

# 磁性材料测量方法国际标准简介

张福民

(机械工业部桂林电器科学研究所 541004)

## 摘 要

本文对 IEC/TC 68 的磁性材料测量方法标准,就其应用范围和主要技术内容作了简要介绍。

## 一 前言

国际电工委员会(IEC)是世界上成立最早的国际标准化团体,它负责电气和电子领域的国际标准。IEC/TC68,即国际电工委员会第 68 技术委员会:磁合金和磁钢,这个技术委员会成立于 1968 年,现有 31 个成员国,我国是其中的一个 P 成员国。

IEC/TC 68 有主席一人,秘书一人,下设五个工作组,主要负责磁性材料名词术语、技术条件和试验方法等标准的制订和复审工作。到目前为止,已发布标准 22 个,其中有 11 个属试验方法方面的标准。

## 二 测量方法标准简介

IEC 404-2(第二版,1996):用爱泼斯坦方圈测量电工钢片和钢带磁性能的方法。

该标准的第一版是 1978 年出版的,其名称为:磁性钢片和钢带的磁、电和物理性能测量方法。

该标准的最新版本适用于晶粒取向和非取向电工钢片和钢带的直流磁性测量和频率高达 400Hz 的交流磁性测量。

标准中叙述了交流测量的一般原理;比总损耗的测量方法;磁极化强度峰值、磁场强度有效法、磁场强度峰值和比表观功率的测量方法;直流测量的一般原理;直流磁极化强度的测量方法和试验报告。

404-3(第二版,1992):用单片测试仪测

量磁性钢片和钢带磁性能的方法。

该标准的第一版是 1982 年出版的,其名称为:用单片测试仪测量磁性钢片和钢带比总损耗的方法。

该标准的最新版本规定了用单片测试仪测量磁性能的一般原理和技术细节。该标准适用于工频。

a)对于晶粒取向的磁性钢片和钢带:

在 1.0T 和 1.8T 之间测量:

- 比总损耗;
- 比表观功率;
- 磁场强度的有效值。

在高达 1000A/m 的磁场强度峰值下测量:

- 磁极化强度的峰值;
- 磁场强度的峰值。

b)对于非晶粒取向的磁性钢片和钢带:

在 0.8T 和 1.5T 之间测量:

- 比总损耗;
- 比表观功率;
- 激磁电流的有效值。

在高达 10000A/m 的磁场强度峰值下测量:

- 磁极化强度的峰值;
- 磁场强度的峰值。

404-4(第二版,1995):铁和钢直流磁性能的测量方法

该标准的第一版是 1982 年出版的,其名称为:整体钢的直流磁性能的测量方法。

该标准的最新版本规定了闭合磁路中,用圆环法或磁导计法测量铁和钢直流磁性能

的方法。

圆环法用于磁场强度在 10kA/m 以下,而磁导计法用于磁场强度在 1kA/m 到 200kA/m 的范围。

在圆环法中,对正常磁化曲线和完整磁滞回线的测试,规定了连续记录法和逐点测量法。

在磁导计法中,对于不同的磁性能规定采用不同类型的磁导计:

A 型磁导计:

磁场强度范围:1kA/m 到 200kA/m;

磁化线圈:在围绕试样的框架上;

试样的最小长度:250mm;

磁场测量系统:探测线圈或霍耳探头。

B 型磁导计:

磁场强度范围:1kA/m 到 50kA/m;

磁化线圈:围绕磁轭绕制;

磁场测量系统:Rogowski—Chattock 磁位计。

在磁导计法中,对正常磁化曲线和完整磁滞回线的测试,也规定了连续记录法和逐点测量法。

404—5(第二版,1993):永磁(硬磁)材料磁性能测量方法

该标准的第一版是 1982 年出版的,标准名称与第二版的名称一致,但第二版在标准结构和内容上都做了较大的修订。

该标准的最新版本对电磁铁和磁化条件;试验样品;磁通密度的测定;磁极化强度的测定;磁场强度的测量;退磁曲线的测定;回复线和回复磁导率测定;复现性和试验报告都作了细致规定。

该标准适用于 IEC404—8—1 中规定的所有永磁材料。

404—6(第一版,1986):E1、E3 和 E4 类各向同性镍铁软磁合金磁性能的测量方法

该标准规定了 E1 类(镍含量为 72%到 83%)、E3 类(镍含量为 45%到 50%)和 E4 类(镍含量为 35%到 40%)各向同性镍铁软磁合金磁性能的测量方法。

试样应是具有矩形或圆形截面的均匀圆

环。通常试样包括以下几种:

a)带绕环(SW 型);

b)环状叠片(LR 型);

c)整体材料加工的圆环(SR 型)。

直流磁性能的测量:

采用磁通积分器及标准互感器等仪器设备,测量磁化曲线、完整的磁滞回线、剩余磁通密度和矫顽场强度。

交流磁性能的测试:

采用频率计、平均整流电压表和有效值电压表等仪器设备,测量磁场强度有效值、磁场强度峰值、磁通密度、磁导率和交流磁化曲线。

用瓦特计法测量比总损耗。

404—7(第一版,1982):在开磁路中测量磁性材料矫顽力的方法

该标准适用于矫顽力在 500kA/m 以下的磁性材料,在矫顽力低于 40A/m 和高于 160kA/m 的测量中,应特别谨慎。

试样通常为细长形状,对于圆柱形试样,推荐长径比大于 5:1。

测量方法有两种:

方法 A:

a)用靠近试样末端放置的轴向振动探测线圈来检测感应交流电压的零点。

b)靠近试样放置一个磁通敏感探头(霍耳探头或磁通门探头),来检测磁通。

方法 B:

在螺线管外面放置两个差分磁通敏感探头来检测磁通。

把内部放有试样的螺线管与直流电源连接起来,通过螺线管的退磁电流应连续并缓慢地增加到被检测的试样磁通为零的那一点。

矫顽力由下式计算:

$$H_{CJ} = KI$$

式中: $H_{CJ}$ —矫顽力,A/m;

I—相反极性的两个电流的平均值,A;

K—螺线管的磁场强度与电流之比,1/m

IEC 409—9(第一版,1987):磁性钢片和

### 钢带几何特征的测定方法

该标准适用于磁性钢片和钢带。

标准规定了下述特征的测量方法:

- 平直度;
- 剩余弯曲;
- 边缘曲度;
- 由于内应力引起的对剪切线的偏差;
- 剪切边的毛刺高度。

IEC 404-10(第一版,1989):在中频下磁性钢片和钢带磁性能的测量方法

该标准适用于 400Hz 到 10000Hz 范围磁路结构所用的磁性钢片和钢带。

标准中规定了用 25cm 爱泼斯坦方圈进行交流测量的技术要求,用瓦特计法测定比总损耗的过程以及磁场强度、激磁电流和比表观功率的测定方法等内容。

IEC 404-11(第一版,1991):磁性钢片和钢带表面绝缘电阻的测定方法

该标准适用于单面或双面有绝缘涂层的磁性钢片和钢带。

标准中采用一种专用测量装置,应用 Franklin 法<sup>①</sup>进行测量。

IEC 404-12(第一版,1992):层间绝缘涂层温度性能评定方法导则

本导则规定了从室温到 800℃ 磁性钢片和钢带的层间绝缘涂层性能的试验方法。其中有对附着力、层间绝缘电阻和可压缩性/叠装系数的测量。

测量采用专用设备进行。

IEC 404-13(第一版,1995):电工钢片和钢带的密度、电阻率和叠装系数的测量方法

关于密度的测定,浸没法是较早作为仲裁用的基本方法,然而,这种方法用在表面积相当大的磁性钢片和钢带试样上是非常困难的,因此,该标准对特定成分的磁性钢片和钢带规定了另一种测定密度的方法。其测量原理是在特定化学成分的情况下,密度  $\rho_m$  和电阻率  $\rho$  都是随硅和铝含量而变化的,密度  $\rho_m$  和  $\rho_m \cdot \rho$  之间的关系几乎为一条直线。

这样就可以通过测量  $\rho_m \cdot \rho$  来代替  $\rho_m$  的直接测量。

对于电阻率的测定也是以测定密度的电气方法为基础的。测量出  $\rho_m \cdot \rho$  之后,再除以  $\rho_m$  即得出电阻率。

叠装系数的测定:

将已去除毛刺的试样,叠放在两个压板之间,压板表面积应足够大,以便覆盖经受  $(1.00 \pm 0.005) \text{N/mm}^2$  压力的试样,在施加这个压力时,测量靠近叠片四个边的压板之间的距离  $h$ ,叠装系数按下式计算:

$$f = \frac{m}{\rho_m \cdot h \cdot b \cdot l}$$

式中:  $f$ —叠装系数;

$b$ —试样宽度,  $\text{m}$ ;

$l$ —试样的平均长度,  $\text{m}$ ;

$\rho_m$ —试样的密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$h$ —叠片的高度,  $\text{m}$ ;

$m$ —试样的总质量,  $\text{kg}$ 。

## 三 磁性材料测量方法标准的新建议

IEC/TC 68 近几年提出了如下的新工作项目建议:

1986年5月提出:烧结软磁材料直流和交流磁性能的测量方法。

1992年10月提出:高温下永磁材料的测量方法。

1992年11月提出:非晶及有关材料磁性能的测量方法。

另外在1996年10月8日至10日在美国 Conshohocken, Pennsylvania 召开的 IEC/TC68 会议上,除了讨论了上述新工作项目建议外,还讨论了在较高频率下软磁材料的测量问题。不久将会有一些新的 IEC 磁性材料测量方法标准问世。

<sup>①</sup> Franklin, R. F., "Measurement and control of interlaminar resistance of laminated magnetic cores", ASTM Bulletin n°144, January 1947, P. 57