

软磁合金直流磁性能测量方法

GB 3657—83

Measurement method of direct magnetic properties of soft magnetic alloys

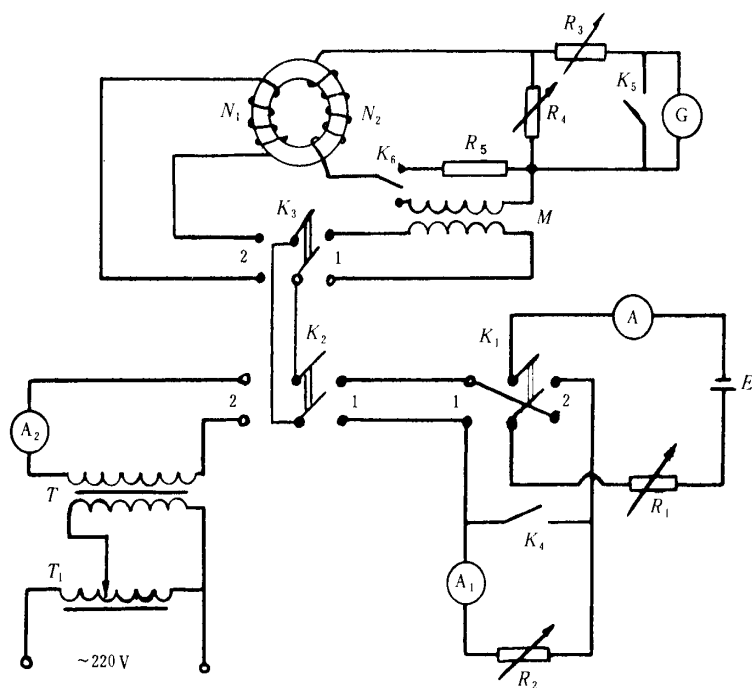
本标准适用于在室温下测量由软磁合金（铁-镍、铁-钴-钒、铁-铝系合金等）所制备的环形试样的基本磁化曲线和磁滞回线上的各磁性参数：磁感应强度 B 、磁场强度 H 、磁导率 μ 、剩余磁感应强度 B_r 、矫顽力 H_c 、矩形比 B_r/B_m 。

不大于测量误差时，允许采用其它测量方法。

1 测量原理及线路

1.1 根据电磁感应原理，当磁化回路中磁化电流改变时，试样中的磁通量也改变，在测量绕组两端产生感应电动势，根据冲击检流计偏转和磁化电流确定试样的直流磁性参数。

1.2 冲击法测量装置的原理线路图如下图所示。



测量原理线路图

K_1 、 K_2 、 K_3 —双刀双向开关； K_4 、 K_5 、 K_6 —单刀单向开关； R_1 —可
变电阻器； R_2 、 R_3 、 R_4 —电阻箱； R_5 —互感器次级线圈等效电阻；
 A 、 A_1 —直流电流表； A_2 —交流电流表； G —冲击检流计； E —直流
磁化电源； M —标准互感器； T_1 —自耦变压器； T —退磁变压器；
 N_1 —磁化绕组； N_2 —测量绕组

1.3 本测量装置中标准互感器 M 用来对冲击检流计进行定标。自耦变压器 T_1 和退磁变压器 T 用来对试样进行退磁。

2 试样

2.1 对厚度不小于0.15 mm的带材采用环形试样，其内直径为32 mm，外直径为40 mm，叠加厚度为5~7 mm；对厚度小于0.15 mm的带材，沿轧制方向取宽10 mm的条，卷绕成内直径为25 mm，外直径为32 mm的环形试样。

2.2 试样应平整，无毛刺和裂纹等缺陷。

2.3 试样在热处理前用精度为0.02 mm的卡尺测量内直径和外直径，然后用公式(2)计算平均直径；用感量为千分之一克的天平称量试样，然后用公式(3)计算试样的横截面积。

2.4 制备好的试样，首先要进行热处理。经热处理后的试样不应再受到应力(冲击、压缩、拉伸、弯曲、振动等)的作用。

2.5 将热处理后的试样装入由非磁性绝缘材料制成的试样盒中，在试样盒外均匀地绕上测量绕组 N_2 ，然后再绕上磁化绕组 N_1 。

3 测量装置中的仪器和元件

3.1 冲击检流计

自由振动周期不小于18 s；

电量常数不大于 10^{-8} C/(mm·m)；

电流常数不大于 10^{-9} A/(mm·m)；

3.2 直流电流表 A 和 A_1

A 和 A_1 为多量程电流表，其精度不低于0.5级，测量范围分别为1 mA~6 A和1 mA~1 A。

3.3 直流磁化电源 E

输出电压：0~20 V连续可调；

输出电压稳定性：每分钟不超过 $\pm 0.05\%$ ；

纹波电压：满档不大于2 mV；

输出电流：0~6 A。

3.4 标准互感器 M

标准互感器的精度不得低于0.2级，互感值可为0.1或0.05 H。

3.5 滑线电阻 R_1

该电阻最大可允许通过6 A电流。

3.6 电阻箱 R_2 、 R_3 、 R_4

阻值范围为0~100000 Ω ，最小步进值为0.1 Ω ，功率不小于0.25 W。

3.7 电阻 R_5

该电阻值与互感器次级线圈的电阻值相等。

3.8 仪器检定

本标准所用的仪器、仪表应定期送往计量部门检定。

4 测量步骤

4.1 首先用标准互感器对冲击检流计进行定标。按图1所示，将测量绕组 N_2 两端用试样测量绕组的等值电阻连接，转换开关 K_2 、 K_3 置于1位置， K_4 闭合， K_6 接通 M ，调节电阻 R_1 ，使标准互感器的初级线圈通一适当大小的电流 I 。当用开关 K_1 使电流换向时，冲击检流计的光点发生偏转，由(1)式计算出冲击检流计的冲击常数 K ：

$$K = \frac{2MI}{\alpha_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中： K ——冲击检流计冲击常数，Wb/分格；

M ——标准互感系数，H；

I ——电流，A；

α_1 ——冲击检流计光点偏转，分格。

测量常数 K 时检流计的偏转在标尺的 $1/3$ 、 $1/2$ 、 $2/3$ 处三点取平均值。检流计冲击常数 K 与冲击检流计的串联电阻 R_3 和并联电阻 R_4 有关，根据测量要求调节 R_3 和 R_4 ，然后再测常数。

4.2 如果在基本磁化曲线的拐点以下测量，测量前应用感应法对试样退磁，如图1所示。开关 K_2 、 K_3 置于2位置，将试样接入退磁回路中，调节自耦变压器 T_1 ，使试样磁化到基本饱和（超过磁化曲线拐点），然后把退磁变压器 T 的次级绕组缓慢地抽出约1m的距离，再将次级绕组转90度角，断开电源。退磁时间约为20s，退磁频率为50Hz。

4.3 在给定的磁场强度下测量磁感应强度和磁导率。测量时将试样按图1接入测量装置中，开关 K_1 和 K_2 均置于1位置， K_3 置于2位置， K_4 闭合， K_5 接通电阻 R_5 ，调节电阻 R_1 满足给定的磁化电流，用开关 K_1 使电流换向，冲击检流计的光点偏转 α ，用公式（4）、（5）和（7）计算磁场强度和试样在该磁场强度下的磁感应强度和磁导率。

4.4 在每一磁场下进行测量时，首先在该磁场下进行磁锻炼，磁锻炼频率约为每秒一次，磁锻炼次数约7~10次。

4.5 在测完磁感应强度后，在同一磁场下测剩余磁感应强度 B_r ，用 K_1 断电，记下冲击检流计偏转格数 α_0 ，把 α_0 带入（6）式计算出剩余磁感应强度 B_r 。

4.6 在给定的磁场下按4.3的步骤进行测量，然后打开 K_4 ，开关 K_1 从1位置迅速置于2位置时，冲击检流计偏转格数 α_c ，反复调节 R_2 直到 $\alpha_c = \alpha/2$ 为止，将 A_1 的示值 I_c 代入（4）式计算出矫顽力 H_c 。

4.7 为保护冲击检流计，只有当读冲击检流计光点偏转时，才将开关 K_5 打开。

5 计算

5.1 试样的平均直径用（2）式计算：

$$\bar{d} = \frac{d+D}{2} \dots\dots\dots (2)$$

式中： \bar{d} ——试样平均直径，m；

d ——试样内直径，m；

D ——试样外直径，m。

5.2 试样的横截面积用（3）式计算：

$$S = \frac{m}{\pi d \rho} \dots\dots\dots (3)$$

式中： S ——试样的横截面积， m^2 ；

m ——试样质量，kg；

ρ ——试样密度， kg/m^3 。

5.3 磁场强度 H 用（4）式计算：

$$H = \frac{N_1 I}{\pi d} \dots\dots\dots (4)$$

式中： H ——磁场强度，A/m；

N_1 ——磁化绕组匝数；

I ——磁化电流，A。

5.4 试样的磁感应强度 B 用(5)式计算:

$$B = \frac{K\alpha}{2N_2S} \dots\dots\dots (5)$$

式中: B ——磁感应强度, T;
 α ——冲击检流计偏转格数, 分格;
 N_2 ——测量绕组匝数。

5.5 剩余磁感应强度 B_r 用(6)式计算:

$$B_r = \frac{K(\alpha - 2\alpha_0)}{2N_2S} \dots\dots\dots (6)$$

式中: B_r ——剩余磁感应强度, T;
 α ——冲击检流计偏转格数, 分格;
 α_0 ——测量 B_r 时 K_1 断电冲击检流计偏转格数, 分格。

5.6 试样的相对磁导率 μ_r 用(7)式计算:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B}{4\pi H} \times 10^7 \dots\dots\dots (7)$$

式中: μ_r ——相对磁导率;
 μ ——磁导率, H/m;
 μ_0 ——真空磁导率 ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$), H/m。

6 测量误差

如果满足本标准的要求, 测量磁感应强度 B 的相对误差不超过 $\pm 3\%$, 测量磁场强度 H 的相对误差不超过 $\pm 2\%$ 。

附录 A

(参考件)

本方法所用到的公式均采用国际单位制, 如果换成高斯单位制则是:

$$K = \frac{2MI}{\alpha_1} \times 10^8 \dots\dots\dots (A1)$$

式中: K ——检流计冲击常数, Mx /分格;

M ——互感系数, H ;

I ——电流, A ;

α_1 ——冲击检流计偏转格数, 分格。

$$B = \frac{K\alpha}{2SN_2} \dots\dots\dots (A2)$$

$$B_r = \frac{K(\alpha - 2\alpha_0)}{2SN_2} \dots\dots\dots (A3)$$

式中: B ——磁感应强度, Gs ;

B_r ——剩余磁感应强度, Gs ;

α 、 α_0 ——冲击检流计偏转格数, 分格;

S ——试样横截面积, cm^2 ;

N_2 ——测量绕组匝数。

$$H = \frac{0.4N_1I}{d} \dots\dots\dots (A4)$$

式中: H ——磁场强度, Oe ;

N_1 ——磁化绕组匝数;

\bar{d} ——试样平均直径, cm 。

$$\mu = \frac{B}{H} \dots\dots\dots (A5)$$

式中: μ ——磁导率。

$$\bar{d} = \frac{d+D}{2} \dots\dots\dots (A6)$$

式中: d ——试样内直径, cm ;

D ——试样外直径, cm 。

$$S = \frac{m}{\pi d\rho} \dots\dots\dots (A7)$$

式中: m ——试样质量, g ;

ρ ——试样密度, g/cm^3 。

附加说明:

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。

本标准由大连钢厂负责起草。

本标准主要起草人俞贞顺、吴隆鹏、董安智。