

# 石墨粒度对 Cu-Fe 基摩擦材料性能的影响

樊毅, 张金生, 高游, 吴芳, 刘伯威

(中南工业大学 粉末冶金国家重点实验室, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 采用 MM-1000 型摩擦磨损试验机研究了石墨粒度对 Cu-Fe 基摩擦材料性能的影响。研究表明: 随着石墨粒度的细化, 材料的硬度提高而强度降低; 材料及偶件的磨损增大; 此外, 石墨粒度对 Cu-Fe 基摩擦材料的摩擦系数也有所影响。

**关键词:** 石墨; 粒度; Cu-Fe 基摩擦材料; 摩擦磨损性能  
**中图分类号:** TF125.6; V52

**文章标识码:** A

**文章编号:** 1004-0595(2000)06-0475-03

石墨几乎是各种烧结摩擦材料不可缺少的组元, 人们就石墨含量对摩擦材料性能的影响进行了大量的研究<sup>[1]</sup>。石墨粒度对其润滑性能的影响早就有人进行了研究<sup>[2]</sup>, 但有关石墨粒度对烧结摩擦材料性能影响的研究报道较少。

将 Cu 与 Fe 进行适当的配比可制得具有优良机械性能和摩擦磨损性能的摩擦材料<sup>[3]</sup>。我们研究的 Cu-Fe 基摩擦材料综合了 Cu 基与 Fe 基摩擦材料的

共同优点, 其既具有 Fe 基摩擦材料的高机械性能和耐热强度, 又具有 Cu 基摩擦材料的高导热性。当金属基体成分及其它组分固定时, 石墨含量及粒度对材料性能具有重要的影响。本文作者就石墨粒度对 Cu-Fe 基烧结摩擦材料性能的影响进行研究。

## 1 试验方法

采用表 1 所列 4 种不同粒度  $d$  的国产鳞片状石

表 1 石墨的粒度分布

Table 1 Distribution of grit size of graphite particles

Sample No	450 $\mu\text{m} < d < 600 \mu\text{m}$	300 $\mu\text{m} < d < 450 \mu\text{m}$	200 $\mu\text{m} < d < 300 \mu\text{m}$	125 $\mu\text{m} < d < 200 \mu\text{m}$	$d < 125 \mu\text{m}$	$d < 74 \mu\text{m}$	%
1	18	80	2	-	-	-	-
2	9	53	22	12	4	-	-
3	-	26	42	23	9	-	-
4	-	-	-	-	-	-	100

墨, 其在 Cu-Fe 基材料中的含量均为 9%, 材料中其他成分及其含量固定不变。所有试样均先经混料-冷压成型, 然后在氢气中加压烧结而成, 烧结温度为 960, 压强为 3.8 MPa, 保温 2.5 h。试样的硬度在 HBRV-187.5 型硬度计上测定, 在 LJ-3000A 型万能材料试验机上测定材料的强度, 抗弯强度用三点法, 载荷方向与烧结加压的方向一致。

摩擦磨损试验在 MM-1000 型摩擦磨损试验机上进行, 偶件为 20CrMo 钢环, 其内径 53 mm, 外径为 75 mm, 重叠系数为 0.66。试验条件: 相对转速为 5200 r/min, 负荷 1.3 MPa; 根据摩擦力矩-制动时间曲线求得摩擦系数, 以单次单面磨损质量损失来评价

样品的耐磨性(取算术平均值)。

## 2 试验结果与讨论

图(1~3)示出了石墨粒度对 Cu-Fe 基烧结摩擦材料机械性能的影响。可见, 随着石墨颗粒的细化, 材料的硬度提高, 强度降低。

众所周知, 材料的硬度是抵抗永久变形或塑性变形的能力。试验发现, 压痕的影响范围大约是压痕深度的 10 倍, 如果在这一范围内有一较软层, 压痕深度将增大, 表观硬度则会降低<sup>[4]</sup>。压痕处的石墨粒度越大, 压痕的深度将越大, 所测硬度将越低。因此, 随着石墨粒度的细化, 材料的硬度有所增加。

2000-02-29 收到初稿, 2000-07-20 收到修改稿/ 联系人樊毅

樊毅 女, 51 岁, 高级工程师, 主要从事摩擦与减摩材料的研究

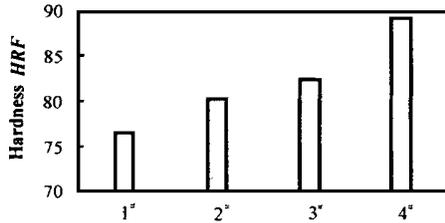


Fig 1 Effect of graphite particle size  
On hardness of material

图 1 石墨粒度对摩擦材料硬度的影响

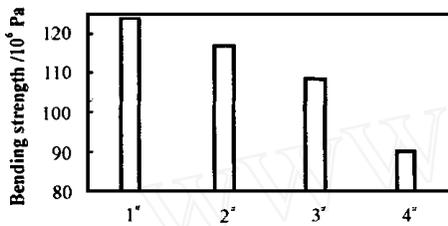


Fig 2 Effect of graphite particle size  
on bending strength of material

图 2 石墨粒度对摩擦材料抗弯强度的影响

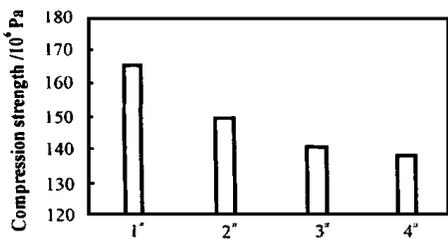


Fig 3 Effect of graphite particle size  
on compression strength of material

图 3 石墨粒度对 Cu-Fe 基烧结摩擦抗压强度的影响

含有大量非金属的金属基摩擦材料,其强度主要取决于金属基体。当金属基体所占的体积分数一定时,基体中的缺陷对材料强度的影响不可忽视。Cu-Fe 基体中的石墨大多以游离状态存在,可视为基体中的裂纹或孔隙。孔隙不仅引起应力集中,而且减少了试样或零件承受外力的有效横截面积,使材料承受的应力减少,强度降低,因此材料中孔隙的体积分数是影响材料强度的重要因素<sup>[5]</sup>。当石墨含量一定时,石墨粒径越小,其颗粒数越多,表面积越大<sup>[6]</sup>,材料中的孔隙就越多,材料受载荷的有效面积越小,故材料的强度随着石墨颗粒的细化而降低。

图(4~6)示出了石墨粒度对 Cu-Fe 基烧结摩擦材料摩擦磨损性能的影响。可见,随着石墨粒度的减小,材料摩擦系数的变化呈先增后减的趋势,在本文试验条件(压力为 1.3 MPa,滑摩功为 3 000 J/cm<sup>2</sup>)下,粗大的石墨具有较好的润滑性能,故摩擦系数低;当石墨较细时,由于氧化等因素的影响,润滑性能变

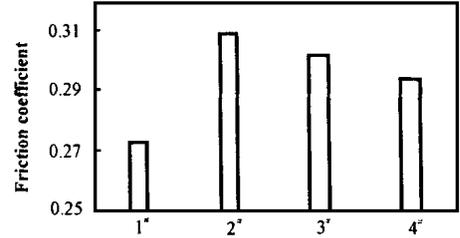


Fig 4 Effect of graphite particle size on friction coefficient

图 4 石墨粒度对摩擦材料摩擦系数的影响

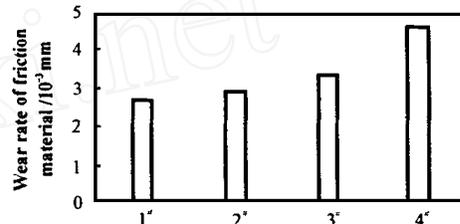


Fig 5 Effect of graphite particle size  
on wear mass loss of material

图 5 石墨粒度对 Cu-Fe 基烧结摩擦材料磨损量的影响

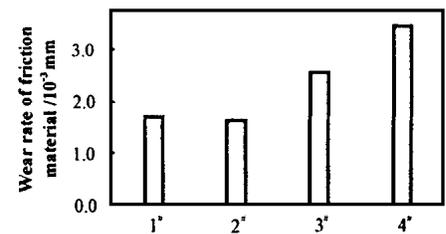


Fig 6 Effect of graphite particle size  
on wear mass loss of matching material

图 6 石墨粒度对偶件 20CrMo 钢磨损性能的影响

差,摩擦系数升高;当石墨粒度进一步细化,它在材料中造成的孔隙将会更多,材料的强度不断降低,且较易磨损,摩擦系数又有所降低。

石墨对材料及偶件磨损的影响几乎是单调的,即随着石墨粒度的细化,磨损质量损失增大。这是由于石墨颗粒越细,材料的强度越低,材料的磨损增大;而随着材料磨损的加剧,磨屑增多,偶件受到的磨粒磨损加剧,相应的磨损质量损失增大。

综上所述,摩擦材料中的石墨粒度对材料的性能具有一定的影响。故在进行摩擦材料设计时,应考虑选择适当粒度的石墨。对于本文所报道的 Cu-Fe 基烧结摩擦材料而言,选用表 1 所示的 2# 石墨样品,可以获得较好的综合性能。

### 3 结论

石墨的粒度影响 Cu-Fe 基烧结摩擦材料的性能。随着石墨粒度的细化, Cu-Fe 基烧结摩擦材料的硬度

增加, 强度降低, 磨损量增大, 摩擦系数也有所变化

### 参考文献:

- [ 1 ] 费多尔钦科. 现代摩擦材料[M]. 徐润泽等译. 北京: 冶金工业出版社, 1983
- [ 2 ] 松永正久主编. 固体润滑[M]. 范煜译. 北京: 机械工业出版社, 1986
- [ 3 ] 樊毅, 张金生, 王零森. 铁含量对 Cu-Fe 基摩擦材料性能的影响[J]. 摩擦学学报, 1999, 19 (3): 204~ 208
- [ 4 ] 美国金属学会主编. 金属手册[M]. 周光垓等译. 北京: 机械工业出版社, 1994
- [ 5 ] 谢希文, 过梅丽. 材料科学与工程导论[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1991
- [ 6 ] 黄培云. 粉末冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982

## The Influence of Graphite Particle Size on Friction and Wear Properties of Copper-Ferrous Matrix Friction Materials

FAN Yi, ZHANG Jin-sheng, GAO You, WU Fang, LU Bo-wei

(State Key Laboratory for Powder Metallurgy, Changsha 410083, China)

**Abstract:** The effect of graphite particle size on the friction and wear properties of Cu-Fe matrix friction materials has been investigated. The results show that, with decreasing graphite particle size, the hardness of the material increases and the strength decreases, while the wear rate of the friction material and matching material increases. It has also been found that the coefficients of friction ( $\mu$ ) changes slightly with decreasing graphite particle size.

**Key words:** graphite; particle size; Cu-Fe matrix friction material; friction and wear properties