

氟橡胶封严皮碗故障分析

四一〇厂 赵振国

六二一所 路普春

一、前言

某型发动机减速机匣中与传动轴偶合的FX-2氟橡胶封严皮碗,装机试飞至20小时18分钟时,相同使用部位的四个皮碗中有一个发生严重漏油。经分解检查:皮碗刃口沿旋转轴成 45° 角方向出现锯齿状裂口,有两处撕口长达3毫米(见图1)。

产生皮碗破损的原因可能很多,如:①FX-2氟橡胶材质问题;②FX-2氟橡胶不适用于这样的温度、压力和介质;③旋转轴的表面质量和装配质量差;④皮碗与轴的偶合不当;⑤润滑条件不合适。经反复分析认为:同批材料同批产品中的几个皮碗只破损一个,这就排除了第一和第二种可能性;破损皮碗偶合的旋转轴表面光洁度、跳动量和偏心率基本合乎要求,这就排除了第三种可能性;只有第四和第五种可能性尚未摸清。因此比较深

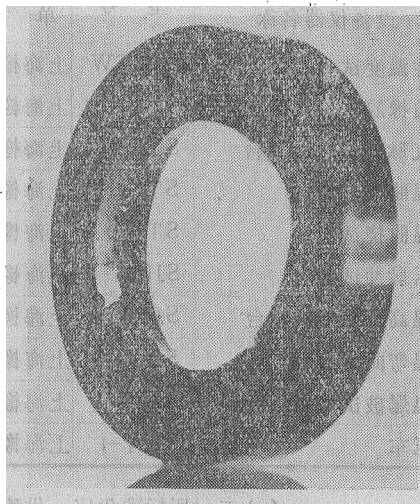


图1 FX-2皮碗故障件

入地进行了皮碗与轴的偶合参数和润滑条件对皮碗寿命的影响的试验,以期找出造成皮碗过早破损的原因。

二、偶合参数对皮碗

寿命的影响

1. 紧度

紧度(即皮碗唇口对轴的过盈量)是密封偶合件的重要参数。它对密封效能有着重要的影响,尤其弥补轴的偏心是有效的。因此,图纸上通常都规定了密封偶合件的配合紧度。

1) 试验设备

有关密封效能的试验使用了四一〇厂自制的皮碗旋转试验器。它主要由电动机、增速箱、密封壳体和热电偶测温装置组成(见图2)。旋转轴直径为29.90毫米,轴转速为10000转/分,线速度为15米/秒;密封壳体中充满30毫升4109合成滑油,这些均与实际使用条件相仿。

“密封效能”是指皮碗密封介质的能力。根据试验器特点,为便于评定和作图,将密封效能分为八个级。以八级为最好,一级最差。

八级:有轻微渗润,但皮碗外露面上无油痕,仅用滤纸检查可见渗润;

七级:有渗润,外露面上有油痕,但密封壳体外侧始终无积油;

六级:有严重渗润,外露面显见油痕,稍有积油,但始终不成滴;

五级:有轻微渗油,密封壳体外侧有积油,但在两小时内不滴出;

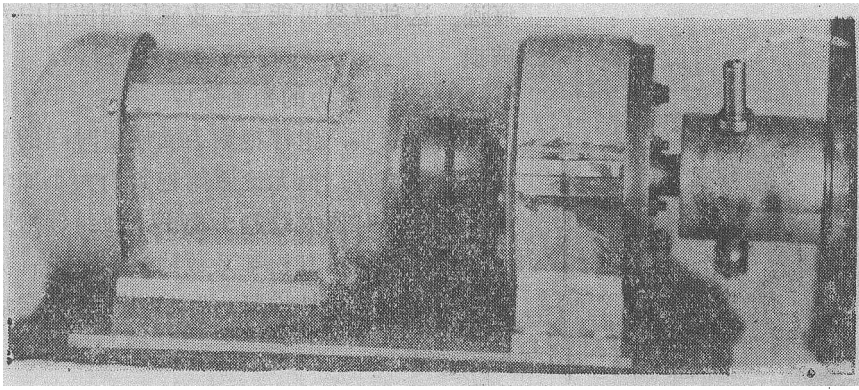


图 2 皮碗旋转试验器

四级：有渗油，积油较多，但在半小时内不滴出；

三级：有严重渗油，积油成滴，但不多于 1 滴/分；

二级：有泄漏，泄漏量不多于 10 滴/分；

一级：有严重泄漏，泄漏量多于 10 滴/分。

2) 试验

图 3 表示出 FX-2 氟胶皮碗紧度与密封效能的关系。密封效能随着紧度的增加而提高，这一大概的趋势已由一九七五年和一九七八年两次紧度试验所证实，但数据的分散性很大。看来，这不是一种偶然现象，说明除了紧度外，还有许多因素影响密封效能。因此，须找出一种使试验数据分散性小的评定方法，以鉴别偶合参数选择得是否适当。

2. 抱紧力

封严皮碗不是一个简单的零件，而是由几个零件组成并受几十种因素影响的一种非常精密复杂的组合件。皮碗大都与弹簧圈配套使用，而且往往把它装进外套里构成组合件。从偶合参数来看，除皮碗的紧度外，还有弹簧圈的影响。不同弹簧的紧力不同，即使同一根弹簧圈圆周各点上的紧力也有差异。另外，不同结构尺寸的皮碗对弹簧效力的发挥影响很大。同规格的皮碗并非是一模腔的产品，结构尺寸不完全相同也是难以避免的。如图 4 所示，皮碗腰部柔软截面厚度、皮碗弹簧槽中心垂线到刃口垂线的距离（即“R”值）等都是超出

“紧度”这一概念范围的偶合参数。

因此，只用紧度还不能较全面控制偶合件的密封效能。这就是紧度与密封效能曲线中数据分散很大的原因所在。如果有一种密封力的概念，就可以化许多因素为

一种力的因素，这要比单用尺寸表示的紧度更好些。有的国家采用“径向应力”控制皮碗的质量。根据我们测试仪的特点，姑且称为“抱紧力”。当然，偶合参数除径向应力和紧度外，还有刃口接触轴的宽度等衡量方法。

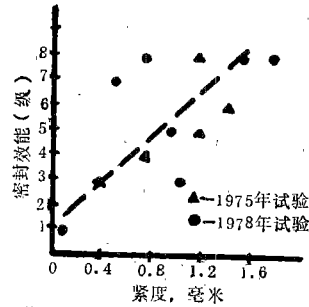


图 3 紧度与密封效能的关系

1) 测试仪

图 5 是试验

用的四一〇厂自制的抱紧力测试仪。它主要由直径为 30 毫米的两个半圆组合的轴 1、弹簧片 2、指示弹簧变形的百分表 3 和电路

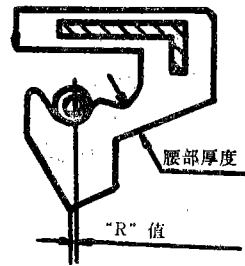


图 4 皮碗断面图

通断指示灯 4 组成。其工作原理是当两个半圆轴出现间隙时，指示灯灭。欲有间隙，必须先克服皮碗刃口对轴的箍紧力，这个力值便反映到测弹簧片变形的百分表上，再换算出力值就

是抱紧力，以克表示。

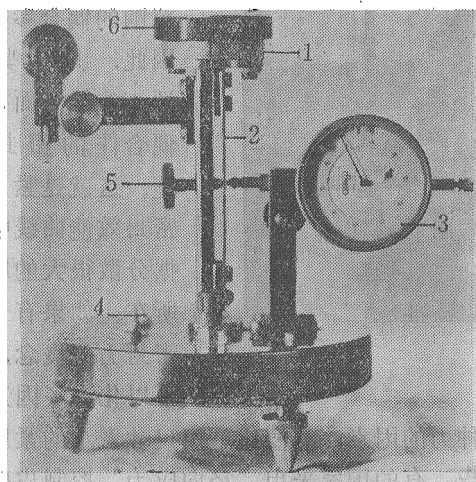


图 5 抱紧力测试仪

抱紧力测试方法：①电路联通，指示灯亮，调正百分表至零点；②皮碗 6 套在轴上，停放 25 分钟，使皮碗唇口物理松弛稳定；③慢慢转动旋钮 5，至指示灯灭，微动三次，立即读数；④从百分表的值换算出抱紧力值。

2) 试验

(1) 抱紧力与密封效能的关系

图 6 表示出 FX-2 氟胶皮碗组件抱紧力与密封效能的关系。显然，随着抱紧力的增大，密封效能会越好。大约组件抱紧力达到 500 克以上时，密封效能可到四级以上。其数据是较集中的，略有分散性，这是由于皮碗表面磨加工时留下的痕迹和各种因素控制得不好所致。值得注意的是组件抱紧力大于 1500 克时，在旋转试验器上运转几小时，便在皮碗刃口处产生微裂

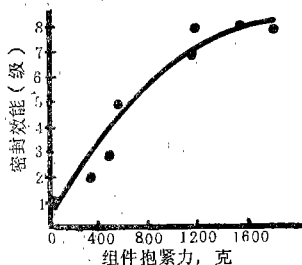


图 6 抱紧力与密封效能的关系

痕迹。这种微裂可能导至皮碗长期使用中发生破损。

(2) 抱紧力的松弛效应

试验证实，组件抱紧力随使用时间的延续有下降的趋势。但无论原始抱紧力大小如何，经 4 ~ 8 小时便大致趋于稳定。在组件抱紧力 1500 克以下时，其松弛系数约为 0.7 左右 (见图 7；“试验后组件抱紧力”指经松弛稳定后的抱紧力)。

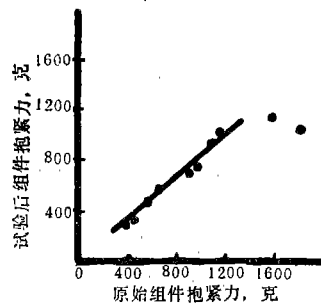


图 7 抱紧力松弛效应

(3) 抱紧力与摩擦温度的关系

这里的摩擦温度是指由于皮碗和旋转轴摩擦生热而使试验器密封壳体中 30 毫升 4109 油上升的温度。图 8 表示 FX-2 氟胶皮碗组件抱紧力与摩擦温度的关系。抱紧力增加，使皮碗的摩擦力增大，而皮碗刃口接触轴的宽度也增加；因此，摩擦温度随抱紧力的增加而提高。

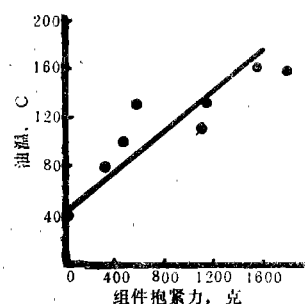


图 8 抱紧力与摩擦温度的关系

总之，抱紧力过大，会使摩擦温度剧增，皮碗使用寿命大大缩短。但对于故障皮碗（紧度约为 1.20 毫米），如果不存在其它不利因素，

不致于在20小时内破损。因此，皮碗破损不是单纯由于紧度和抱紧力过大引起的。

三、润滑条件对皮碗寿命的影响

上述试验都是在有充足的润滑条件下进行的，而在干磨条件下，情况截然不同。下表中列出了不同胶种、不同撕裂强度和不同抱紧力的皮碗，在旋转试验器中干磨时的破损情况：

胶料	试 验 件 号	胶料撕裂强度 公斤/厘米		紧度 毫米	组件 抱紧 力克	破损情况	
		室温 测	180℃ 测			时间 分	特征
FX-2	No.5	22.9	2.6	0.80	475	20	“粘附” 破坏
	No.11			0.78	587	3	
	No.15			0.58	737	40	
	No.13			1.49	1587	7	
	No.30*				1337	2	
FX-5	No.3	36.4	4.5	0.67	1075	30	老化破 坏**
7270	No.3	42.4	6.4	1.26	1126	3	
5080	No.2	55.0	9.0	1.51	812	300	

* 皮碗刃口和轴均涂加有石墨的201油膏。

** 早在300分钟以内就已破坏。

从表中可以看出，氟胶不论撕裂强度高和抱紧力大小（指在表中列出的撕裂强度和抱紧力范围内），尽管由于试验器的局限性还看不出时间规律，但短则2分钟长则40分钟，均发生“粘附”破坏，即皮碗刃口沿旋转轴成45°角撕破（见图9）。轴和皮碗刃口涂加有石墨的201油膏，由于尖锐刃口无法存住油膏，干磨时仍发生“粘附”破坏。5080丁腈胶皮碗干磨时，刃口发生明显老化变硬，而使之龟裂掉沫（见图10），试验300分钟时，皮碗抱紧力猛增到3000克以上，其破损形式与氟胶皮碗大不相同。

试验表明，FX-2氟胶皮碗处于干磨状态，摩擦系数剧增，皮碗附近的环境温度在160℃以上，而刃口温度势必更高；加之皮碗与轴之间没有油膜作隔离剂，以致引起皮碗刃口对轴的粘附。试验证实了这种粘附现象： $\phi 10 \times 10$ 毫米圆柱形橡胶试样与钢紧密接触，经180℃

烘箱处理12小时，5080丁腈胶无粘附现象；而氟胶与钢的粘附力高达10公斤/厘米²。这种粘附效应足以引起氟胶皮碗偶合金属旋转轴时，发生破损，而抱紧力增加又加速了这一过程的进行。据国外资料报导，CKΦ-32氟胶皮碗干磨时，刃口温度超过180℃，摩擦系数由0.3增至0.6时，皮碗便有发生粘附破坏的危险。

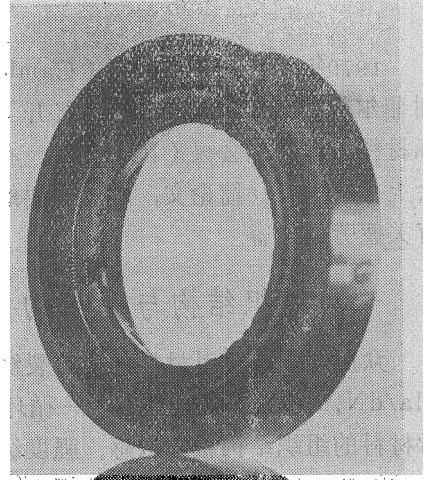


图9 FX-2氟胶皮碗干磨破损件

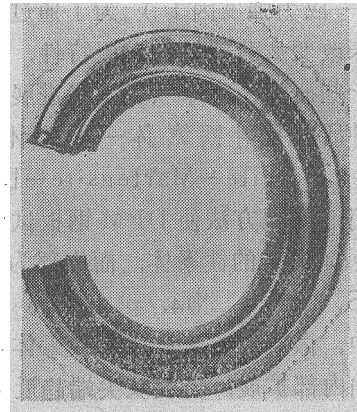


图10 5080丁腈胶皮碗干磨破损件

我们试验的五个干磨破损的FX-2氟胶皮碗，其破坏形式同故障件基本一致。它们的共同特征是：破损件不龟裂、不掉沫、硬度不增高，而是沿与旋转轴成45°角方向撕破。因此可以认为，干磨破损试验件（见图9）是故障件（见图1）的重现。（下转第5页）

表 6 ZM9和ZM5合金在人造海水中 100
小时交替腐蚀试验后的强度损失

合 金	热处理 状 态	未腐蚀试验 的性能		腐蚀试验后 的性能		强度 损失 %
		σ_b 公斤/毫米 ²	δ_s %	σ_b 公斤/毫米 ²	δ_s %	
ZM9	铸态	21.5	8.5	21.2	—	1.4
	T1	20.0	7.0	18.5	—	7.5
ZM5	T4	26.6	11.7	12.9	—	51.5

经测定表明,ZM9具有良好的铸造工艺性。其流动性按棒长为 280 毫米, 热裂倾向环宽为 12.5毫米, 线收缩为1.4%, 壁厚敏感性较小, 与ZM3大致相近。

ZM9合金能用氩弧焊焊接, 焊接工艺性良好。

ZM9合金不含放射性元素, 便于生产使用。合金在 300℃ 下具有优良的抗蠕变性能, 因此可用于该温度下长期使用的各种零件。同时, 合金具有优越的高温拉伸性能, 所以也可用于各种要求瞬时拉伸强度性能的零件。

本合金主要合金元素为稀土元素钇, 所以ZM9合金的推广应用对扩大利用我国富产稀土资源具有重大意义。

参 考 文 献

- [1] K.E.Nelson and F.P.Strieter, Casting of Mg-RE-Zr Alloys in Sand Molds, Trans. AFS, 58, 1950, p.400.
- [2] K.Grube and L.W.Eastwood, Magnesium-cerium Cast Alloys for Elevated-temperature Service, Proc.ASTM., 1950, 50, p.989.
- [3] G.A.Mellor, Creep at 250°C and 300°C of Some Magnesium Alloys Containing Cerium, J.Inst. of Metals, 81, 1953, p.245.
- [4] K.E.Nelson and F.P. Strieter, A Castability and Property Comparison of Several Magnesium-Rare Earth Sand Casting

- Alloys, Trans. AFS, 59, 1951, p.532.
- [5] L.W.Eastwood, ibid., Discussion.
- [6] И.В.Кудряцева, Л.Н.Лужникова, Материалы В Машино-строении, Том I, 1967, Москва.
- [7] Е.М.Савицкий, В.Ф.Терехова, Сплавы Редкоземельных Металлов, Изд. Академии Наук СССР, 1962.
- [8] И.А.Моркова, Вопросы Теории и Применения Редкоземельных Металлов, Москва, 1964, стр.124-128.
- [9] USPO 3419385, 1968.12.
- [10] R.V.London, R.E.Edelman and H.Markus, Development of a Wrought High-strength Mg-Y Alloys, Trans. AMS Quarterly, 1966.6, 59, No.2.
- [11] Metals Reference Book, Vol. I, 1962, London.
- [12] 李永祚, Mg-Y-Zn-Zr系热强铸镁合金的相分析, 1979, 三机部六二一所。

(上接第43页)

四、结论和建议

1. 故障产生的主要原因是FX-2氟胶皮碗刃口处于短时间干磨或贫油状态(因破损的皮碗只靠轴承甩出的油雾润滑)下, 抱紧力过大所致。为此建议从设计上解决皮碗润滑问题; 从材料上在抱紧力选择下限的皮碗刃口上涂复干膜润滑剂, 以延长皮碗处于干磨擦状态时的使用寿命。

2. 在偶合参数方面, 光用紧度不能较好地控制皮碗的密封效能, 应该有一个密封力的概念。因此建议加一“抱紧力”的要求。

3. 抱紧力太大, 摩擦温度剧增, 会使皮碗寿命大大缩短; 抱紧力太小, 又会漏油。因而建议, 与轴径30毫米, 转速10000转/分偶合的FX-2 氟胶皮碗, 在有油润滑的条件下, 抱紧力(指带弹簧圈的皮碗)选择600克至1200克为宜。这里已考虑到抱紧力的松弛效应和组件抱紧力与带弹簧圈皮碗抱紧力的折合。至于对于其它皮碗, 由于尺寸和对密封效能的要求不同, 其抱紧力应酌情增减。