

砂磨时间和烧结温度对 MnZn 功率铁氧体磁性能的影响

张强原, 邢冰冰, 潘晓东

天通控股磁性材料研究所 浙江海宁 314412

摘要: 采用氧化物陶瓷法来制备 MnZn 功率铁氧体, 研究了砂磨时间和烧结温度对 MnZn 功率铁氧体磁性能的影响。研究表明: 适当增加砂磨时间, 可以提高起始磁导率和饱和磁通密度, 降低损耗; 提高烧结温度有利于起始磁导率和饱和磁通密度的提高。

关键词: MnZn 功率铁氧体, 砂磨时间, 烧结温度

Effect of Sanding Time and Sintering Temperature on the Magnetic properties of MnZn Power Ferrite

ZHANG Qiang-yuan, XING Bing-bing, PAN Xiao-dong

Magnetic Material Institute, TDG Holding Co, Ltd, Haining 314422, China

Abstract: The MnZn power ferrites were prepared by oxide ceramic method, and the effect of different sanding time and sintering temperature on the magnetic properties was studied. It shows that appropriate sanding time can improve the initial permeability, saturation magnetic flux density, and reduces the power loss. Increasing sintering temperature has positive effect on the initial permeability and saturation magnetic flux density.

Key words: MnZn power ferrite, Sintering time, sintering temperature

中图分类号: TM27 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2015)07-3-128

1 引言

MnZn 功率铁氧体由于高起始磁导率、高饱和磁通密度、高电阻率和低损耗等特性, 被广泛地应用在 DC-DC 转换器中^[1]。随着电动汽车、混合动力汽车的兴起, 这对于应用其中的 MnZn 铁氧体材料的性能要求越来越高, 不仅要在不同环境场合中保持低的损耗, 而且能在高温下有较高的饱和磁通密度, 实现良好的直流叠加特性, 提高转换效率。

在现阶段, PC95 以优异的宽温特性在 MnZn 功率材料中独领风骚, 而 PC90 具有较高的饱和磁通密度, 如何研发一种具有宽温、高 Bs、低损耗特性的新材料, 实现 PC95 和 PC90 性能的叠加, 满足新能源汽车的发展和节能环保需求, 是天通一直努力的目标。在影响 MnZn 功率铁氧体磁性能的因素中, 除了主配方和添加剂之外, 工艺也是一个很重要的因素^[2]。砂磨时间的长短影响粉料的粒径

和活性, 最终影响烧结产品的磁性能。烧结温度和氧氛围有着紧密的关联, 而氧氛围又影响材料中 Fe²⁺ 离子的含量和各离子的变价, 对烧结样品磁性能有着很大的影响^[3]。

本文针对市场需求, 在优选配方的基础上, 研究砂磨时间和烧结温度对宽温、高 Bs、低损耗类新型 MnZn 功率铁氧体性能的影响。

2 实验过程

以工业用 Fe₂O₃、ZnO、Mn₃O₄ 为原料, 采用氧化物陶瓷法来制备 MnZn 功率铁氧体。按照相同的主配方进行配料称量, 一次砂磨 2h。烘干后在 900℃ 预烧 2.5h, 加入相同的添加剂进行二次砂磨, 二次砂磨时间分别为 140min、160min、180min, 烘干后加入 10wt% 的聚乙烯醇溶液进行造粒, 压制成标准环形磁环 (Φ25 × Φ15 × Φ7.5mm), 于

1240℃和1300℃下烧结，保温3h。

采用HP4284ALCR阻抗分析仪来测试样品的电感，计算样品的磁导率；采用SY-8252 B-H分析仪测试样品的损耗和样品的饱和磁通密度。

3 结果与讨论

3.1 砂磨时间和烧结温度对起始磁导率的影响

图1是不同烧结温度时，砂磨时间对MnZn功率铁氧体起始磁导率的影响。从图上可以看出，随着砂磨时间的增加，起始磁导率增大。表1是不同砂磨时间后粉料的粒径和烧结后密度。

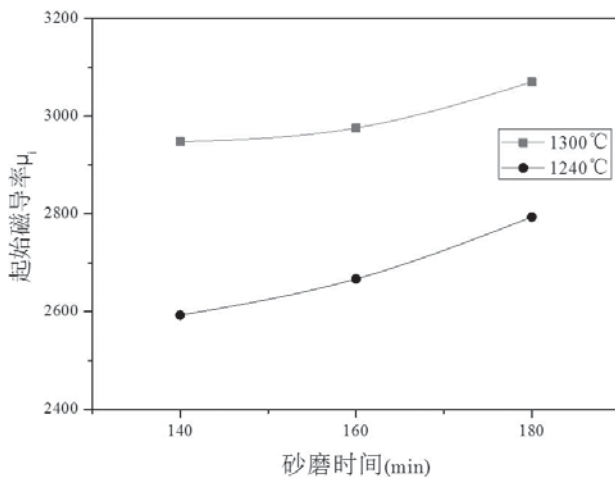


图1 不同砂磨时间样品的起始磁导率

表1 不同砂磨时间粉料的粒径和烧结密度

砂磨时间 (min)	140	160	180
粉料粒径 (μm)	0.80	0.72	0.70
密度 (g/cm^3)	1240℃	4.90	4.91
	1300℃	4.92	4.93

MnZn功率铁氧体材料的起始磁导率是畴壁位移和磁畴转动两种机制的叠加^[4]。随着砂磨时间的增加，粉料粒径越小，活性越大，在同一温度烧结下，晶粒结构更加完整，密度增加，气孔减少了畴壁位移和磁畴转动的阻力，起始磁导率增大。

随着温度的升高，起始磁导率也随之增大。这主要是因为温度的升高使得晶粒大小也增大。而起始磁导率与粒径大小成正比，起始磁导率随着温度升高增大。

3.2 砂磨时间对饱和磁通密度和损耗的影响

图2和图3分别是不同砂磨时间对MnZn功率铁氧体饱和磁通密度和损耗的影响，随着砂磨时间的增加，粒径

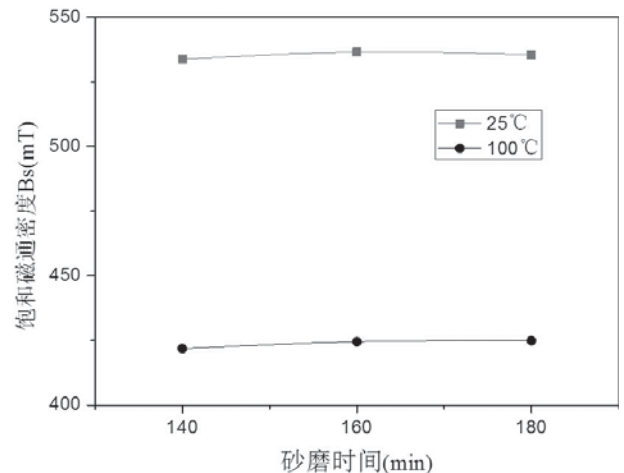


图2 砂磨时间对饱和磁通密度的影响

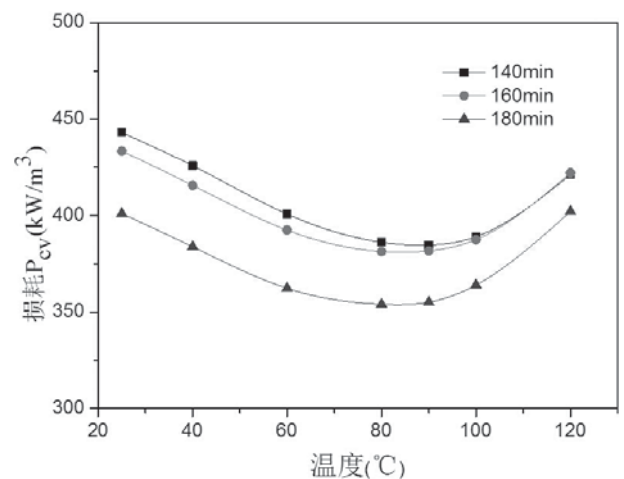


图3 砂磨时间对功率损耗的影响

变小，密度增大，饱和磁通密度增大。对于工作在500kHz下的功率铁氧体，损耗主要有磁滞损耗和涡流损耗两种，而在100kHz左右，磁滞损耗占据着损耗的主要来源^[5-7]，而磁滞损耗与起始磁导率的三次方成反比，故随着砂磨时间的增加，损耗降低。

3.3 烧结温度对饱和磁通密度和损耗的影响

表2给出了砂磨时间为180min的样环在1240℃和1300℃烧结温度下的饱和磁通密度，图4是样品在不同烧结温度下损耗温度特性曲线。相比1240℃的烧结样品，材料的饱和磁通密度在烧结温度为1300℃下要高，损耗也增大。

表2 不同烧结温度的样品的饱和磁通密度

	烧结温度	
	1240℃	1300℃
B_s (mT)	25℃	536.7
	100℃	424.9

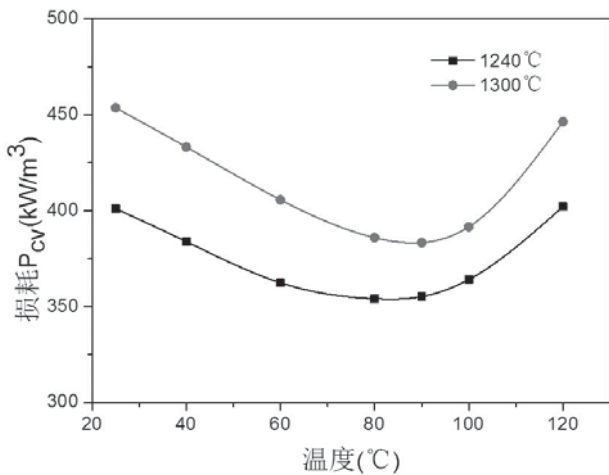


图 4 不同烧结温度的损耗分析

对于 MnZn 功率铁氧体, 饱和磁通密度 B_s 遵循下面的公式^[8]:

$$B_s = B_s(0) \cdot \left(\frac{d_m}{d_x}\right) \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^r \quad (1)$$

烧结温度的增加, 使得材料的密度增加, 从而使饱和磁通密度增大。但是烧结温度的升高, 虽然造成了晶粒的生长, 但是晶粒结构变得不均匀, 磁滞开始增加; 另一方面, 温度的升高也增加 Fe^{2+} 的含量^[9], 造成 $Fe^{2+} = Fe^{3+} + e$ 电子数目增加, 涡流损耗上升, 总损耗上升。

4 结论

(1) 砂磨时间越长, 粒径越细, 在一定的范围内, 适当

增加砂磨时间, 磁导率和饱和磁通密度增大, 损耗降低。

(2) 提高烧结温度有利于磁导率和饱和磁通密度的提高。

参考文献

- [1] 李乐中, 兰中文, 余忠, 等. MnZn功率铁氧体的研究进展及发展趋势[J]. 材料导报, 2008, 22(2): 93-96.
- [2] 任平, 张俊喜, 杜欣欣. 微量成分添加对锰锌铁氧体性能影响的研究[J]. 材料导报, 2010, 24(10): 22-25.
- [3] 兰中文, 余忠, 王京梅, 等. 工艺条件对MnZn功率铁氧体性能的影响[J]. 功能材料, 2000, 31(5): 486-487.
- [4] 姬海宁, 兰中文, 余忠, 等. Ti取代对MnZn功率铁氧体微结构及磁性能的影响[J]. 材料导报, 2008, 22(2): 101-104.
- [5] Sakaki T, Matsuoka T, Hysteresis loss in MnZn power ferrite cores. IEEE Trans Magn, 1986, 22: 623-625.
- [6] 傅朕, 余忠, 黄晓东, 等. Ta₂O₅对高BsMnZn功率铁氧体微结构及磁性能温度特性的影响[J]. 磁性材料与器件, 2013, 44(4): 41-43.
- [7] Inoue O, Matstani N, Kugimiya K. Low loss MnZn ferrite: Frequency dependence of minimum power loss temperature [J]. IEEE Trans Magn, 1993, 29: 3532-3534.
- [8] 付中元, 颜冲, 雷国莉, 等. 高温高饱和磁感应强度MnZn功率铁氧体材料研究进展[J]. 国际电子变压器, 2006, 05: 113-116.
- [9] 余忠, 兰中文, 王京梅, 等. 高频MnZn功率铁氧体烧结工艺研究[J]. 材料导报, 2003, 17(12): 80-82.

作者简介

张强原(1988-), 河南淮阳人, 硕士研究生, 主要从事高性能MnZn功率铁氧体材料的开发。