

# MM—1000 摩擦磨损试验机主动端轴系的改进设计

潘荣明\* 陈晋新

(杭州粉末冶金研究所,浙江 311200)

**摘要** 对该机原主离合器的结构及其工作性能对测试精度的影响进行了分析,提出了对主离合器的改进设计,并设计了可控自动加力装置代替原测静摩擦系数时人工扳转主轴。改进后的试验机与美国 SAE No. 2 离合器摩擦试验机性能相近。还探讨了打滑线速度对静摩擦系数的影响。

**主题词** 摩擦磨损 电磁离合器

## 1 引言

MM—1000 摩擦磨损试验机是我国 60 年代开始生产,目前在我国的摩擦材料及其制品的科研和生产单位中使用广泛。长期以来一直作为摩擦材料及其制品的性能检测的主要设备之一,在科研和生产中发挥着重要作用。

MM—1000 摩擦磨损试验机是作干式摩擦磨损试验之用,在被动端换装湿式磨头之后亦可用作湿式摩擦磨损试验之用。随着测试及控制技术的进步,该机的生产厂家及有的科研单位对该机的测试元件、仪器、仪表和控制系统方面逐步作了相应的改进。如控制系统方面,早先用单板机,现在大都改为计算机控制。测试结果亦用计算机打印参数、画图表曲线,并能直接在屏幕上同步显示。但在该机的机械结构方面基本上尚没有什么改进,使得该机的落后的机械结构与先进的测控系统不相匹配。本所是最早使用该机的单位之一。在使用过程中发现主离合器在工作过程

中不能令人满意,接排时间长,有时甚至达不到所需转速;脱排不彻底,带排扭矩大而输出不稳定。许多科研单位和生产厂家一直在寻求解决办法,但尚未获得满意的效果。此外,该机在测静摩擦系数时,需人工扳动主轴端回转来实现,这与先进的计算机显得很不协调。该机的上述两点不足,必须在主动端轴系上进行改进设计来求得解决。

## 2 原离合器的结构分析及其改进设计

该机原主离合器的工作原理是(结构见图 1):接到控制信号,使磁轭线圈 4 通电,吸铁吸合 6 拨叉一端,经杠杆作用将力放大,拨叉头部各装一小滚珠轴承 12,两轴承对称地嵌入在主轴上滑动的 7 滑动套的环槽内,使滑动套前移。7 滑动套头部内孔装有等分分布的三根短销 8,短销分别伸入主轴上三等分槽内,主轴三等分槽内各有一根楔块 13,楔块一端侧面是斜面,楔块中部有一销 14 与主轴相联,一端为偏心凸缘,当件 7 前移时,8 短销在楔块斜面上滑移,使件 13 楔块在槽内

\* 潘荣明,高级工程师,从事机械设计、工艺及非标设备的设计工作。

收稿日期:1993.9.27.

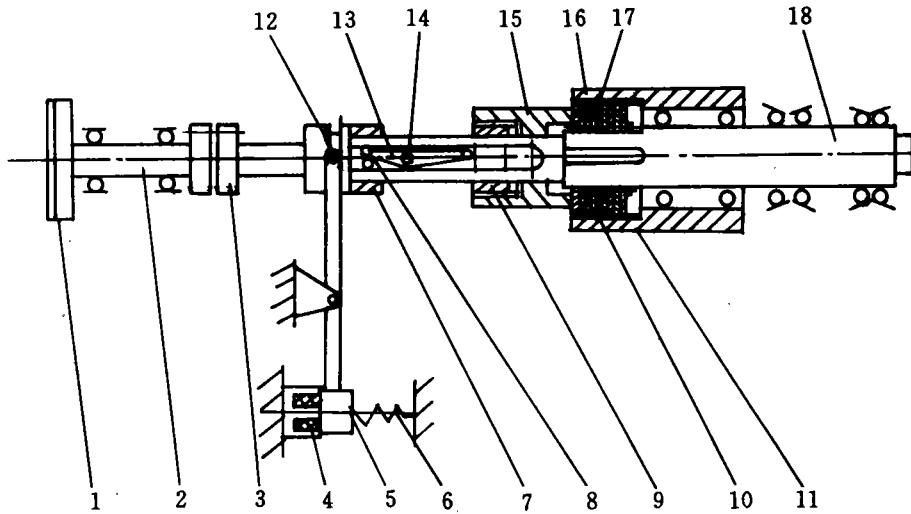


图1 该机原主离合器的结构

Fig. 1 Structure of original main clutch in the tester

1. 惯量轮 2. 后轴 3. 联轴节 4. 磁轭 5. 拨叉 6. 弹簧 7. 滑套 8. 短销 9. 花键套 10. 皮带轮  
11. C形钢丝 12. 小轴承 13. 楔块 14. 销 15. 压紧套 16. 内摩擦片 17. 外摩擦片 18. 主轴

摆动，其一端凸缘亦摆过一个角度，使凸缘端部在轴线方向前移一段距离推动件9花键套也前移一段距离，件9花键套与件15压紧套螺丝相联（用于调节摩擦片间间隙），由于压紧套的前移就使摩擦片内片16和外片17压紧，通过摩擦片间滑摩而逐渐将皮带轮转速传至主轴，使其转速同步。皮带轮转速由调速电机转速决定。当达到指定转速时，磁轭线圈断电，拨叉在弹簧力作用下复位，拨叉带动件7、8后移，件13楔块复位，件15后移，摩擦片内片16和外片17间压紧力消失。两内片间有一C形钢丝弹簧，使内片相互撑开。至此完成一次循环。

从上述的结构中可以看出，由于受结构限制，在压紧时件13楔块在槽内的摆角很小，其凸缘推动压紧套的行程很短（小于1mm），又由于摩擦片在皮带轮孔内，其直径较小，为了传递一定扭矩，其片数就多（内外片各约8片）。这么小的压紧行程对于单片摩擦片来说，是很可以的，但对多片摩擦片来说，每片分到间隙就过小，又加上C形钢丝

弹簧力又弱，导致使用一段时间后，因传力部件磨损，摩擦片的磨损及高速旋转的离心力（此机额定最高转速9000r/min）就使摩擦片接排和脱排不灵敏。这样，会使接排时间延长，摩擦片发热严重，受结构限制其散热也慢，加剧了摩擦片的磨损。该离合器主要不足之处有：（1）接排时间长，有时甚至达不到指定转速；（2）脱排不彻底，带排扭矩大且输出不稳定，影响了该机使用性能和测试精度；（3）离合器摩擦片磨损较快，操作者需经常调整压紧套间隙和调换摩擦片，很是不便。

综上所述，要克服原离合器缺点，须使改进后离合器具备：（1）接排可靠；（2）脱排彻底，带排扭矩尽量小或没有；（3）不需经常调整和调换摩擦片。为此，作者用了近3年时间，对比各种能在其上使用的离合器结构，分析其优缺点，认为电磁离合器较好，尤其是无轴承铁基摩擦层单片电磁离合器最理想。除能满足上述三点外还提高了工作频率，提高了测试效率。由于市场上买不到这种离合器，所以对这种离合器进行了试制。经近1年的

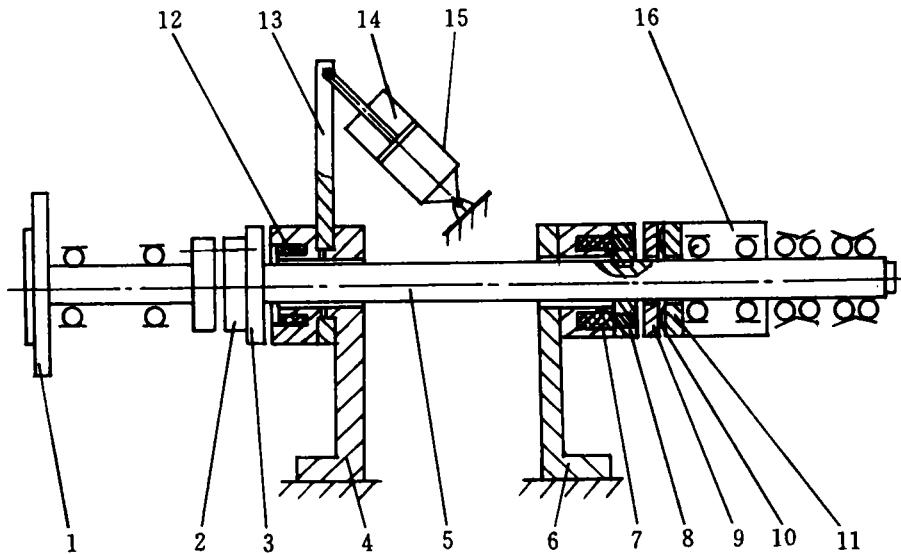


图 2 改进后的主离合器的结构

Fig. 2 Structure of main clutch after improvement

- 1. 惯量轮 2. 联轴节 3. 牙嵌式离合器动片 4. 角铁 5. 主轴 6. 角铁 7. 磁轭
- 8. 摩擦盘 9. 对偶片 10. 弹簧片 11. 隔磁板 12. 牙嵌式离合器磁轭 13. 摆臂
- 14. 活塞 15. 气缸 16. 皮带轮

实际运行,完全达到了设计要求。

其结构及工作原理简述如下(见图 2 右端部分):磁轭固定在固联于机身的 6 角铁上,接到控制信号后,7 磁轭线圈通电,并产生磁场,其磁路一端经磁轭内环越过气隙到达 8 摩擦盘内环及其表面铁基摩擦层。另一端磁路经磁轭外环越过气隙到达 8 摩擦盘外环及其表面铁基摩擦层。8 摩擦盘固定于主轴上。8 摩擦盘内外环间焊有不锈钢板隔磁,不锈钢板表层没有烧结铁基摩擦层。此时,磁路吸力克服件 10 弹簧片弹力将件 9 摩擦对偶片吸合,磁路通过对偶片而闭合。件 10 弹簧三点固定在 9 件上,三点固定在件 11 隔磁板上,隔磁板固联在皮带轮上。皮带轮扭矩通过件 11、9、8 传至主轴,经过一段时间后件 8 和 9 没有相对滑动,皮带轮和主轴达到同步转速(皮带轮转速是设定的)。此时,磁轭线圈断电,件 8 和 9 在件 10 弹簧力作用下分离,

完成一次循环。由于 8 和 9 间隙在 0.5mm 以上,所以脱排彻底,又由于离合器中没有轴承,带排扭矩也没有,其工作频率亦大大提高,在惯量不很大时,可达到每分钟 8 次。这是原离合器不可比的,而且在高速时工作,也十分可靠。原离合器在高速时的接排和脱排是较困难的(大于 3000r/min)。磁轭线圈的参数在设计时要考虑到摩擦盘与磁轭间的气隙较大(考虑到装配及加工难度,以及在高速时的振动,气隙必须留得足够大),且铁基摩擦层的密度较低,而与对偶片间隙也较大,所以选用参数时要偏大些(计算从略)。此外,磁轭由线圈的工作电压分成几档,作成可调节。这样摩擦片间的比压就可调节,可根据不同工况和惯量要求作适当调整,使摩擦盘与对偶片的滑磨时间适宜,并使离合器工作比较柔和。

### 3 测静摩擦系数的加力装置设计

对该加力装置的要求:(1)能联机(计算机控制)控制;(2)使测静摩擦系数时的静态滑磨速度是可调节的。在被动端改成湿式磨头后也能测湿式第一、第二静摩擦系数。使该机的性能与美国 SAE No. 2 离合器摩擦试验机相近。按美国 ASTMB461 标准规定:第一静摩擦系数的测定条件为:在动摩擦系数测试完成后,不卸压情况下尽可能快地测定摩擦副再打滑时的静摩擦系数。第二静摩擦系数的测定条件为:在测定第一静摩擦系数后,卸去压力 60s 后,加压测定打滑时的静摩擦系数。

此加力装置的结构及其工作原理(见图 2 左端部分);气缸工作介质是压力较高氮气,瓶装氮气经减压阀减压后再经节流阀通入气缸。气缸工作速度可由节流阀调节。活塞杆与件 13 摆臂交联,件 13 摆臂与件 12 牙嵌式离合器磁轭固联,并可在件 4 角铁孔中回转,角铁孔与主轴同心。当控制信号使磁轭线圈通电,件 12 将件 3 牙嵌式离合器动片吸合。件 3 动片与件 2 联轴节凸键联结,联轴节内有三小磁铁,不工作时将动片吸合在联轴节上。此时,气阀打开,活塞 14 移动,推动摆臂回转,带动牙嵌式离合器回转,经联轴节使主轴回转,实现测静摩擦系数的动作。当测试结束时,磁轭线圈断电,牙嵌式离合器动片在磁轭内三弹簧推动下返回,由联轴节上三小磁铁吸牢不动。联轴节是不锈钢制造。同时,活塞返回,摆臂复位,完成一次循环。

上述系统必须要做高速动平衡校验,使得在高速试验时不会有较大振动,影响试验。主动端轴系的所有零部件都重新设计制造。

#### 4 改进结果

MM-1000 摩擦磨损试验机主动端轴系的改进设计,使该机在整体性能上达到更完善。在测控系统换上电子计算机后相得益彰,使其性能与美国 SAE No. 2 离合器摩擦试验

机相近,并可等效美国 ASTMB461 标准规定。

主离合器的改进设计,使以往做高速试验非常困难变成很平常,且摩擦片寿命长,不需要经常更换,接排时间短,脱排彻底,工作频率大大提高,缩短了测试时间,提高了工作效率。由于没有带排扭矩,测试的精度提高,数据更精确,其一是测摩擦系数的两公式计算值误差更小。如 JB3063-82 标准中规定,平均摩擦系数  $\mu$  按以下两式计算都可以:

$$\mu = \frac{M}{P \cdot R} \quad (10)$$

$$\mu = \frac{2\pi \cdot n \cdot I}{60P \cdot R \cdot t} \quad (11)$$

式中: M—平均摩擦力矩,N·m

n—转速,r/min

I—转动惯量,kg·ms<sup>2</sup>

P—作用于试样总压力,N

R—试样内外圆的平均半径,m

t—制动时间,s。

按上述两个公式算出的  $\mu$ ,在用原离合器时,两者间可能有较大的差值,这是由于式(11)中分母有制动时间 t,而这 t 与脱排后带排扭矩有较大关系。由于带排扭矩使制动时间 t 延长而使  $\mu$  值变小。其二是磨损率,磨损率是单位摩擦功下的体积磨损量,由于受主离合器带排扭矩的影响,每次吸收功要比设定值大,因而影响了磨损率数据的准确性。

测静摩擦系数时,打滑速度对其值有较大影响。ASTMB461 试验方法未作任何说明,美国 SAE No. 2 离合器试验机试验程序则规定转速取 0.72r/min,亦有其他国家规定最大打滑线速度小于或等于 5mm/s。试验表明打滑速度对静摩擦系数有较大影响(见表 1)。所以对不同尺寸的试验片就有不同线速度。设计的加力装置应满足打滑线速度的要求,能在较宽范围内可以无级调速。

表 1 摩擦片打滑线速度对静摩擦系数的影响

Table 1 Influence of slip linear speed of friction wafer on static friction factor

转速, r/min.	0.034	0.054	0.067	0.112	0.155	0.252	0.372	0.503	0.720	1.006
平均线速度, mm/s	0.37	0.57	0.70	1.17	1.62	2.64	3.90	5.27	7.54	10.53
静摩擦系数, $\mu_s$	0.15	0.148	0.145	0.143	0.141	0.136	0.132	0.130	0.128	0.127

## IMPROVED DESIGN OF DRIVE SHAFT AND SYSTEM IN MM—1000 FRICTION AND ABRASION TESTERHT

Pan Rongming Chen Jinxin

(Hangzhou Powder Metallurgy Research Institute, Zhejiang 311200)

**Abstract** The paper has analysed the influence of the structure of original main clutch in tester and its performance on testing accuracy, put forward an improvement design for main clutch and designed a controllable automatic device for force increment substituting for manual converting main shaft, originally used for testing static friction factors. The properties of the tester improved approach to those of SAE No. 2 friction tester for clutch. Furthermore, the influence of slip linear speed on static friction factor has been discussed.

**Key Words** friction abrasion electromagnetic clutch

· 动态 ·

## 德国 Demag 公司的新发展

Mannesmann Demag Hiittentechnik Meer 粉末冶金制品集团出售的制品包括铁粉、钢粉及其制品,以及用于将粉末压制成烧结件的 20000kN 液压机,由烧结钢制造的具有复杂几何形状及高强度的零件例如定时皮带轮和同步器毂主要用于汽车工业。该制品集团在机械和材料方面富有革新精神,提出了很多开发项目和解决办法。

Meer 最近制造的 HPME2 系列 CNC 粉末液压机装备有多达 12 个控制轴,其中 5 个有活套控制。通过使用专门工具和接合器技术可生产形状复杂的多台阶形零件,而且生产效率高和质量均衡。与传统工具工艺相比,这种新发展的带有控制冲头运动的“控制冲头接合器”装置能直接生产接近成品形状的零件。与锻钢相反,烧结钢的特征是密度较低,因为它具有 8%~10% 的残留孔隙度。因而限制了它的强度和韧性,也限制了应用上的多样性。该制品集团虽然开发出了可热处理的烧结钢,但在出售的烧结材料中仍然是强度约为 1000N/mm<sup>2</sup> 的材料居多。

该制品集团扩大了应用烧结制品的品种,增加了用粉末冶金法生产的高应力元件,例如客运汽车结构件中承受高冲击应力的烧结活塞杆(MSP-1.5Mo 材料)。另一项值得注意的革新是 MSP-3.5Mo 材料,可用简单的方法将其加工成具有几乎是理论密度的元件(残留孔隙度为 2%~3%)。该制品集团还看到了将这种材料用于制造高应力和抗腐蚀烧结钢元件的可能性,例如可用于制造齿轮箱的各种齿轮等元件。

王俊民摘自 Metallurgical News Letter by MDH 1994. No. 1