

Co₂O₃ 含量对宽温 MnZn 铁氧体材料磁性能的影响

Influence of Co₂O₃ content on the magnetic properties of MnZn ferrite materials with wide temperature

李银传, 王鑫, 潘晓东

天通控股股份有限公司 磁性材料研究所, 浙江海宁 314412

摘要: 利用氧化物法, 研究了 Co₂O₃ 含量对宽温锰锌 MnZn 材料磁性能的影响。文中分析了 Co₂O₃ 添加量对起始磁导率-温度 μ_i-T 、起始磁导率-频率 μ_i-f 、相对损耗因数 $\tan\delta/\mu_i$ 、饱和磁通密度 B_s 的影响。研究发现, 材料的起始磁导率不管是温度特性还是频率特性受 Co₂O₃ 掺入量影响较大, 随着 Co₂O₃ 掺入量增加, 常温 400kHz 前的起始磁导率会逐渐降低, 适量 Co₂O₃ 掺杂, 优化起始磁导率的温度稳定性和高频特性, 同时还能降低高频时的损耗, 微量的 Co₂O₃ 掺入基本不影响材料的饱和磁通密度。

关键词: Co₂O₃ 含量, 宽温 MnZn 铁氧体, 磁性能

1 引言

随着人类科技研究的发展, 如航空航天、南北极考察等活动的进一步增加, 各种有宽温要求的电子元器件的需求量和质量要求也在不断提高, 具有宽温特性的 MnZn 铁氧体材料产品应用日渐成为一种趋势, 为进一步满足市场需求, 天通公司已经开发出 TLD5、TLD5i 等宽温用锰锌软磁铁氧体材料, 在十二五的规划的执行中, 天通正在进一步加强自主研发能力, 将设计开发出一系列的宽温高磁导率 MnZn 铁氧体材料, 在 TLD3 材料开发的过程中, 我们进行了 Co₂O₃ 掺杂含量的课题研究, 下面就对实验过程和结果进行详细的阐述。

2 实验

2.1 实验方法和制备工艺

主成份设计 Fe₂O₃ 配比为 53.4mol%、ZnO 的配比为 20.5 mol%, 其余为 MnO, 掺杂除 Co₂O₃ 外, 其它掺杂及掺杂量固定, Co₂O₃ 具体掺杂量设计如表 1 所示。

实验工方案用普通氧化物法, 其工艺流程如图 1 所示。

按照设计的配比计算后准确称量配料, 混合 0.5h, 于 100℃烘干后在 800℃预烧 2h。预烧料粉碎直到粉末平均粒

表 1 Co₂O₃ 四水平掺杂量设计

序号	Co ₂ O ₃ 四水平掺杂量 (wt%)
TLD3-1	0.00
TLD3-2	0.03
TLD3-3	0.06
TLD3-4	0.09

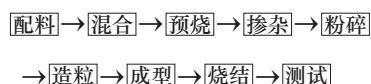


图 1 工艺流程

径达到 1 μm 左右。将粉碎浆料在 120℃烘干后, 添加聚乙烯醇胶水造粒, 压制成 T25×15×7.5 标准样环, 放入钟罩炉内 1380℃烧结 3.5h。

2.2 样品测试

在匝数 N=20Ts 条件下, 用美国 HP-4284A 型 LCR 测试仪, 配以广州爱斯佩克环境有限公司的 MC-711 小型超低温试验箱和 PHH-101 高温试验箱, 在 $B_m \leq 0.25mT$ 时分别测试磁导率-温度曲线 μ_i-T 和 25℃时的 Q 值, 用日本岩通的 SY-8258 B-H 分析仪, 在匝数 $N_1=N_2=20Ts$ 、 $H=1194A/m$ 条件下测试材料 25℃、100℃时的饱和磁通密度 B_s 。

3 结果与讨论

图 2 是 Co_2O_3 掺杂量对材料性能的影响：(a) 磁导率-温度曲线，(b) 磁导率-频率曲线，(c) $\tan\delta/\mu_i$ (10kHz、100 kHz)，(d) 饱和磁通密度 (25℃、100℃)。

随着 Co_2O_3 含量的增加：通过图 2a 可知，-20℃~80℃ 的起始磁导率逐渐下降，该温度段的磁导率-温度曲线由负的相对温度因数变为正的，当 Co_2O_3 掺入量适中时，磁导率的变化最小，磁导率-温度曲线可达到最平坦；通过

图 2b 可知，1~400kHz 频段的磁导率逐渐下降，但适量的 Co_2O_3 掺入量对高频段的磁导率有优化作用；通过图 2c 可知，10kHz 下的 $\tan\delta/\mu_i$ 呈缓慢上升的趋势，100kHz 下的 $\tan\delta/\mu_i$ 先下降，到某一谷值（掺入量在 0.06wt%）后又呈现上升的趋势，可见适量的 Co_2O_3 掺入可减小材料 100kHz 时的损耗特性；通过图 2d 可知，在现有的试验条件下， Co_2O_3 掺入对材料的饱和磁通密度影响小。

图 3 是 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 补偿的 K_1 - T 曲线（示意图）。

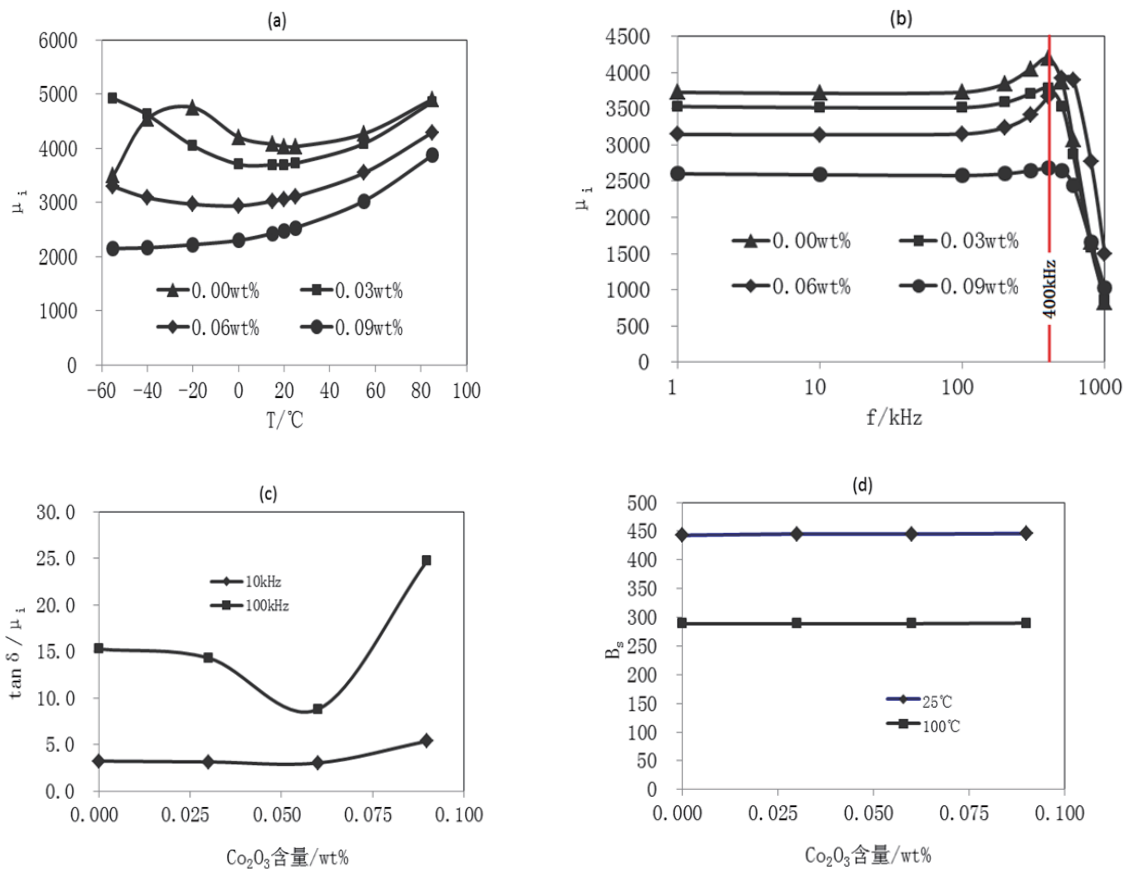


图 2 Co_2O_3 掺杂量对材料性能的影响

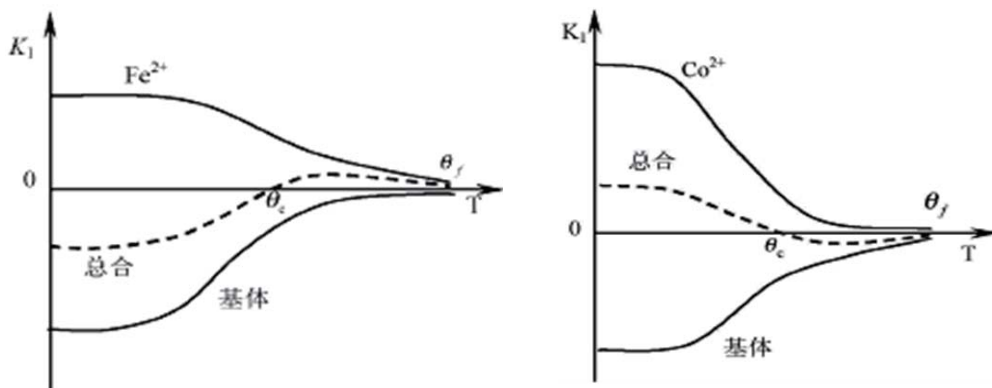


图 3 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 补偿的 K_1 - T 曲线（示意图）

之所以出现如图 2a 所示的现象，主要是原因是 Fe^{2+} 和 Co^{2+} 同时补偿的方法可在很宽的温度范围内获得很低的温度系数。如图 3 所示，对 Co^{2+} 补偿的材料，在补偿点以下， K_1 为正值，在补偿点以上， K_1 为负值，而 Fe^{2+} 补偿的材料却刚好相反。因此适量的 Co_2O_3 掺入可使材料的 K_1-T 曲线变平坦，于是材料的磁导率 - 温度曲线也会平坦^[1]。

图 2b、2c 现象的出现，是由于 Co_2O_3 掺入可使材料中生成部分钴铁氧体，其中的 Co^{2+} 抑制 Fe^{2+} 的出现^[1]，适量的情况下，可提高材料的电阻率，降低材料高频时的涡流损耗，从整体上降低材料高频时的损耗，同时也会优化材料高频磁导率特性。

图 2(d) 中饱和磁通密度一致性好，几乎没有受 Co_2O_3 掺入的影响，主要是钴铁氧体的磁化强度较高， Co_2O_3 掺入量少，不足以对饱和磁通密度 B_s 的产生影响。

4 结论

1) 适量的 Co_2O_3 掺入可使材料的 K_1-T 曲线变平坦，从而使材料的磁导率 - 温度曲线变平坦。

2) 适量的 Co_2O_3 掺入可提高材料的电阻率，降低材料高频时的损耗，同时也会优化材料高频磁导率特性。

3) 微量的 Co_2O_3 掺入基本不影响材料的饱和磁通密度 B_s 。

参考文献

[1] 张有纲，黄永杰，罗迪民. 磁性材料. 成都:成都电讯工程学院出版社

作者简介

李银传 (1973-) 山东省莱芜市人，高级工程师，现在天通控股股份有限公司从事高性能 MnZn 软磁铁氧体、旋磁铁氧体材料设计开发和后道生产工艺技术研究。