

# 铁氧体的概要

铁氧体这一磁性材料用 $MFe_2O_4$ 所示的正则表达式来表示。

M 主要是二价金属氧化物，诸如氧化锰，氧化镍，氧化铜，氧化锌等，实用中的铁氧体是此类几种化合物复合而成的多结晶烧结体。

另外，在电气特性方面，铁氧体具有与其他金属磁性材料相比电阻率极高的特点。因此，不容易产生涡电流，可在高频领域下使用。

这样的铁氧体是将纯度极高的铁，镍，铜，锌等的氧化物原料粉末按照符合材质特性的质量比混合，煅烧，粉碎，粒化，压缩成型后，在 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1400^{\circ}\text{C}$ 的高温下烧结，然后加工成最终产品尺寸。为了将铁氧体的特性控制在既定的范围内，我们对以上各工序均实施严格的过程控制。

铁氧体可含据相关用途选择最佳的材质，作为具有代表性的材料，有锰锌（Mn-Zn）基铁氧体和镍锌（Ni-Zn）基铁氧体两个种类。锰锌（Mn-Zn）基铁氧体具有以高磁导率，高磁通密度为代表，在1MHz以下为低损耗的特性，与此相对，镍锌（Ni-Zn）基铁氧体则具有以电阻率极高，磁导率一般低于数百以下为代表，在1MHz以上为低损耗的特性。

下面所示的是铁氧体磁心的代表性物性常数例。

## 代表性物性常数例

|               |  |
|---------------|--|
| 电导率           | 锰锌 (Mn-Zn) 基 240 to 300<br>镍仗 (Ni-Zn) 基 10 to 13 |
| 比热            | 800 (J/kg · K)                                   |
| 导热系数          | 1 to 5 (W/m · K)                                 |
| 线膨胀系数         | $1.2 \times 10^{-5}$ (1/K)                       |
| 维氏硬度          | 550  |
| 抗拉强度          | 2 to $5 \times 10^7$ (N/m <sup>2</sup> )         |
| 抗拉强度 (50mm跨距) | $9.8 \times 10^7$ (N/m <sup>2</sup> )            |
| 杨氏系数          | $1.2 \times 10^{11}$ (N/m <sup>2</sup> )         |

● 上述物性常数是指常温下的代表值。

○ RoHS指令对应产品：RoHS指令对应产品的详细内容查看这里。<http://www.tdk.co.jp/rohs/>

○ 无卤素：指的是Cl含量不到900ppm、Br含量不到900ppm以及Cl、Br的合计含量不到1500ppm。

· 记载内容，在没有予告的情况下有可能改进和变更，请予以谅解。

# 术语解释与定义

## 1. 初始磁导率 $\mu_i$

是指磁场强度趋于0时的磁心振幅磁导率的极限值。

$$\mu_i = \lim_{H \rightarrow 0} \mu_a$$

## 2. 振幅磁导率 $\mu_a$

是指处于消磁状态下的磁心随时间发生周期性变化且对其外加强度平均值趋于0的磁场时, 可从磁通密度最大值和磁场强度最大值获得的相对磁导率。

## 3. 最大透磁率 $\mu_m$ (Fig.1)

是指改变磁场强度的振幅时所观测到的振幅磁导率的最大值。

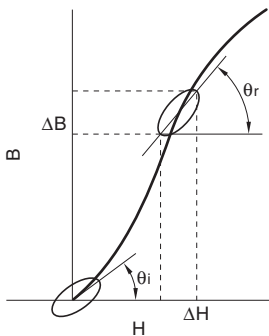


Fig.1

## 4. 实效磁导率 $\mu_e$

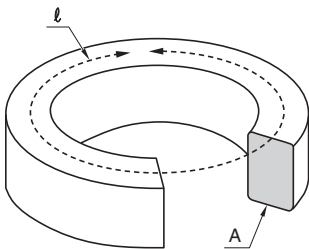
是指在闭磁路 (漏磁通可忽略不计) 磁心中根据实效自感以下式所示的磁导率。

$$\mu_e = \frac{L \times 10^{10}}{4\pi N^2} \cdot \sum \frac{l}{A}$$

或者

$$\mu_e = \frac{\sum \frac{l}{A}}{\sum \frac{l}{\mu A}}$$

- 在这里 L : 实效自感 (H)
- N : 总卷次数
- l : 各自在相同材料, 相同截面面积下的磁路长度 (mm)
- A : 各自的截面面积 (mm<sup>2</sup>)
- $\sum \frac{l}{A}$  : C<sub>i</sub>=磁心常数 (mm<sup>-1</sup>)
- $\mu$  : 各自的材料磁导率



备考: 第1式用于测定, 第2式用于已知磁心各部分尺寸及磁导率时的计算。

## 5. 表现磁导率 $\mu_{app}$

是有磁心时的测定用线圈电感和无磁心时的电感的比, 表示如下:

$$\mu_{app} = \frac{L}{L_0}$$

在这里, L = 有磁心时的测定用线圈电感 (H)

L<sub>0</sub> = 无磁心时的测定用线圈电感 (H)

## 6. 饱和磁通密度 B<sub>s</sub> (Fig.2)

是指对应饱和磁化的磁通密度关于磁通密度,

$$1 \text{ Gauss} = 0.1 \text{ mT (毫特斯拉)}$$

## 7. 剩余磁通密度 B<sub>r</sub> (Fig.2)

是指从饱和磁通密度变为磁场为0时的磁通密度。

## 8. 矫磁力 H<sub>c</sub> (Fig.2)

是指将磁场从饱和状态变为0, 并反向增加磁场时, 磁通密度为0时的磁场强度。

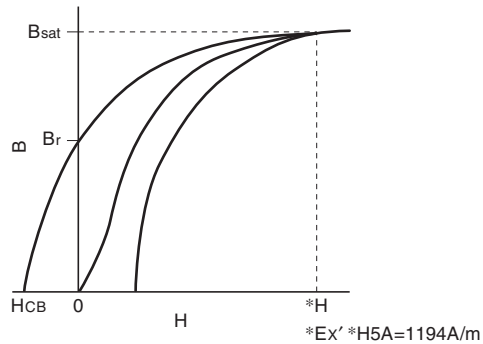


Fig.2

## 9. 损耗系数 $\tan \delta$

是表示磁心损耗的损失角的正切, 用下式表示:

$$\tan \delta = \frac{R_m}{\omega L} = \frac{R_{eff} - R_w}{\omega L}$$

在这里, R<sub>m</sub> : 仅磁心的损耗电阻

$\omega$  : 角频率

L : 线圈的自感

R<sub>eff</sub> : 包含磁心在内的线圈损耗电阻

R<sub>w</sub> : 仅卷线的损耗电阻

此外, 还与复磁导率存在以下关系:

$$\tan \delta = \frac{\mu''}{\mu'}$$

**10. 相对损耗系数  $\tan\delta / \mu_i$** 

是损耗系数与初始磁导率的比，用下式表示：

$$\frac{\tan\delta}{\mu_i} = \frac{\mu''}{(\mu')^2}$$

在这里， $\mu''$ ：复磁导率的虚数部分

$\mu'$ ：复磁导率的实数部分

备考：磁路的空隙较小时，下式成立。

$$\frac{\tan\delta}{\mu_i} = \frac{\tan\delta}{\mu_e}$$

**11. 材料磁滞系数  $\eta_B$** 

是表示磁性材料在瑞利领域下作用时的磁滞损耗的常数，用下式表示：

$$\eta_B = \frac{\tan\delta_h}{\mu B_m}$$

在这里， $\tan\delta_h$ ：磁滞损耗系数

$\mu$ ：在瑞利领域下的比磁导率

$B_m$ ：最大磁通密度 (T)

**12. Q**

是指损耗系数的倒数。

**13. 实效  $Q_e$** 

是指如下式所示包含磁心在内的线圈损耗系数的倒数。

$$Q_e = \frac{\omega L}{R_{\text{eff}}}$$

在这里， $R_{\text{eff}}$ ：包含磁心在内的线圈损耗系数

$\omega$ ：角频率  $2\pi f$  (rad/s)

$L$ ：线圈的自感

**14. 表观  $Q$   $Q_{\text{app}}$** 

是指如下式所示包含磁心在内的线圈的  $Q(Q_e)$  和不包含磁心在内的线圈的  $Q(Q_0)$  的比。

$$Q_{\text{app}} = \frac{Q_e}{Q_0}$$

**15. 初始磁导率的温度系数  $\alpha_{\mu i}$** 

是用因温度变化而引起的初始磁导率变化率除以温度变化量所得的值，用下式表示：

$$\alpha_{\mu i} = \frac{\mu_{i2} - \mu_{i1}}{\mu_{i1}} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1}$$

在这里， $\mu_{i1}$ ：基准温度  $T_1$  下的初始磁导率

$\mu_{i2}$ ：温度  $T_2$  下的初始磁导率

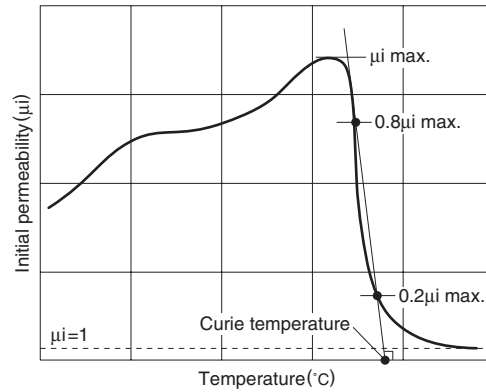
**初始磁导率温度特性**

Fig.3

**16. 初始磁导率的相对温度系数  $\alpha_F$** 

是用初始磁导率的温度系数除以初始磁导率所得值，按下式算出，以  $10^{-6}$  为单位表示。

$$\alpha_F = \frac{\mu_{i2} - \mu_{i1}}{\mu_{i1}^2} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1}$$

**17. 居里温度  $T_c$  (Fig.3)**

在该温度以下磁心为强磁性，在该温度以上为顺磁性的温度。

**18. 磁导率减落  $D$** 

是指将磁心完全消磁后，在没有磁性，机械性，热性妨害且在某一温度状态下的初始磁导率的时间变化率，用下式表示：

$$D = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1} \times 100(\%)$$

在这里， $D$ ：用%表示的磁导率减落

$\mu_1$ ：完全消磁后，经过短时间后的初始磁导率

$\mu_2$ ：完全消磁后，经过长时间后的初始磁导率

### 19. 相对磁导率减落系数 $D_F$ (Fig.4)

是表示初始磁导率随时间发生指数函数性变化时的磁导率减落的系数，按下式算出，通常以  $10^{-6}$  为单位表示。

$$D_F = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\log_{10} \frac{t_2}{t_1}} \cdot \frac{1}{\mu_1^2} \quad (t_2 > t_1)$$

在这里， $\mu_1$ ：完全消磁后，经过  $t_1$  后的初始磁导率

$\mu_2$ ：完全消磁后，经过  $t_2$  后的初始磁导率

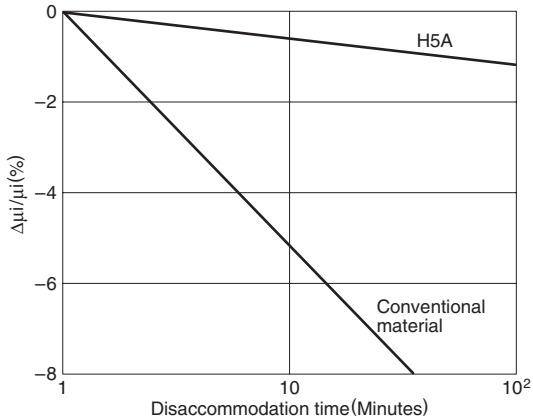


Fig.4

### 20. 电感系数 $A_L$

是指如下式所示，由磁心围起的某个一定形状及尺寸的线圈的单位卷数产生的自感。

通常以  $10^{-9}H$  为单位 (nH) 表示。

$$A_L = \frac{L}{N^2}$$

在这里， $L$ ：有磁心时的线圈的自感 (H)

$N$ ：线圈的总卷次数

### 21. 体积电阻率 $\rho_v$

是指假设磁心的内部有一个  $1m^3$  的立方体，在其相对的两个面之间施加电压时的两个面之间的电阻。