo 磁体的规定相同。

11.2 硬磁陶瓷材料(硬磁铁氧体)

11.2.1 化学成分

硬磁铁氧体的化学组成可以用公式 $\text{MO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$ 来描述(式中 M 为 Ba 和 Sr),系数 n 可在 4.5~6.5 的范围内变动。硬磁铁氧体具有高单轴晶体各向异性的六角形结构,但其磁饱和相对较低。

通过添加特殊添加剂可提高磁性。

11.2.2 制造方法

硬磁铁氧体粉末在有或无磁场条件下压制成坯块可获得各向异性或各向同性硬磁材料。坯块在空气中烧结。

11.2.3 细分类

各向同性硬磁铁氧体材料(S1-0- x)

$x=1, 2, \dots$

各向异性硬磁铁氧体材料(S1-1- x)

$x=1, 2, \dots$

11.2.4 磁特性和密度

各向同性和各向异性硬磁铁氧体材料的磁特性和密度在表 13 中给出。

11.2.5 尺寸公差

各向同性和各向异性硬磁铁氧体的尺寸公差值在表 21 中给出。

11.3 粘结硬磁材料

树脂粘结硬磁材料是复合材料,由树脂基体和磁粉构成。材料的机械性能主要由粘结剂决定,磁性由磁粉的类型、粘结剂、磁粉与粘结剂的比例决定,对于各向异性材料,磁性还与取向度有关。

11.3.1 化学成分

粘结硬磁材料的主要原材料有 AlNiCo, SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, NdFeB 和硬磁铁氧体粉,主要的基体材料有合成胶、热熔塑胶和热固化粘结剂。

11.3.2 制造方法

粘结硬磁材料可由轧制、挤压或压延法生产,具有固定形状的粘结硬磁材料可用注射、冲压或挤压法生产。

11.3.3 细分类

各向同性粘结 AlNiCo 硬磁材料(U1-0- x)

$x=0,1,2,\dots$
各向同性粘结 RECo 硬磁材料(U2-0- x) $x=[10+n]$ (压延法和挤压法) $x=[20+n]$ (注射法) $x=[30+n]$ (压模法) $n=0,1,2,\dots,9$ 各向异性粘结 RECo 硬磁材料(U2-1- x) $x=[10+n]$ (压延法和挤压法) $x=[20+n]$ (注射法) $x=[30+n]$ (压模法) $n=0,1,2,\dots,9$ 各向同性粘结 REFeB 硬磁材料(U3-0- x) $x=[10+n]$ (压延法和挤压法) $x=[20+n]$ (注射法) $x=[30+n]$ (压模法) $n=0,1,2,\dots,9$ 各向同性粘结硬磁铁氧体材料(U4-0- x) $x=[10+n]$ (压延法和挤压法) $x=[20+n]$ (注射法) $x=[30+n]$ (压模法) $n=0,1,2,\dots,9$ 各向异性粘结硬磁铁氧体材料(U4-1- x) $x=[10+n]$ (压延法和挤压法) $x=[20+n]$ (注射法) $x=[30+n]$ (压模法) $n=0,1,2,\dots,9$

11.3.4 磁特性和密度

最低磁特性的规定值和密度

AlNiCo p 在表 14 中给出;

RECo p 在表 15 中给出;

REFeB p 在表 16 中给出;

硬磁铁氧体 p 在表 17 中给出。

11.3.5 尺寸公差

尺寸公差由供需双方商定。

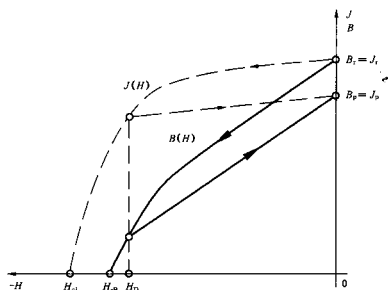
12 不可逆退磁性

处于原始剩磁状态的硬磁材料,在受到退(反作用)磁场的作用时,将失去一定量的磁通。在除去退磁场之后,剩磁状态的原始磁通可全部或部分恢复。在前一种情况下,磁性变化是完全可逆的,而在后一种情况下磁性的变化是部分可逆部分不可逆的。磁能相应于磁场的变化,通过在材料标准的相关表中给出的相对回复磁导率 μ_{re} 来定量描述。因此,对于硬磁系统的设计,应考虑这个不可逆变化。

设计时应考虑出现可逆变化的退磁场范围,即退磁场强度引起的不可逆磁通变化(磁通损失)的允许量。图 1 为 $B-H$ 和 $J-H$ 退磁及回复曲线。

图 1 表示一种硬磁材料的退磁和回复曲线,此材料在充分磁化后,具有剩磁 $B_r=J_r$ 。施加一定强度的退磁场 H_D ,再将其减小到零(磁场的暂态作用),在材料中引起剩余磁通密度 $B_p=J_p$,称它为剩余

回复磁通密度(稳定度)。由于 $B_p < B_r$, 所以出现了磁通的相对不可逆损失 $(B_r - B_p)/B_r$ 。这种损失随着 H_D 增加而增大, 因此, 引起预定允许最大损失的 H_D 值是硬磁材料抵抗退磁场的稳定性的定量测量。例如, 如果允许的最大损失为 5%, 则相应的磁场称为 H_{D5} 。按照 GB/T 3217—1992 中 5.7 规定的方法, H_D 可由实验测定。



B ——磁通密度或磁感应强度;

J ——磁极化强度;

H ——磁场强度;

B_r, J_r ——剩磁;

B_p, J_p ——剩余回复磁通密度;

H_{ab} ——磁通密度矫顽力;

H_J ——磁极化强度矫顽力;

H_D ——在瞬时施加到剩磁磁状态后, 引起剩余回复磁通密度磁状态的退磁场强度。

图 1 $B-H$ 和 $J-H$ 退磁和回复曲线示意图

表 8 硬磁材料的分类

类别	主要硬磁材料	代号的第一部分 (本次修订版)	以前的代号 (本标准 2000 版)
硬磁合金材料(R)	铝-镍-钴-铁-钛硬磁材料	R1	R1
	铬-铁-钴硬磁材料	R6	R6
	铁-钴-钒-铬硬磁材料	R3	R3
	稀土-钴硬磁材料	R5	R5
	稀土-铁-硼硬磁材料	R7	R7
	铂-钴硬磁材料	删除	R2
	铜-镍-铁硬磁材料	删除	R4
硬磁陶瓷材料(S)	硬磁铁氧体材料 ($MO \cdot nFe_2O_3$; M 为钡、锶和/或铅, 并且 n 在 4.5~6.5 范围变动)	S1	S1
粘结硬磁材料(U)	粘结铝-镍-钴-铁-钛硬磁材料	U1	R1-2 R1-3
	粘结稀土-钴硬磁材料	U2	R5-3
	粘结铁-铁-硼硬磁材料	U3	—
	粘结硬磁铁氧体硬磁材料	U4	S1-2 S1-3

表 9 铝镍钴硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)			
牌 号	*	代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B _r / mT	矫顽力 H _{cb} / (kA/m)	矫顽力 H _d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B _r)/ (%)	α (H _d)/ (%)			居里 温度/ ℃		
AlNiCo				规定的最低值					典型值						
AlNiCo 9/5	i	R1-0-1	铸造 或 烧结	9	550	44	47	7	-0.02	-0.03 ~ -0.07	750	550	6.8		
AlNiCo 10/4	i	R1-0-2		10	600	40	43	7					6.8		
AlNiCo 12/6	i	R1-0-3		11.6	630	52	55	7.5					7.0		
AlNiCo 17/9	i	R1-0-4		17	580	80	86	7.5					7.1		
AlNiCo 37/5	a	R1-1-1	铸造	37	1 180	48	49	4			800 ~ 850		7.3		
AlNiCo 38/11	a	R1-1-2		38	800	110	112	2					7.3		
AlNiCo 44/5	a	R1-1-3		44	1 200	52	53	3					7.3		
AlNiCo 60/11	a	R1-1-4		60	900	110	112	2					7.3		
AlNiCo 36/15	a	R1-1-5		36	700	140	148	2					7.3		
AlNiCo 52/6	a	R1-1-6		52	1300	56	57	3					7.3		
AlNiCo 60/6	a	R1-1-7		60	1 320	56	57	3					7.3		
AlNiCo 72/12	a	R1-1-8		72	1 050	118	120	2					7.3		
AlNiCo 34/5	a	R1-1-10	烧结	34	1 120	47	48	4			550		7.3		
AlNiCo 26/6	a	R1-1-11		26	900	56	58	4.5					7.1		
AlNiCo 31/11	a	R1-1-12		31	760	107	111	3					7.1		
AlNiCo 33/15	a	R1-1-13		33	650	135	150	2					7.1		
* i 表示各向同性; a 表示各向异性。															
* * 从 20℃ 至 100℃。															

表 10 钕铁钴及铁钴钕铬硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)	
牌 号	*	代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B_r / mT	矫顽力 H_{cb} / (kA/m)	矫顽力 H_d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B_r)*/(H_d)* (%/℃)	α (H_d)* (%/℃)			居里 温度/ ℃
				规定的最低值				典型值					
CrFeCo/FeCoVCr													
CrFeCo 12/4	i	R6-0-1	铸造 或 烧结	12	800	40	42	6	—0.05	—0.04	620 ~ 640	500	7.6
CrFeCo 10/3	i	R6-0-2		10	850	27	29	6					7.6
CrFeCo 28/5	a	R6-1-1		28	1 000	45	46	3.5					7.6
CrFeCo 30/4	a	R6-1-2		30	1 150	40	41	3.5	—0.03				7.6
CrFeCo 35/5	a	R6-1-3		35	1 050	50	51	3.5					7.6
CrFeCo 44/5	a	R6-1-4		44	1 300	44	45	2.5					7.7
CrFeCo 52/5	a	R6-1-5		52	1 350	48	49	2.5					7.7
FeCoVCr 11/2	a	R3-1-1	铸造	11	800	24	24	5	—0.01	—0	720	500	8.1
* i 表示各向同性; a 表示各向异性。													
* * 从 20℃ 至 100℃。													

表 11 稀土钴硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)	
牌 号	*	代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B _r / mT	矫顽力 H _{cb} / (kA/m)	矫顽力 H _α / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B _r) [°] / (H _{cb}) [°]	α (H _α) [°] / (H _{cb}) [°]			居里 温度/ ℃
RECo				规定的最低值					典型值				
RECo ₅ 140/120	a	R5-1-1	烧结	140	860	600	1 200	1.05	-0.04	-0.3	720	250	8.3 ~ 8.5
RECo ₅ 160/120	a	R5-1-2		160	920	660	1 200	1.05					
RECo ₅ 150/70	a	R5-1-3		150	900	600	700	1.05					
RECo ₅ 170/70	a	R5-1-4		170	930	600	700	1.05					
RECo ₅ 120/160	a	R5-1-5		120	800	620	1600	1.05					
RE ₂ Co ₁₇ 140/100	a	R5-1-10		140	900	620	1 000	1.1	-0.03	-0.25	820	350	8.3 ~ 8.4
RE ₂ Co ₁₇ 160/70	a	R5-1-11		160	940	600	700	1.1					
RE ₂ Co ₁₇ 180/100	a	R5-1-12		180	1 000	680	1 000	1.1					
RE ₂ Co ₁₇ 200/70	a	R5-1-13		200	1 050	600	700	1.1					
RE ₂ Co ₁₇ 220/70	a	R5-1-14		220	1 100	600	700	1.1					
RE ₂ Co ₁₇ 180/150	a	R5-1-15		180	1 000	660	1 500	1.1					
RE ₂ Co ₁₇ 200/150	a	R5-1-16		200	1 050	700	1 500	1.1					
* a 表示各向异性。													
** 从 20℃ 至 100℃; R5-1-x; x=1~9 为 RECo ₅ ; R5-1-x; x=10~19 为 RE ₂ Co ₁₇ 。													

表 12 稀土铁硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ/ (kg/dm ³)	
种类 ***	牌 号	* 代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B _r / mT	矫顽力 H _{cb} / (kA/m)	矫顽力 H _α / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ _{rec}	α (B _r) ** / (H _{cb}) **	α (H _α) ** / (H _{cb}) **			居里 温度 / ℃
				规定的最低值				典型值					
REFeB				规定的最低值				典型值					
UH	REFeB 170/190	a	R7-1-1	170	980	700	1 900	1.05	-0.1 ~ -0.12	-0.45 ~ -0.6	310	不超过 200	7.5 ~ 7.7
H	REFeB 210/130	a	R7-1-2	210	1 060	790	1 300						
M	REFeB 250/120	a	R7-1-3	250	1 130	840	1 200						
N	REFeB 290/80	a	R7-1-4	290	1 230	700	800						
UH	REFeB 200/190	a	R7-1-5	200	1 060	760	1 900						
UH	REFeB 240/180	a	R7-1-6	240	1 160	840	1 800						
M	REFeB 280/120	a	R7-1-7	280	1 240	900	1 200						
N	REFeB 320/88	a	R7-1-8	320	1 310	800	880						
EH	REFeB 210/240	a	R7-1-9	210	1 060	760	2 400						
UH	REFeB 240/200	a	R7-1-10	240	1 160	840	2 000						
H	REFeB 310/130	a	R7-1-11	310	1 300	900	1 300						
EH	REFeB 250/240	a	R7-1-12	250	1 200	830	2 400						
UH	REFeB 260/200	a	R7-1-13	260	1 210	840	2 000						
H	REFeB 340/130	a	R7-1-14	340	1 330	920	1 300						
N	REFeB 360/90	a	R7-1-15	360	1 350	800	900						
N	REFeB 380/100	a	R7-1-16	380	1 420	990	1000						
* a 表示各向异性。 ** 从 20℃ 至 100℃。 *** N、M、H、SH、UH 和 EH 分别表示低矫顽力、中等矫顽力、高矫顽力、特高矫顽力、超高矫顽力和极高矫顽力。													

表 13 硬磁铁氧体的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性								最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)
牌 号	*	代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B_r / mT	矫顽力 H_{cb} / (kA/m)	矫顽力 H_d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B_r)/ (%/℃)	α (H_d)/ (%/℃)	居里 温度/ ℃		
Hard ferrite				规定的最低值				典型值					
Hard ferrite 7/21	i	SI-0-1	烧结	6.5	190	125	210	1.2	—0.2 ~ 0.4	0.25 ~ 0.4	450	250	4.9
Hard ferrite 7/25	i	SI-0-2		6.5	190	120	250	1.2					4.9
Hard ferrite 20/19	a	SI-1-1		20	320	170	190	1.1					4.8
Hard ferrite 24/23	a	SI-1-2		24	350	215	230	1.1					4.8
Hard ferrite 25/14	a	SI-1-3		25	380	130	135	1.1					5.0
Hard ferrite 26/18	a	SI-1-4		26	370	175	180	1.1					5.0
Hard ferrite 22/30	a	SI-1-5		22	350	255	295	1.1					4.6
Hard ferrite 26/26	a	SI-1-6		26	370	230	260	1.1					4.7
Hard ferrite 29/22	a	SI-1-7		29	390	210	220	1.1					4.8
Hard ferrite 32/17	a	SI-1-8		32	410	160	165	1.1					4.9
Hard ferrite 32/25	a	SI-1-9		32	410	240	250	1.1					4.9
Hard ferrite 24/35	a	SI-1-10		24	360	260	350	1.1					4.8
Hard ferrite 29/15	a	SI-1-11		29	400	145	150	1.1					5.0
Hard ferrite 25/38	a	SI-1-12		25	380	275	380	1.1					4.95
Hard ferrite 31/30	a	SI-1-13		31	410	295	300	1.1					4.95
Hard ferrite 35/25	a	SI-1-14		35	430	245	250	1.1					4.95
Hard ferrite 38/27	a	SI-1-15		38	450	260	270	1.1					5.0
Hard ferrite 36/34	a	SI-1-16	36	440	320	340	1.1	5.0					
Hard ferrite 33/38	a	SI-1-17	33	420	300	380	1.1	5.0					
* i 表示各向同性; a 表示各向异性。													
** 从 20℃ 至 100℃。													

表 14 粘结各向同性 AlNiCo 硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性								最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)
牌 号	*	代号		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B_r / mT	矫顽力 H_{ch} / (kA/m)	矫顽力 H_d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B_r)/ (%/℃)	α (H_d)/ (%/℃)	居里 温度/ ℃		
AlNiCo p				规定的最低值				典型值					
AlNiCo 3/5p	i	U1-0-1	压模	3.1	280	37	46	2.5	见表 9	见表 9	750	视粘 结 剂 而 定	5.3
AlNiCo 5/6p	i	U1-0-2		5.2	320	46	56	2.5			~		5.4
AlNiCo 7/8p	i	U1-0-3		7.0	340	72	84	2.5			800		5.5
* i 表示各向同性。													

表 15 粘结 RECo 硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/	密度 ρ /	
牌 号	*	代号 ^a		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B_r / mT	矫顽力 H_{cb} / (kA/m)	矫顽力 H_d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ_{rec}	α (B_r)/ (%)	α (H_d)/ (%)	居里 温度/ ℃	℃	(kg/dm ³)
RECo p				规定的最低值				典型值					
RECo 20/60p	i	U2-0-20	注射	20	350	200	600	1.15	见表 11			视粘结 剂而定	5.6
RECo 30/80p	i	U2-0-30	压模	30	430	300	800	1.15					6.8
RECo 40/60p	a	U2-1-20	注射	40	480	300	600	1.05					5.3
RECo 65/70p	a	U2-1-21		65	610	360	700	1.05					5.5
RECo 75/55p	a	U2-1-22		75	650	440	550	1.05					5.7
RECo 110/75p	a	U2-1-30	压模	110	780	480	750	1.05	6.8				
* i 表示各向同性; a 表示各向异性。													
^a 对压延和挤压法 $x=[10+n]$, 对注射法 $x=[20+n]$, 对压模法 $x=[30+n]$, $n=0,1,2,\cdots,9$ 。													

表 16 粘结各向同性 REFeB 硬磁材料的磁特性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性							最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ/ (kg/dm³)	
牌 号	*	代号 ^a		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m³)	剩磁 B _r / mT	矫顽力 H _{cb} / (kA/m)	矫顽力 H _d / (kA/m)	相对 回复 磁导率 μ _{rec}	α (B _r)/ (%)	α (H _d)/ (%)			居里 温度/ ℃
REFeB p				规定的最低值				典型值					
REFeB 28/56p	i	U3-0-20	注射	28	430	270	560	1.25	-0.1 ~ -0.15	-0.4	310	120	4.2
REFeB 33/56p	i	U3-0-21		33	470	290	560	1.25					4.6
REFeB 26/90p	i	U3-0-22		26	400	270	900	1.15					4.2
REFeB 30/90p	i	U3-0-23		30	440	280	900	1.15					4.6
REFeB 40/70p	i	U3-0-24		40	470	320	700	1.25					5.0
REFeB 45/70p	i	U3-0-25		45	510	350	700	1.25					5.7
REFeB 50/70p	i	U3-0-26		50	550	380	700	1.25					5.7
REFeB 72/64p	i	U3-0-27		72	650	370	640	1.25					6.0
REFeB 40/100p	i	U3-0-28		40	480	330	1 000	1.15					5.3
REFeB 63/64p	i	U3-0-30	压模	63	630	360	640	1.25					5.8
REFeB 53/95p	i	U3-0-31		53	560	350	950	1.15					5.8
REFeB 82/68p	i	U3-0-32		82	700	500	680	1.25					6.2
* i 表示各向同性。													
^a 对压延和挤压法 $x=[10+n]$, 对注射法 $x=[20+n]$, 对压模法 $x=[30+n]$, $n=0,1,2,\cdots,9$ 。													

表 17 粘结各向同性和各向异性硬磁铁氧体的磁性、居里温度、使用温度和密度

材 料			生产 方法	磁 特 性						最高 使用 温度/ ℃	密度 ρ / (kg/dm ³)				
牌 号	*	代号 ^a		最大 磁能积 (BH) _{max} / (kJ/m ³)	剩磁 B _r / mT	矫顽力 H _{ch} / (kA/m)	矫顽力 H _d / (kA/m)	相对 回 复 磁 导 率 μ_{rec}	α (B _r)/ (H _d)/ (%/℃)			α (H _d)/ (%/℃)	居里 温度/ ℃		
Hard ferrite p				规定的最低值			典型值								
Hard ferrite 3/16p	i	U4-0-10	压延	3.2	130	85	160	1.15	见表 13			3.8			
Hard ferrite 1/18p	i	U4-0-20	注射	0.8	70	50	175	1.1				2.3			
Hard ferrite 3/18p	i	U4-0-21		3.2	135	85	175	1.1				3.8			
Hard ferrite 4/22p	i	U4-0-22		3.5	145	110	215	1.1				3.8			
Hard ferrite 7/18p	a	U4-1-10	压延 或 挤压	6.5	185	110	175	1.1				3.6			
Hard ferrite 9/17p	a	U4-1-11		9	215	145	170	1.1				3.6			
Hard ferrite 11/24p	a	U4-1-12		11	240	170	240	1.1				3.7			
Hard ferrite 15/24p	a	U4-1-13		14.5	275	190	240	1.1				3.8			
Hard ferrite 8/19p	a	U4-1-20	注射	7.5	210	120	185	1.1				3.2			
Hard ferrite 12/23p	a	U4-1-21		12	250	170	230	1.1				3.5			
Hard ferrite 15/21p	a	U4-1-22		15	280	180	210	1.1				3.7			
* i 表示各向同性; a 表示各向异性。															
^a 对压延和挤压法 $x=[10+n]$, 对注射法 $x=[20+n]$, 对压模法 $x=[30+n]$, $n=0, 1, 2, \dots, 9$ 。															

表 18 AlNiCo 磁体(铸造或烧结)磁体的尺寸公差(最小值)

单位为毫米

标称值		Ti 含量 ≤ 1% 的烧结磁体		Ti 含量 ≥ 1% 的烧结磁体		铸造磁体	
>	≤	垂直于压制方向	在压制方向	垂直于压制方向	在压制方向	沙型铸造	壳模铸造
		±	±	±	±	±	±
	4	0.15	0.20	0.20	0.25	0.40	0.25
4	6	0.20	0.25	0.25	0.30	0.40	0.25
6	8	0.20	0.25	0.25	0.30	0.40	0.25
8	10	0.20	0.30	0.30	0.35	0.45	0.25
10	13	0.25	0.30	0.30	0.35	0.50	0.30
13	16	0.25	0.35	0.35	0.45	0.50	0.30
16	20	0.30	0.35	0.40	0.45	0.55	0.40
20	25	0.30	0.40	0.45	0.55	0.60	0.50
25	30	0.35	0.45	0.50	0.60	0.65	0.50
30	35	0.40	0.50	0.55	0.70	0.70	0.60
35	40	0.45	0.55	0.65	0.75	0.75	0.60
40	45	0.50	0.60	0.70	0.85	0.80	0.70
45	50	0.50	0.65	0.75	0.90	0.80	0.70
50	55	0.55	0.70	0.80	1.00	1.00	0.80
55	60	0.60	0.80	0.90	1.10	1.00	0.80
60	70	—	—	—	—	1.00	0.80
70	80	—	—	—	—	1.00	0.80
80	90	—	—	—	—	1.10	0.80
90	100	—	—	—	—	1.20	0.80

表 19 最大厚度为 6 mm 最大宽度为 125 mm 的冷轧 FeCoVCr
和 CrFeCo 永磁带材的尺寸公差(最小值)

单位为毫米

厚度(最大 6 mm)			宽度(最大 125 mm)			
厚度范围		厚度的尺寸公差 ^b ±	边缘状态	厚度范围		宽度的尺寸公差
≥	<			≥	<	
0.10	0.15	0.010	剪切	0.10	0.40	+0.3
0.15	0.40	0.020	剪切	0.40	1.50	+0.4
0.40	1.00	0.030	剪切	1.50	2.50	+0.6
1.00	1.50	0.040	剪切	2.50	6.00 ^a	+0.8
1.50	2.50	0.050	普通状态 (如轧制状态)	0.3	6.00 ^a	+3.0
2.50	4.00	0.060				
4.00	6.00 ^a	0.080				

^a 含 6 mm。
^b 可在离带材边缘至少 20 mm 的任意点测量厚度,对宽度小于或等于 40 mm 的带材,在其中心测量厚度。

表 20 冷拉 FeCoVCr 和 CrFeCo 永磁线材和棒材的尺寸公差(最小值) 单位为毫米

尺 寸 范 围		直径的尺寸公差 ±
≥	<	
	0.25	0.01
0.25	0.40	0.015
0.40	0.63	0.02
0.63	1.0	0.03
1.0	1.6	0.04
1.6	2.5	0.06
2.5	4.0	0.08
4.0	6.3	0.10
6.3	10.0	0.15
10.0	16.0	0.20
16.0	20.0(含 20.0)	0.25

表 21 硬磁铁氧体磁体的尺寸公差(最小值)

单位为毫米

标称值		各向同性		各向异性		粘结铁氧体	
>	≤	垂直于压制方向 ±	在压制方向 ±	垂直于压制方向 ±	在压制方向 ^a ±	挤压或轧制 ±	注模或压制 ±
4	4	0.25	0.40	0.25	0.40	0.15	0.10
6	6	0.25	0.40	0.25	0.40	0.15	0.10
6	8	0.25	0.40	0.25	0.40	0.15	0.10
8	10	0.30	0.40	0.30	0.40	0.15	0.10
10	13	0.30	0.40	0.30	0.40	0.20	0.10
13	16	0.30	0.40	0.35	0.45	0.20	0.15
16	20	0.35	0.45	0.45	0.55	0.25	0.15
20	25	0.40	0.55	0.55	0.70	0.30	0.15
25	30	0.55	0.70	0.70	0.90	0.35	0.20
30	35	0.65	0.85	0.80	1.00	0.40	0.20
35	40	0.75	1.00	0.95	1.20	0.45	0.25
40	45	0.85	1.15	1.10	1.35	0.50	0.25
45	50	0.95	1.30	1.20	—	0.50	0.25
50	55	1.05	1.65	1.30	—	0.55	0.30
55	60	1.15	1.80	1.45	—	0.60	0.30
60	70	1.30	2.10	1.65	—	0.70	0.35
70	80	1.50	2.40	1.90	—	—	—
80	90	1.70	2.70	2.15	—	—	—
90	100	1.90	3.00	2.40	—	—	—

^a 在各种情况下,湿压硬磁铁氧体的厚度以极面间的尺寸为准。

附 录 A
(资料性附录)

AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB 和硬磁铁氧体磁体的机械物理性能参考值

表 A.1 给出了不同类型硬磁材料的机械物理性能值, 这些材料包括 AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, RECo, REFeB 及硬磁铁氧体。

这些性能值仅供参考, 根据材料的机械物理特性, 表中给出了它们的性能对比。

表 A.1 AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB 和 Hard ferrite 硬磁材料的机械物理性能值

材料/制造方法			物理性能			机械性能参考值				
牌号	*	代号	制造方法	热膨胀系数/ ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	导热率/ ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	电阻率/ ($\mu\Omega\cdot\text{m}$)	抗拉强度/ MPa	抗压强度/ MPa	杨氏模量/ MPa	硬度 HV
AlNiCo	i 或 a	R1-0-x 和 R1-1-x	铸造 或 烧结	11~12	10~15	0.45~0.55	80~300	300~400	100~200	300~400
CrFeCo	i 或 a	R6-0-x 或 R6-1-x	铸造 或 烧结	10~11	10~13	0.7~0.8	1 200~1 400 ^a 600~700 ^b			300~350 ^a 400~500 ^b
FeCoVCr	a	R3-1-x	铸造	11~12		0.55~0.65	2 000~2 5000 ^a 2 500~3 500 ^b			
SmCo ₅ Sm ₂ Co ₁₇	 a	 R5-1-x	 烧结	 6~7 ⊥ 12~13 8~10 ⊥ 10~12	 10~13	 0.5~0.6 0.75~0.85	 30~40 40~50	 900~1 000 800~900	 100~150 150~200	 500~600 600~700
NdFeB	a	R7-1-x	烧结	 3~4 ⊥ (1~3)	8~10	1.4~1.6	80~90	1 000~1 100	150~200	500~600
Hard ferrite	i a	S1-0-x S1-1-x	烧结	9~10 12~13 ⊥ 10~11	4	>10 ^a	50~60	600~700	15~200	500~600

* i 表示各向同性, a 表示各向异性。

^a 冷加工。

^b 热加工。

附录 B

(资料性附录)

本标准章条编号与 IEC 60404-8-1:2004(Ed2.1)章条编号对照

表 B.1 给出了本标准章条编号与 IEC 60404-8-1:2004(Ed2.1)章条编号对照一览表。

表 B.1 本标准与 IEC 60404-8-1:2004(Ed2.1)章条编号对照

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
—	13
附录 A	附录 A
附录 B	—
附录 C	—

附 录 C
(资料性附录)

本标准与 IEC 60404-8-1:2004(Ed. 1) 技术性差异及其原因

表 C.1 给出了本标准与 IEC 60404-8-1:2004(Ed. 1) 的技术性差异及其原因的一览表。

表 C.1 本标准与 IEC 60404-8-1:2004(Ed. 2) 技术差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原 因
10	删除“需方向供方提交拒收通知时,应附有拒收货物的样品”	此为合同性条款,不应在标准中规定
11.1.1.1	化学成分中的铝(Al)、镍(Ni)和 钴(Co)的含量范围加宽,铝的含量范围由 8%~13%加宽至 6%~13.5%,镍的含量范围由 13%~28%加宽至 12%~28%,钴的含量范围由 5%~42%加宽至 0%~42%	适合我国硬磁材料的成分范围
表 9	1. 增加牌号“AlNiCo10/4”; 2. 将牌号“AlNiCo58/5”分解为两个牌号“AlNiCo52/6”及“AlNiCo60/6”	1. 目前我国该牌号的产品有一定的量; 2. 有利于用户选材和降低供应商的生产成本
表 10	增加牌号“CrFeCo52/5”	拓宽牌号的性能范围,更适合我国硬磁材料性能水平现状