

粉末冶金含油轴承开孔孔隙度的简便计算方法

赵田臣 乔 峰

(石家庄煤矿机械厂, 河北 050031)

粉末冶金含油轴承最重要的物理性能之一—含油率, 而含油率在数值上等于开孔孔隙度。含油轴承中的孔隙分为开孔隙和闭孔隙, 闭孔隙所占比例极小。

对于含油轴承烧结坯, 可以通过浸油前后称重计算其开孔孔隙度, 而对已含油的轴承可通过除油前后测重计算, 但除油过程十分繁琐, 时间长且需专用 Soxhlet 装置, 十分不便。为此, 我们找到一种简单的方法, 勿需知道浸油前或除油后的数据, 就能计算出其开孔孔隙度(含油率)。

1 含油轴承开孔孔隙度的计算

(1) 开孔孔隙度的计算

设含油轴承的开孔孔隙全部被油浸满, 油的密度为 d_y , 试样的含油密度为 d_H , 含油轴承材料的理论密度为 d , 试样表观体积为 V , 总孔隙度为 δ , 则

$$d_H V = d(1 - \delta)V + d_y \delta_k V$$

整理后开孔孔隙度 δ_k 为:

$$\delta_k = \frac{d - d_H}{\frac{d}{k} - d_y} \quad (1)$$

对于已含有某种油的已知配方材料的含油轴承, 式中的 d 、 d_H 及 d_y 均可通过计算或测量得到, 只有 k 未知, k 值为开孔孔隙在总孔隙中的比例, 在工艺条件一定的情况下, 它随试样的密度而变化, 可由实验来确定。

(2) 含油轴承材料理论密度的计算

设某材料由 n 种组分组成, 每种组分的

理论密度分别为 d_1, d_2, \dots, d_n , 重量百分含量分别为 a_1, a_2, \dots, a_n , 组成假合金。则有

$$d = \frac{1}{\frac{a_1}{d_1} + \frac{a_2}{d_2} + \dots + \frac{a_n}{d_n}} \quad (2)$$

所以, 在已知材料配方的条件下, 就可以计算出其理论密度。

(3) 轴承含油密度的计算

轴承浸油后测量它的重量, 再测量其在水中的重量, 其含油密度为 (ρ_w 为水的密度):

$$d_H = \frac{p_1' \rho_w}{p_1' - p_2'} \quad (3)$$

式中 p_1' —— 含油试样的重量, g

p_2' —— 含油试样在水中称量时的重量, g

(4) 油品的密度计算

这里的油品密度是指与测量 d_H 相应温度下的密度, 它可通过测量得到, 也可通过以下方法计算出来, 油的密度随温度的变化规律为:

$$d_{yt} = \frac{\rho_{15}}{1 + \beta_t(t - 15)} \quad (4)$$

式中 d_{yt} —— 给定温度下油的密度, g/cm³

ρ_{15} —— 15℃ 时油的密度, g/cm³

β_t —— 油在 15℃ 时的体积膨胀系数

t —— 测定 d_H 时的温度, °C

ρ_{15} 及 β_t 的数据可由表 1 查出。

表 1 油的体积膨胀系数

$\rho_{15}, \text{g/cm}^3$	0.70	0.80	0.85	0.90	0.92
β_t	0.00082	0.00077	0.00072	0.00064	0.00060

2 关于 k 值的讨论

如前所述, k 值是开孔孔隙和总孔隙之比, 它应由试验来确定。为了简便起见, 设式(1)中 $k=1$, 即假设烧结坯中的孔隙全部为开孔, 先计算其总孔隙, 然后再考虑 k 的影响予以修正。

$$\text{则有 } \delta = \delta_k = \frac{d - d_H}{d - d_Y} \quad (5)$$

可由前面已有公式计算得到总孔隙度 δ 。

同一种材料在工艺条件一定时, k 值随其密度而变化。通过对烧结铁的 δ 及 δ_k 的测量, 得到图 1, 从图 1 得到表 2。从表 2 可以看出, 随着总孔隙度 δ 的减小, 即烧结坯密度的增加, k 值减小, 即制品密度越高, 闭孔越多, 开孔占总孔隙的比率越小。粉末冶金含油轴承一般孔隙度为 15~25%, 相应的烧结坯 k 值在 0.80~0.92 之间变化, 对开孔孔隙度产生了不可忽视的影响。根据表 2 可作如下处理:

当总孔隙度 $\delta=12\sim18\%$ 时:

$$\delta_k = \delta - 3\% \quad (6)$$

表 2 烧结铁的 k 值

$\delta, \%$	10	12	15	18	20	22	25	28
$\delta_k, \%$	5	9	12	15	18	20	23	27
k	0.50	0.58	0.80	0.83	0.90	0.91	0.92	0.96

3 举例

对两件已浸油的 98%Fe-2%C 烧结坯进行室温测量, 已知该油的室温密度为 0.878g/cm³, 测得其含油密度分别为 6.40g/cm³ 和 6.10g/cm³, 求其开孔孔隙度。

当 $d_H=6.40\text{g/cm}^3$ 时, 将 $d=7.49\text{g/cm}^3$, $d_Y=0.878\text{g/cm}^3$ 代入式(5), 得:

$$\delta = \frac{7.49 - 6.40}{7.49 - 0.878} = 16\%$$

所以 $\delta_k = \delta - 3\% = (16 - 3)\% = 13\%$

当 $d_H=6.10\text{g/cm}^3$ 时, 得

当总孔隙度 $\delta=20\sim25\%$ 时:

$$\delta_k = \delta - 2\% \quad (7)$$

式(6)和(7)即为计算含油轴承开孔孔隙度的简单公式, 它可用于铁基含油轴承开孔孔隙度(含油率)的测量计算, 对铜基含油轴承的测量计算也可参考使用。

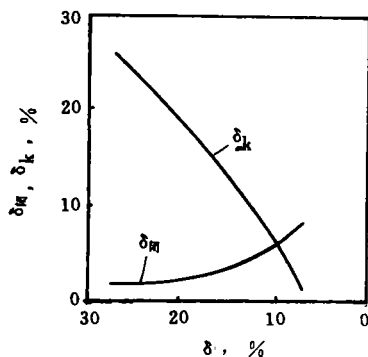


图 1 烧结铁的总孔隙度 δ 及开孔孔隙度 δ_k

$$\delta = \frac{7.49 - 6.10}{7.49 - 0.878} = 21\%$$

所以 $\delta_k = \delta - 2\% = (21 - 2)\% = 19\%$

简言之对已含有某种油品的粉末冶金含油轴承, 在测量或计算出油的密度及制品的理论密度和含油密度后, 求得其总孔隙度。在此基础上考虑 k 值的影响, 根据总孔隙度的大小, 减去一个常数即为开孔孔隙度值, 该方法简便可行, 特别适用于现场制品检查, 而不需用复杂费时的 Soxhlet 装置。