

ICS 77.040.99

CCS H 21

T/TMAC

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

软磁复合材料通用技术规范

General technical specification for soft magnetic composites

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国技术市场协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 1

 4.1 外观 1

 4.2 性能 1

 4.3 热稳定性 2

5 试验方法 2

 5.1 外观 2

 5.2 饱和磁感强度 2

 5.3 磁导率 2

 5.4 电阻率 2

 5.5 直流偏置 2

 5.6 居里温度 2

 5.7 矫顽力 3

 5.8 磁芯损耗 3

 5.9 维氏硬度 3

 5.10 密度偏差 3

 5.11 热稳定性 3

6 检验规则 4

 6.1 组批与抽样 4

 6.2 检验分类 4

 6.3 检验项目 4

 6.4 出厂检验 4

 6.5 型式检验 4

 6.6 判定规则 4

7 标志、包装、运输和贮存 5

 7.1 标志 5

 7.2 包装 5

 7.3 运输 5

 7.4 贮存 5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

软磁复合材料通用技术规范

1 范围

本文件规定了软磁复合材料的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
本文件适用于软磁复合材料的生产、检验及使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 351 金属材料 电阻率测量方法

GB/T 228.1 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 3217 永磁(硬磁)材料 磁性试验方法

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 13888 在开磁路中测量磁性材料矫顽力的方法

GB/T 14986.3 软磁合金 第3部分：铁钴合金

GB/T 31967.1 稀土永磁材料物理性能测试方法 第1部分：磁通温度特性的测定

GB/T 43870.2 磁性材料居里温度的测量方法 第2部分：软磁材料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

软磁复合材料 **soft magnetic composites**

以铁粉、铁氧体粉或其他磁性粉末等主要成分，通过粘结剂、包覆等方式复合而成的，具有低矫顽力、高磁导率等软磁特性的材料。

3.2

矫顽力 **coercive force**

使磁性材料的磁化强度降为零所需的外加磁场强度。

4 技术要求

4.1 外观

软磁复合材料表面应平整、无裂纹、无气泡、无杂质等缺陷。

4.2 性能

软磁复合材料性能应符合表1的规定。

表 1 软磁复合材料性能

名称		金属软磁粉芯				铁氧体软磁材料	非晶合金	纳米晶合金
		铁粉芯	铁硅粉芯	铁硅铝粉芯	高磁通粉芯	Mn-Zn铁氧体 Ni-Zn铁氧体	Co基非晶 Fe基非晶	
-	成分	100%纯铁	硅含量小于6.5%的铁硅合金	硅含量约5.5%，铝含量约9%的铁硅铝合金	铁含量为50%的镍铁合金	铁的氧化物和其它金属	Fe、Si、Pb、C等	Fe、Si、Pb、Cu等
电气性能	饱和磁感强度/T	1.4	1.5	1.05	1.5	0.35	0.55~1.56	1.25
	磁导率/(H/m)	10~75	60	26~125	14~200	>10 ³	-	-
	电阻率/(Ω·m)	11	-	80	100	10 ³	120	90
	直流偏置(A/m)	50	70	60	80	30	40 35	55
机械性能	居里温度/℃	700	500	500	500	110~350	400	570
	矫顽力/(A/m)	30	20	15	10	8	-	-
	磁芯损耗mW/cm ³	1.5	1.8	1.6	1.2	0.5	0.3 0.4	0.2
理化指标	维氏硬度	80	120	130	180	80	600 550	650
	密度偏差	±5%	±3%	±4%	±3%	±2%	±1.5%	±1.5%

4.3 热稳定性

商用软磁复合材料在-40℃~85℃，车载软磁复合材料在-40℃~125℃环境中，性能应符合4.2的规定。

5 试验方法

5.1 外观

外观可使用目视法检查。

5.2 饱和磁感强度

饱和磁感强度试验应按GB/T 3217的规定执行。

5.3 磁导率

磁导率试验应按GB/T 3658的规定执行。

5.4 电阻率

电阻率试验应按GB/T 351的规定执行。

5.5 直流偏置

直流偏置试验应按GB/T 44655的规定执行。

5.6 居里温度

居里温度试验应按GB/T 43870.2的规定执行。

5.7 矫顽力

矫顽力试验应按GB/T 13888的规定执行。

5.8 磁芯损耗

磁芯损耗试验应按下列步骤执行：

- 用无水乙醇擦拭样品表面，去除油污和杂质，再安装在专用的测试夹具上，确保磁芯与夹具接触良好，无松动现象；
- 根据磁芯的形状和尺寸，在磁芯上均匀绕制初级线圈和次级线圈。分别用于施加激励信号和检测感应电压；
- 将初级线圈连接到信号发生器的输出端，次级线圈连接到功率分析仪的电压测量通道，同时在初级线圈回路中串联接入功率分析仪的电流测量探头；
- 在10kHz、50kHz、100kHz、500kHz 频率点下，分别进行不同磁通密度的测试；
- 通过调节信号发生器的输出电压幅值和频率，使磁芯中的磁通密度达到预定值；
- 开启信号发生器，缓慢增加输出电压，同时观察功率分析仪上的电压、电流和功率读数，直至达到预定的磁通密度。待读数稳定后，记录电压、电流、功率等数据，以及对应的频率和磁通密度值；
- 保持频率不变，依次改变磁通密度，重复上述测量步骤，记录不同磁通密度下的测试数据；
- 完成一个频率点下的所有磁通密度测试后，改变信号发生器的频率，重复上述步骤，直至完成所有预定频率点的测试；
- 根据测量得到的电压、电流和功率数据，使用式（1）计算磁芯在不同频率和磁通密度下的损耗功率：

$$P_{loss} = P_{in} - P_{out} \quad (1)$$

式中：

P_{loss} -----功率损耗；

P_{in} -----输入功率；

P_{out} -----输出功率。

- 将计算得到的损耗功率数据进行整理，绘制磁芯损耗与频率、磁通密度的关系曲线，分析磁芯损耗随频率和磁通密度变化的规律。
- 计算磁芯的比损耗（单位体积或单位质量的损耗功率），以便对不同尺寸和材质的磁芯进行性能比较。比损耗计算使用（2）或（3）：

$$P_{specific} = \frac{P_{loss}}{V} \quad (2)$$

$$P_{specific} = \frac{P_{loss}}{m} \quad (3)$$

式中：

$P_{specific}$ -----比损耗；

P_{loss} -----功率损耗；

V -----样品体积；

m -----样品质量。

5.9 维氏硬度

维氏硬度试验应按GB/T 4340.1的规定执行。

5.10 密度偏差

密度偏差使用密度计或比重瓶法测定。

5.11 热稳定性

热稳定性试验应按GB/T 31967.1的规定执行。

6 检验规则

6.1 组批与抽样

6.1.1 组批

- l) 软磁复合材料在生产完成后，应按照生产日期、生产批次、产品类型及规格型号等因素进行组批；
- m) 同一批次的产品应确保具有相同的原材料、生产工艺及质量控制条件。

6.1.2 抽样

6.1.2.1 抽样应符合下列规定：

- n) 应在每个生产批次中随机进行，确保抽样的代表性和公正性；
- o) 抽样数量应根据生产批次的总量及质量控制的严格程度进行确定；
- p) 应从每个生产批次中随机抽取一定数量的样品进行测试。抽样数量应不少于该批次总量的 5%，且不得少于 5 个样品（若该批次总量少于 100 个产品，则全部作为样品进行测试）。

6.1.2.2 抽样时，应确保所抽取的样品在生产工艺、质量控制等方面与该批次的其他产品一致。

6.1.2.3 在抽样过程中，应严格遵守相关的抽样标准和操作规范，同时，应对抽样结果进行记录和保存，以便后续的质量追溯和数据分析。

6.2 检验分类

检验应为出厂检验和型式检验。

6.3 检验项目

检验项目应符合表2的规定。

表 2 检验项目

序号	检验项目	检验要求	检验方法	出厂检验	型式检验
1	外观	4.1	5.1	√	√
2	饱和磁感强度	4.2	5.2	√	√
3	磁导率	4.2	5.3	√	√
4	电阻率	4.2	5.4	√	√
5	直流偏置	4.2	5.5	—	√
6	居里温度	4.2	5.6	—	√
7	矫顽力	4.2	5.7	—	√
8	磁芯损耗	4.2	5.8	—	√
9	维氏硬度	4.2	5.9	—	√
10	密度偏差	4.2	5.10	—	√
11	热稳定性	4.3	5.11	—	√

注：“√”为检验项目，“—”为不检项目。

6.4 出厂检验

每批软磁复合材料出厂前应由质量部门进行检验并出具合格证书，检验项目应符合表2的规定。

6.5 型式检验

型式检验项目应符合表2的规定，有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 停产一年后恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

6.6 判定规则

6.6.1 每批次产品应经工厂质量检验部门按本文件规定项目检验合格后签发出货检验报告,方可出厂。

6.6.2 每批产品按总数的 10%取样,对样品按本文件逐项检测,当有一项不符合时,重新加倍取样,重新检验的结果仍不符合指标时,则该批产品为不合格品。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

包装上应标明产品名称、规格型号、生产日期、生产厂家、执行标准号等信息。

7.2 包装

包装应采用防潮、防振、防腐蚀的包装材料进行包装。包装应牢固、可靠,确保在运输和贮存过程中不受损坏。

7.3 运输

运输过程中应避免剧烈振动和碰撞,防止受潮和污染。

7.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的仓库中。贮存期间应定期检查,防止受潮、变质和损坏。
