

**JB**

# 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6650—93

---

## 飞机刹车用 烧结金属摩擦片和对偶片

1993-05-07 发布

1994-01-01 实施

---

中华人民共和国机械工业部      发 布

飞机刹车用  
烧结金属摩擦片和对偶片

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了飞机刹车用烧结金属摩擦片和对偶片的材料牌号、试验方法和检验规则、包装、运输和贮存。

本标准适用于飞机刹车用烧结金属摩擦片和对偶片。

## 2 引用标准

GB 3850	致密烧结金属材料与硬质合金密度测定方法
GB 4309	粉末冶金材料分类和牌号表示方法
GB 10421	烧结金属摩擦材料 密度的测定
JB 3064	粉末冶金摩擦材料化学分析方法
HB 5434.3	般空刹车材料硬度测定方法
HB 5434.5	航空刹车材料压缩强度测定方法
HB 5434.6	航空刹车材料弯曲强度测定方法
HB 5434.9	航空刹车材料拉伸强度测定方法
HB 5434.10	航空刹车材料与钢背结合质量及烧结后钢背塑性检验方法
ZB H72 007	烧结金属摩擦材料金相检验法

## 3 材料的牌号和标记

3.1 材料的牌号和标记按 GB 4309 规定。

3.2 飞机刹车用烧结金属摩擦材料和对偶材料品种见表 1。

表 1

序号	材料牌号	对 偶 材 料
1	F1001H	MT1.HHMX
2	F1002H	MT1.F1004H
3	F1003H	30CrSiMoVA.F1004H
4	F1004H	F1104H
5	F1101H	30CrSiMoVA
6	F1102H	1Cr18Ni9Ti
7	F1103H	904.T1
8	F1104H	F1004H.30CrSiMoVA

## 4 技术要求

4.1 飞机刹车用烧结金属摩擦片和对偶片应符合本标准的规定。

4.2 材料的化学成分应符合表 2 规定。

4.3 材料的密度应符合表 3 规定。

4.4 材料的力学性能应符合表 4 规定。

表 2

序号	材料牌号	Fe	Cu	Sn	Pb	MoS <sub>2</sub>	石墨	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	石棉
1	F1001H	余	12~18	—	—	—	5~9	3~6	—	2~5
2	F1002H	余	8~15	—	—	—	5~8	2~5	—	2~5
3	F1003H	余	—	3~6	2~6	2~6	10~15	3~6	3~6	—
4	F1004H	余	—	—	—	—	—	—	—	—
5	F1101H	10~14	余	2~6	2~5	2~6	5~10	4~8	—	—
6	F1102H	—	余	2~6	2~6	—	10~13	4~8	—	—
7	F1103H	8~12	余	3~7	3~7	2~6	6~12	4~8	2~4	—
8	F1104H	20~25	余	0.5~2	—	0.5~3	10~12	2~4	2~4	—
序号	材料牌号	BaSO <sub>4</sub>	Ni	Zn	MnFe	CrFe	MoFe	SiMnFe	SiFe	C
1	F1001H	5~10	—	—	—	—	—	—	—	—
2	F1002H	5~10	—	—	—	—	—	—	—	—
3	F1003H	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	F1004H	—	0.2~1.2	—	0.5~0.9	0.1~0.4	0.1~0.4	—	1.0~1.3	3.6~4.0
5	F1101H	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	F1102H	—	3~7	2~5	2~5	—	—	—	—	—
7	F1103H	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	F1104H	—	—	—	—	—	2~4	2~4	—	—

表 3

序 号	材料牌号	密 度 g/cm <sup>3</sup>
1	F1001H	5.8~6.2
2	F1002H	5.6~6.0
3	F1003H	5.0~5.4
4	F1004H	6.4~6.7
5	F1101H	6.0~6.4
6	F1102H	5.5~5.9
7	F1103H	6.0~6.3
8	F1104H	5.0~5.4

表 4

序号	材料牌号	拉伸强度 MPa	压缩强度 MPa	冲击韧性 kJ/m <sup>2</sup>	表面硬度	粘结性
1	F1001H	49~69	294~343	—	HRF75~100	良好
2	F1002H	49~69	294~343	—	HRF75~100	良好
3	F1003H	57~79	235~284	5~6	HRF70~100	良好
4	F1004H	245~480	834~1079	30~35	HB160~240	良好

续表 4

序号	材料牌号	拉伸强度 MPa	压缩强度 MPa	冲击韧性 kJ/m <sup>2</sup>	表面硬度	粘结性
5	F1101H	20~39	226~245	7~8	HB40~65	良好
6	F1102H	29~49	—	—	HB30~55	良好
7	F1103H	20~39	245~294	—	HB40~60	良好
8	F1104H	29~49	196~294	11~16	HB40~70	良好

#### 4.5 材料的摩擦磨损性能

4.5.1 F1001H、F1002H、F1003H、F1004H 摩擦热稳定性能试验、摩擦磨损性能见图 1、图 2、图 3 和表 5。

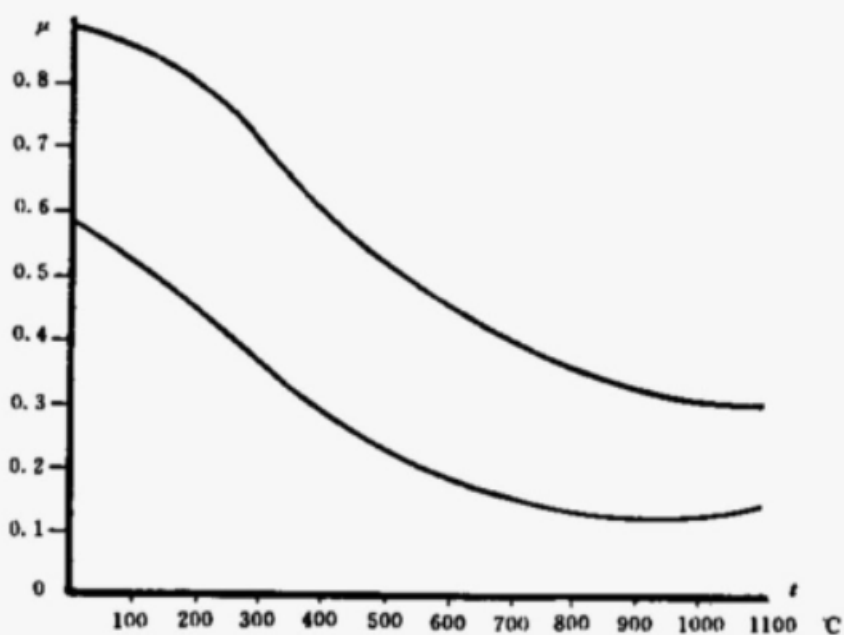


图 1 F1001H、F1002H 材料摩擦系数与温度关系曲线

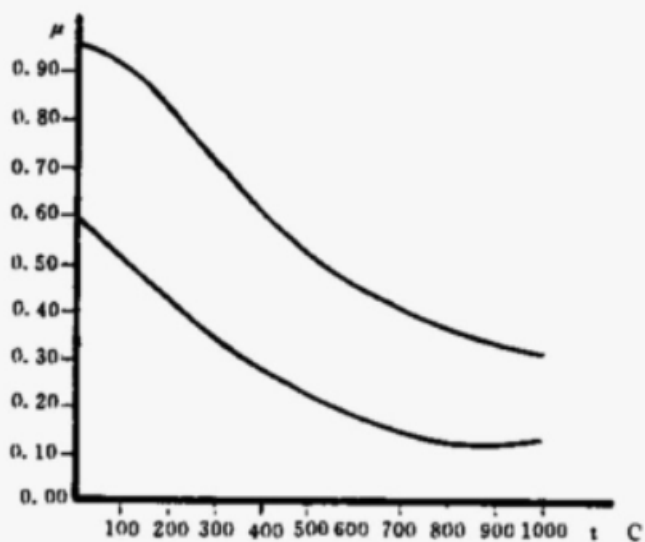


图 2 F1003H 材料的摩擦系数与温度关系曲线

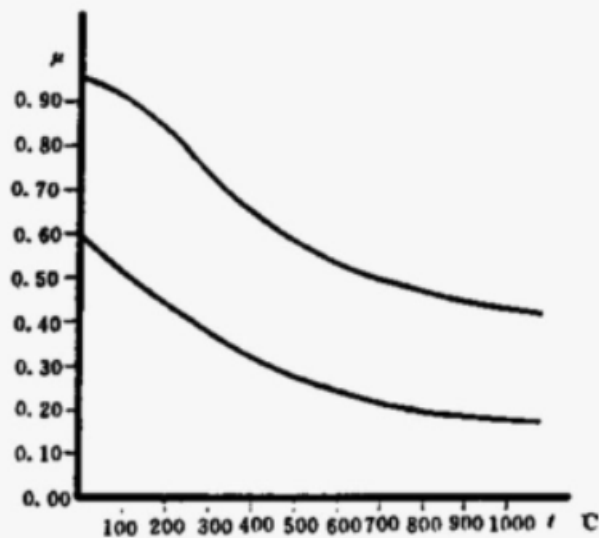


图 3 F1004H 与 F1003H 材料摩擦系数与温度关系曲线

表 5

材料牌号	对偶牌号	试 验 条 件			磨 损 量 mm	
		比 压 MPa	转 速 r/min	时 间 mm	材 料	对 偶
F1001H	MT1.4HMX	1.47	0~5000	8~15	≤1.5	≤0.5
F1002H	MT1.F1004H				≤1.5	≤0.5
F1003H	30CrSiMoVA				≤0.5	≤0.5
F1004H	F1003H				≤0.7	≤1.3

4.5.2 F1101H、F1103H、F1104H 热冲击模拟刹车试验摩擦磨损性能见表 6。

表 6

材料牌号	对偶牌号	试 验 条 件			平无摩擦系数	磨 损 量 mm	
		比压 MPa	速度 m/s	转动惯量 kg.m²		材 料	对 偶
F1101H	30CrSiMoVA	0.47	23.8	0.18	≤0.20	≤0.008	≤0.003
F1103H	T1.904	0.98	14.3	0.25	≤0.15	≤0.018	≤0.006
F1104H	F1004H	0.57	25.8	0.25	≤0.28	≤0.008	≤0.008
F1104H	F1004H	0.64	26.6	0.28	≤0.30	≤0.07	≤0.02

4.5.3 F1102H 材料与 1Cr18Ni9Ti 对偶的摩擦磨损性能见表 7。

表 7

试验状态	试 验 条 件			平均摩擦系数
	比 压 MPa	速 度 m/s	转动惯量 kg·m <sup>2</sup>	
未 腐 蚀	0.39	1.0	0.431	0.48
		2.9		0.47
		4.9		0.47
	0.79	1.0	0.431	0.50
		2.9		0.44
		4.9		0.40
	1.18	1.0	0.431	0.42
		2.9		0.34
		4.9		0.32
	1.57	1.0	0.431	0.40
		2.9		0.33
		4.9		0.32
海水腐蚀后	0.39	1.0	0.431	0.59
		2.9		0.48
	0.79	1.0	0.431	0.50
		2.9		0.43
	1.18	1.0	0.431	0.38
		2.9		0.35
	1.57	1.0	0.431	0.40
		2.9		0.38

- 4.6 未注公差按 HB 5800 的规定。
- 4.7 工作表面的粗糙度  $R_a$  值为  $1.6\mu\text{m}$ 。
- 4.8 在无倒角边缘不允许有目视可见裂纹、碰伤、凹坑及锈蚀。
- 4.9 允许有不大于 3 mm 的粉末层局部脱落。

5 试验方法

- 5.1 材料化学成分按 JB 3064 规定进行测定。
- 5.2 飞机用烧结摩擦材料密度按 GB 10421 规定进行测定。
- 5.3 飞机用烧结摩擦材料 F1004H 材料的密度按 GB 3850 进行测定。
- 5.4 表观硬度按 HB 5434.3 测定。
- 5.5 拉伸硬度按 GB 5434.9 测定。
- 5.6 弯曲硬度按 GB 5434.6 测定。
- 5.7 压缩硬度按 GB 5434.5 测定。
- 5.8 粘结质量按 GB 5434.10 检查。
- 5.9 摩擦热稳定性能试验

5.9.1 试验目的

测定摩擦系数随温度、速度变化的状态,以此评定摩擦材料热稳定性能的优劣。

5.9.2 试验设备

## MM—1000 摩擦试验机

## 5.9.3 试样规格

$$D \times d = \phi 28 \times \phi 20$$

## 5.9.4 试样条件

热稳定试验条件见表 8。

表 8 热稳定试验条件

项 目	符 号	单 位	数 值
比压	$p_s$	MPa	15
转速	$n$	r/min	100~5000
持续时间	$t$	min	8~15

## 5.9.5 试验方法

## 5.9.5.1 磨合

在正式试验前,先对摩擦副表面进行磨合,磨合使用单位刹车压力  $p_s = 12 \sim 15$  MPa 和温度不超过  $120^\circ\text{C}$  的转速下进行,磨合质量以目视两个试样表面 80% 以上面积出现磨痕为准。磨合完成后,用精度为  $0.01$  mm 千分尺在 2 等分位置测量并记录试样初始厚度,并做好位置标记。

## 5.9.5.2 试验

按产品图样规定的转速,由低向高顺序进行,单位刹车压力  $p_s = 15$  MPa,每级转速、持续时间按产品图样条件规定,试验连续进行,中间不拆卸试样。在按产品图样条件规定的时间点,记录每级转速的刹车力矩曲线、试样体容温度,并根据力矩曲线计算所记录温度时的摩擦系数值,绘制在报告单中的曲线图上。

## 5.9.5.3 分解检查

当试样冷却至室温时,在 5.9.5.1 条规定的标记位置上测量试样的厚度,并将其值与试验后表面状态填在试验报告单中。

## 5.9.6 试验结果处理

## 5.9.6.1 摩擦系数按式(1)计算:

$$f = \frac{4M_s}{p(D_s + d_s)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $f$ ——摩擦系数;

$M_s$ ——制动力矩, N·m;

$p$ —— $p_s F_F$ , N;

$p_s$ ——刹车比压, MPa;

$F_F$ ——试样环形面积,  $\text{cm}^2$ ;

$D_s$ ——试环外径, m;

$d_s$ ——试环内径, m。

## 5.9.6.2 磨损量按式(2)计算:

$$I = h_0 - h \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $I$ ——总磨损量, mm;

$h_0$ ——试样磨合后厚度, mm;

$h$ ——试样试验后厚度, mm。

## 5.9.7 试验结果评定

## 5.9.7.1 摩擦材料与对偶材料的总磨损量应符合产品图样规定。

## 5.9.7.2 摩擦系数应符合产品图样规定。

## 5.10 热冲击模拟刹车试验

## 5.10.1 试验目的

模拟使用刹车时的热冲击状态,测定摩擦材料的摩擦系数、摩擦系数的稳定性、磨损,以评定摩擦材料的性能。

## 5.10.2 试验设备

MM-1000 摩擦试验机

## 5.10.3 试样规格

$$D \times d = \phi 75 \times \phi 53$$

## 5.10.4 试验条件

热冲击试验条件见表 9。

表 9 热冲击试验条件

项 目	代 号	单 位	数 值
比压	$p_s$	MPa	按产品图样规定
转速	$n$	r/min	按产品图样规定
飞轮转动惯量	$J$	kg·m <sup>2</sup>	按产品图样规定
试验次数			10

## 5.10.5 试验方法

## 5.10.5.1 磨合

正式试验前,先对摩擦副表面进行磨合,磨合条件不高于 5.10.4 条规定,磨合质量以目视观察摩擦副表面 80% 以上面积上出现磨痕为止。磨合完后,用精度为 0.01 mm 的千分尺在 3 等分位置测量试样初始厚度,并做好位置标记。

## 5.10.5.2 试验

按表 9 规定的试验条件进行 10 次模拟刹车试验,每次均需记录力矩与时间的变化曲线。对试验过程中的重要现象如变色、火花、崩块、尖叫声等应做记录。

每次试验后,试验表面强制空冷到 50℃ 以下,方可进行下一次试验。

## 5.10.5.3 分解检查

当试样冷却至室温状态时,在 5.10.5.1 条规定的标记位置上测量试样厚度,并将其值与试验后表面状态填在试验报告单中。

## 5.10.6 试验结果处理

## 5.10.6.1 平均刹车力矩按式(3)计算:

$$\bar{M}_s = \frac{\int_0^L M_s dL}{L} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $\bar{M}_s$ ——平均刹车力矩, N·m;

$L$ ——刹车距离, m;

$M_s$ ——刹车力矩, N·m。

在数据处理未采用计算机时,允许将力矩曲线按时间等分成 10 个区间,取其各等分区间对应力矩的平均值计算平均力矩值,计算按式(4)。

$$\bar{M}_s = \frac{\sum_{i=1}^{10} M_i}{10} \dots\dots\dots (4)$$

## 5.10.6.2 力矩稳定系数按式(5)计算:

$$\alpha = \frac{\overline{M}_s}{M_{s \max}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $\alpha$ ——力矩稳定系数;

$M_{s \max}$ ——最大刹车力矩, N·m。

5.10.6.3 摩擦系数按式(1)计算。

5.10.6.4 力矩峰比按式(6)计算:

$$\gamma = \frac{M_{s \max}}{M_{s \min}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $\gamma$ ——力矩峰比系数;

$M_{s \min}$ ——最小刹车力矩, N·m。

5.10.6.5 磨损量按式(7)计算:

$$\Delta I = \frac{I}{n} \dots\dots\dots (7)$$

式中:  $\Delta I$ ——每次刹车平均磨损量, mm;

$I$ ——总磨损量, mm;

$n$ ——总刹车总次数。

5.10.7 试验结果评定

5.10.7.1 摩擦材料与对偶材料的每次刹车平均磨损量符合产品图样条件规定。

5.10.7.2 在 10 次刹车试验中, 取第 8、9、10 次力矩曲线计算平均摩擦系数, 其值应符合产品图样条件规定。如遇试验记录系统故障或操纵失误情况, 允许任取连续三条力矩曲线计算平均摩擦系数。并在试验报告中注明。

## 6 检验规则

### 6.1 硬度

6.1.1 以烧结炉批为检验批次。

6.1.2 扇形片为隔两层取样, 规则为 2、5、8、11……顺序, 该试样状态代表相邻两层烧结制品状态。

6.1.3 第一次取样试验不合格, 允许取双倍数量重做, 如仍不合格则该试样所代表的炉层的烧结制品不合格。

### 6.2 密度

6.2.1 根据不同材料技术要求进行, 对于进行抽检的材料每年进行两次。

6.2.2 取样方法为随机取样。

6.2.3 第一次取样试验不合格, 允许取双倍数量重做。如仍不合格则该试样所代表的炉批为不合格, 后续生产每炉批均应进行检查, 直至连续 10 炉以上合格后才能判为质量稳定而停止每炉批抽样检查。

### 6.3 热稳定性性能试验

6.3.1 以烧结炉批为检验批次。

6.3.2 每炉批上、中、下三个炉区各取 1 个试样, 该试样状态分别代表上、中、下三个炉区的烧结制品状态, 质量稳定后允许每炉取 1 个试样。

6.3.3 第一次取样试验不合格, 允许取双倍数量重做, 如仍不合格则该试样所代表炉区的烧结制品不合格。

### 6.4 热冲击模拟刹车试验

6.4.1 以烧结炉批为检验批次。

6.4.2 每炉上、中、下三个炉区各取一扇形片(大盘整体烧结时允许在最上一层放置专用试样片)组合制成试样。

6.4.3 第一次取样试验不合格, 允许取双倍数量重做, 如仍不合格则试样所代表的炉批不合格。

### 6.5 粘结质量

- 6.5.1 以烧结炉批为检验批次。
- 6.5.2 随机取样(大盘整体烧结时,允许在最上一层放置专用试样)。
- 6.5.3 第一次取样试样不合格则该试样所代表的炉批不合格。
- 6.6 硬度、密度、摩擦磨损性能、粘结质量等项不合格的烧结制品允许进行返烧,返烧次数应符合产品图样规定。

## 7 标志、包装、运输和贮存

- 7.1 飞机刹车用烧结金属摩擦片、对偶片在包装前应按产品图样规定清洗干净,进行防锈处理。
- 7.2 产品经检验合格后方可用结实不透水的中性纸或塑料袋进行包装。
- 7.3 包装用木箱要保证在正常运输条件下不损坏。
- 7.4 自出厂之日起正常贮存保管期不超过两年,贮存库房应通风干燥。
- 7.5 包装箱内要附有产品出厂合格证明书和装箱单。
- 7.6 包装箱外应注明产品名称、图号、制造厂、出厂日期、收货单位、收货地址及装箱数量。
- 7.7 每箱总重不超过 25 kg。

---

### 附加说明:

本标准由北京市粉末冶金研究所提出并归口。

本标准由北京摩擦材料厂负责起草。

本标准起草人王 树。

中 华 人 民 共 和 国  
机 械 行 业 标 准  
飞 机 刹 车 用  
烧 结 金 属 摩 擦 片 和 对 偶 片

JB/T 6650—93

机械工业部机械标准化研究所出版发行  
机械工业部机械标准化研究所印刷  
(北京 8144 信箱 邮编 100081)

版权专有 不得翻印

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 18,000  
1993 年 10 月第一版 1993 年 10 月第一次印刷  
印数 00,001—500 定价 6.00 元

编号 1162