

石墨在飞机粉末冶金刹车材料中的作用

五一四厂 李泽荣

一、概 述

飞机在着落刹车过程中摩擦偶将巨大的动能转变为热能(其中部分热量被磨损的粉末带走),致使摩擦表面瞬间温度可达 1200°C ,体积温度最高达 600°C 。为了防止摩擦偶表面(特别是与合金钢配偶)因高温粘结造成事故,为改善摩擦表面,降低磨损,稳定摩擦性能,目前国内外广泛应用价格便宜的鳞片状石墨作为刹车材料的高温润滑剂。本文仅就我们的试验结果分析和阐述石墨在飞机刹车材料中的作用。

二、 石墨的特性

石墨为六方晶形结构,在它的同一平面内相邻碳原子之间是以极强的共价键相连的,而层间碳原子联结强度比较小,所以层间劈开容易,同二硫化钼、滑石、云母、碳化硼一样是固体层状润滑剂^[1,2]。

石墨的熔点高达 2527°C ^[1]。导热系数大于铸铁、钢和铅,具有高的比热和小的线膨胀系数。石墨在 454°C 开始氧化生成 CO 或 CO_2 ,在 540°C 氧化速度加快。由于石墨的氧化,摩擦系数有所增加,磨损增大。石墨的润滑作用受水蒸汽及其它气体吸附层的影响较大,在真空中则失去润滑作用。

试验中采用的石墨为南墅石墨矿普通鳞片石墨。

三、 石墨在铁基粉末冶金刹车材料中的作用

铁基粉末冶金刹车材料利用石墨的特性防止高温时摩擦偶件粘结是非常有效的。此外石墨在一定范围内还能提高 f_{\min} (最小动摩擦系数),改善摩擦偶工作表面状况。由于部分石墨与铁作用生成碳化铁,从而使材料基体强化。

1. 石墨对摩擦系数的影响

试验表明,石墨含量在10%以下时,随着

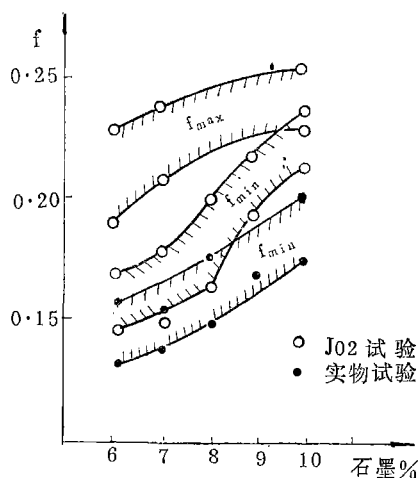


图1 石墨含量对摩擦系数的影响

含量的增加, f_{mir} 增高,每增加1%石墨,摩擦系数约增加 $0.02\sim 0.05$ (图1)。当含量在15~18%时, f_{\min} 值随石墨含量增加而降低(见表1)。

苏联曾对 $\Phi\text{MK}-11$ 材料的石墨含量进行了一系列试验(表2)^[3]。其结果与我们的试验

相似。

表 1 石墨含量对摩擦系数的影响

石墨含量 %(重量)	f_{max}	f_{min}
15	0.345	0.216
18	0.325	0.17

从图 1 和表 2 的数据可以看出, f_{min} 增值比最大摩擦系数 (f_{max}) 增值大, 因而稳定性好。

表 2 $\Phi MK-11-ЧНМХ$ 摩擦偶中
石墨对摩擦性能的影响
(ИМ-58 试验)

指标	石 墨 含 量 % (重量)									
	2.5	3.5	4	5	6	7	8	8.5	9	9.5
平均 摩擦 系数	0.180	0.180	0.190	0.190	0.190	0.240	0.240	0.240	0.240	0.26
稳 定 性	0.53	0.50	0.50	0.55	0.59	0.74	0.74	0.74	0.74	

石墨含量增加, 压制性能变坏, 混合料偏

表 4 石墨混合粒度对摩擦性能的影响

石 墨 含 量 %			试 验 条 件							
			$V=26.8$ 米/秒, $U_g=25400$ 公斤·米/公斤 $P=7.8$ 公斤/厘米 ²				$V=26.8$ 米/秒 $U_g=53700$ 公斤·米/公斤 $P=7.8$ 公斤/厘米 ²			
+50目	+80目	-100目	f_{max}	f_{min}	磨 损 毫米/面·次	表面 状 况	f_{max}	f_{min}	磨 损 毫米/面·次	表面 状 况
2	7	1	0.35	0.18	0	光亮摩擦层	0.38	0.18	0	光亮摩擦层
4	5	1	0.36	0.20	0.001~ 0.002	光亮摩擦层	0.40	0.21	0.01~ 0.015	表面破坏
6	3	1	0.35	0.21	0~0.0033	光亮摩擦层	0.30	0.18	0.009~ 0.024	一 般
8	1	1	0.35	0.19	—	光亮摩擦层	—	—	—	—
10	0	0	0.35	0.21	0~0.002	光亮摩擦层	0.38	0.21	0.002~ 0.007	一 般

加入 1 % - 100 目石墨是为了得到一定数量的珠光体组织。

在同样工艺条件下, 同一配方石墨的粒度增粗后, 硬度增加 (表 5), 可改善工艺性能。

试验采用 10 % - 100 目石墨时, 经常发现试样性能波动大, 重复性差。而采用 +50 目后, 性能稳定, 重复性好。

析大, 因而在配方中根据需要合理选择石墨含量是非常重要的。

2. 石墨粒度的影响

高温时石墨容易氧化。石墨愈细表面积愈大, 氧化速度愈快, 磨损也愈大。增粗石墨粒度有减缓氧化的趋势, 减少磨损, 改善摩擦表面 (表 3)。

表 3 石墨粒度对摩擦系数和摩擦表面的影响

石墨粒度 (10%含量)	f_{max}	f_{min}	磨 损 毫米/面·次	备 注
-100目	0.36	0.215	0.003~ 0.0048	表面质量稍好
+50目	0.36	0.210	0	表面形成光亮摩擦层

注: 试验条件: $V=26.8$ 米/秒; 单位重量动能 $U_g=25400$ 公斤·米/公斤; 比压 $P=7.8$ 公斤/厘米²。

曾对 +50 目、+80 目粒度石墨按不同比例进行了试验, f_{min} 有一定程度的变化, 变化最大的是摩擦表面和磨损 (表 4)。综合分析来看, 含 2 % +50 目, 7 % +80 目, 1 % - 100 目石墨的配比, 对于这一系列的配方是比较理想的。

表 5 石墨粒度对制品硬度的影响

石墨含量 %	石 墨 粒 度	硬 度 R_t
10	-100目	50~84
	+50目	79~91
15	-100目	34~45
	+50目	100

ZL-204合金热处理工艺研究

李文林 向启尧 崔国平 刘伯操

前 言

ZL-204 合金是我国自行研制成功的一种新的高强度铸造铝合金。其典型成分为: 5.0%Cu, 0.75%Mn, 0.25%Ti, 0.2%Cd, 其余为Al; 杂质含量规定: $Fe \leq 0.1\%$, $Si \leq 0.06\%$, $Mg \leq 0.05\%$ 。合金的铸造工艺性能与 ZL-201、ZL-202 合金相当, 适用于砂型铸造。T6 处理后的室温抗拉强度 σ_b : 46~53 公斤/毫米²; 屈服强度 $\sigma_{0.2}$: 34~44 公斤/毫米²; 延伸率 δ_5 : 4~9%; 硬度 HB: 135~144 公斤/毫米²。同时, 合金还具有良好的切削加工性能和焊接性能, 可以代替部分锻造铝合金用来制造承力结构件。1970 年以来, 先后进行了导弹框体、舵面, 以及大型壳体等一系列零件的生产试制, 在一定范围内得到了应用。

ZL-204 属于固溶强化合金。施以正确的热处理是达到高机械性能的重要保障。在试生产

过程中, 采用原热处理制度(T6: 淬火: 530±5℃, 9 小时; 再升到 540±5℃, 9 小时; 水冷。时效: 175±5℃, 3~5 小时。)有时零件产生过烧, 造成零件报废。另外, 在 T6 状态下合金的抗腐蚀性能较差, 也是限制合金推广应用的原因之一。为了扩大 ZL-204 合金的应用范围, 改善合金的抗腐蚀性能, 适应飞机及其它产品设计的需要, 通过试验研究, 确定了 ZL-204 合金新的热处理制度, 并测定了在该状态下合金的主要机械性能和抗腐蚀性能。

试验条件

研究用合金按暂行技术标准规定的成分范围配制了铜含量为上限、中限和下限的合金。

合金在电阻坩埚炉内熔炼, 用六氯乙烷(C₂Cl₆)精炼。在 710~720℃ 于湿砂型中浇注成直径为 12 毫米的试棒。淬火加热在空气循环电阻炉内进行, 时效在电热恒温箱内进行。利

S. K. Wellman 公司认为在重载飞机刹车材料中采用粗粒度的石墨有较理想的性能, 因而他们所采用的石墨中的 +80 目组分达 81%^[4]。

四、结 论

1. 石墨是飞机刹车材料中优良的、便宜的高温润滑物质, 它具有高的比热、导热系数和优良的抗粘结性能。

2. 石墨含量在 10% 以下时, f_{min} 随石墨含量的增加而增加; 15~18% 时 f_{mi} 随含量的增加而减少。石墨含量在 15% 以下时对 f_{man} 影响不大, 因而在这个范围内增加石墨可改善材

料的摩擦稳定性。

3. 粗粒石墨比细石墨有减缓氧化的趋势, 可改善工作表面、减少磨损、稳定性能、提高制品的硬度。适当粒度的混合对摩擦、磨损性能也有良好作用。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院兰州化学物理研究所固体抗摩材料编写组, 固体抗摩材料, 科学出版社, 1973。
- [2] Кант. физ. Мат. Наук С. А. Харламова, перевод. Основы и применения трибоники. Издательство Мир, 1978。
- [3] Хазанов И. И. Эксплуатационная Надежность авиационных Колес, Москва, Транспорт, 1974。
- [4] 澳大利亚专利, A Heavy duty friction product, 48558/59。