

润滑油抗擦伤能力测定法
(梯姆肯法)

1 主题内容与适用范围

本标准规定了使用梯姆肯润滑油试验机或者环块试验机测定润滑油抗擦伤能力的方法。抗擦伤能力用 OK 值表示。

本标准适用于区分润滑油低、中、高抗擦伤能力，并适用于 40℃ 时，粘度在 4500mm²/s 以下的润滑油。

2 引用标准

GB 1922 溶剂油

SH 0114 航空洗涤汽油

3 定义

3.1 润滑油的抗擦伤能力：润滑油防止钢/钢运动摩擦表面擦伤的最高负荷。

3.2 OK 值：是在本标准试验机上钢制试件纯滑动摩擦面上不出现擦伤时负荷杠杆砝码盘上的最大负荷。

3.3 卡咬：试件摩擦表面上金属的局部熔合。

3.4 磨损：因机械或化学作用，或者机械与化学的联合作用下金属从本体上损耗的现象。

3.5 擦伤：卡咬所造成的金属摩擦面的损伤，擦伤的状态取决于卡咬的程度。

3.5.1 擦伤的判断

在试验中试件发生擦伤时主要表现为异常的噪音和振动；主轴转速的下降；试环表面出现明显的刻痕。试验结束后，擦伤与否用试块上的磨斑来判断，最严重的擦伤特征是试块上形成皱纹状深而宽的磨斑，如图 1 所示；图 2 为试环上典型擦伤照片；最常见的擦伤特征是在比较光滑的磨斑上有局部的损伤，并且单方向超出磨斑（俗称出头），其出头的位置必须在润滑剂流出侧，出头点一般有熔合特征，如图 3、4 所示；OK 磨斑就是临界负荷下无擦伤即无此出头损伤的较光滑的磨斑，如图 5 所示。

3.5.2 不属于擦伤的情况

3.5.2.1 磨斑内部的局部损伤（即不出头），如图 6 所示。

3.5.2.2 磨粒磨损造成的划痕，一般表现为细长发亮，其长度往往在磨斑两侧都有超出，如图 7 所示。

3.5.2.3 试块磨斑的润滑油流出侧因高温或化学反应而产生的变色现象，如图 8 所示。

3.5.3 可疑情况

根据以上规定还难以确定是否擦伤时，则按可疑处理，处理办法见 7.5 条。

出现可疑状态主要有两种情况：

3.5.3.1 因磨损量小而出现的不整齐磨斑有时擦伤较难确定。

3.5.3.2 含有某些添加剂的油品，在较低负荷下极压作用还没有很好发挥，这时可能出现可疑状态，但随着负荷的增加，极压作用逐渐发挥，磨斑变为正常。



图1 严重擦伤 10X



图2 典型擦伤 10X



图3 典型擦伤 10X

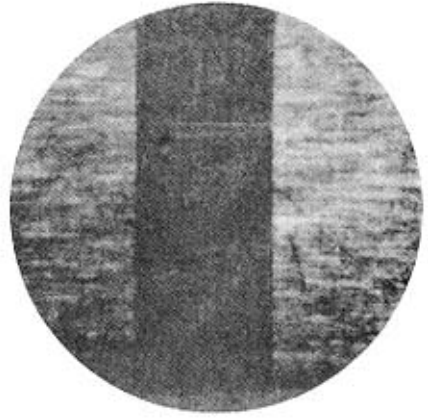


图4 OK 磨斑 10X

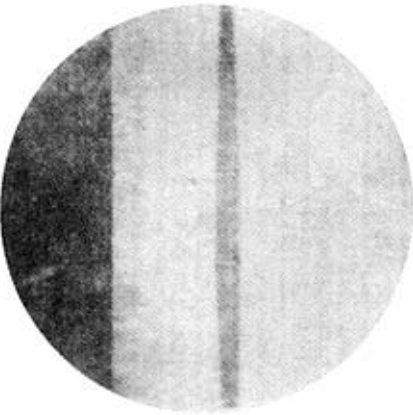


图5 OK 磨斑 4X



图6 磨斑内部损伤 10X

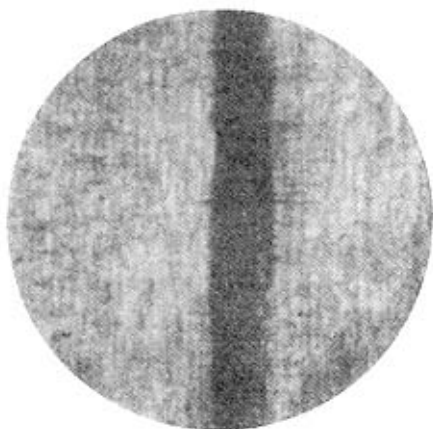


图7 磨粒造成的划痕 10X

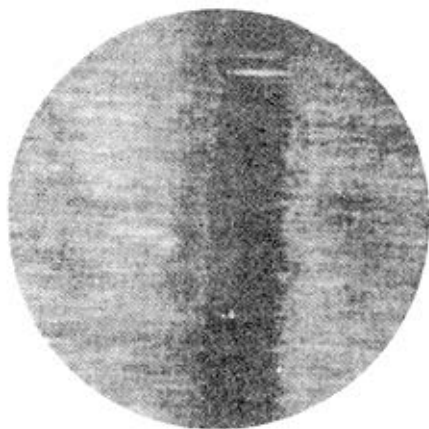


图8 磨斑外侧的变色 10X

4 方法概要

试样在 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 时由贮油罐流到试验环上，试验机主轴带动试验环在静止的试验块上转动，主轴转速为 $800\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ ，试验时间为 $10\text{min} \pm 15\text{s}$ 。试验环和试验块之间承受压力，通过观察试验块表面磨痕，得出不出现擦伤时的最大负荷 OK 值。

5 设备和材料

5.1 设备

5.1.1 梯姆肯磨损和润滑试验机。

5.1.1.1 该机主要由测定系统、主轴驱动系统、试样循环系统、自动加载系统组成；测定系统主要由试环、试块、试块架、双杠杆组成；测定时试环旋转、试块固定，图 9 为测定系统图，有关试验机的细节详见试验机的说明书。

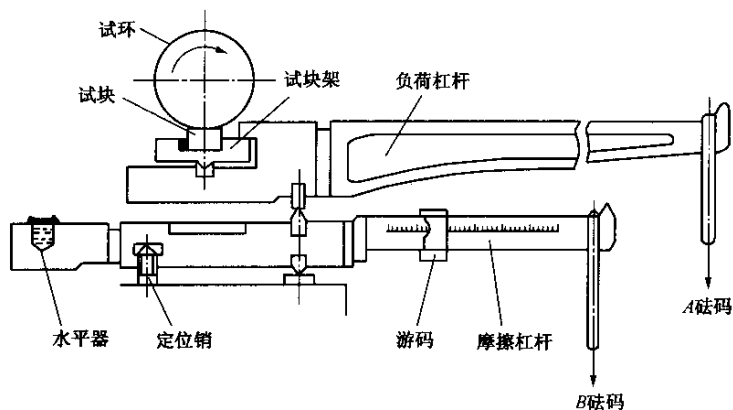


图9 测定系统简图

5.1.1.2 试验机应调整到水平，摩擦杠杆也应调整到水平位置。试验机主轴的径向跳动不大于 0.013mm (0.0005in)；主轴转速应为 $800\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ ；试环与主轴组合间的径向跳动应小于 0.025mm (0.001in)，若大于此数值，可能影响试验结果，这时应检查主轴、主轴承磨损情况及试环质量，并给以调整或维修。

5.1.1.3 自动加载器应以 $8.9 \sim 13.3\text{N}/\text{s}$ ($2 \sim 3\text{ lb}/\text{s}$) 的速率把载荷加到负荷杠杆上，并能平稳地加载

或卸载而不产生冲击。

5.1.2 显微镜：用于测定试块磨斑宽度，放大倍数不限定，主要保证测量结果能准确到 $\pm 0.05\text{mm}$ ($\pm 0.002\text{in}$)。

5.1.3 温度计：0~100℃，分度值为 0.1℃。

5.1.4 秒表：刻度为 min 和 s。

5.2 材料

5.2.1 试环：具有洛氏硬度 HRC 为 58~62 或维氏硬度 HV 为 653~746 的钢试环，其宽度为 $13.06\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ($0.514\text{in} \pm 0.002\text{in}$)，有效宽度为 $12.7\text{mm} \pm 0.025\text{mm}$ ($0.5\text{in} \pm 0.01\text{in}$)；直径为 $49.22^{+0.025}_{-0.127}\text{mm}$ ($1.938^{+0.001}_{-0.005}\text{in}$)；最大半径偏心率为 0.013mm(0.0005in)；表面粗糙度应在 0.51~0.76 μm (20~30 μin)的均方根值之间。试环与主轴配合必须合适，以避免试验中发生相对运动。

5.2.2 试块：试验表面宽为 $12.32\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ($0.485\text{in} \pm 0.002\text{in}$)，长为 $19.05\text{mm} \pm 0.41\text{mm}$ ($0.750\text{in} \pm 0.016\text{in}$)。硬度 HRC 为 58~62 或 HV 为 653~746 的钢块。每个试块可提供四个试验表面，表面粗糙度在 0.51~0.76 μm (20~30 μin)的均方根值之间。磨皱方向应为横向。试验表面之间垂直度及平行度不大于 0.005mm。

5.2.3 洗涤汽油：符合 SH 0114 要求。

5.2.4 溶剂油：符合 GB 1922 中 260 号要求。

5.2.5 石油醚：60~90℃，分析纯。

5.2.6 无水乙醇：化学纯。

6 准备工作

6.1 在新购置到的一批试件中，任意挑选一个试环和试块，用适当的油品和负荷进行试运转，以确定磨斑有无大小头现象，若出现此情况，则应仔细调节调整刀架两个调整螺丝，松小头方向螺丝，紧大头方向螺丝，使调整刀架往小头的方向适当地转动一个角度，就能使磨斑正常。但要避免转动的角度过大，以致造成双杠杆系统各个刀刃配合不当。

6.2 试验前先用洗涤汽油，然后用较少量的石油醚，最后用 1000mL 试样清洗试验机接触试样的各个部件。注意油路中不应残留溶剂、废试样及磨粒，为此应开泵作低速循环清洗。

6.3 选取几个新环和新试块，在使用前 1h 用洗涤汽油和石油醚清洗，然后泡在石油醚中，在使用时取出试件，用清洁的绸布擦干。

6.4 把试环装在主轴上(避免手指接触试环表面)，试环紧靠在轴上并固定好，既不能上得太紧以致试环发生变形，也不能上得太松以致试环与主轴之间滑动，然后用沾有石油醚-无水乙醇(1:1)的棉花球擦洗试环表面。

6.5 把试块放到试块架上，然后用沾有石油醚-无水乙醇(1:1)棉花球擦洗试块表面。注意试块必须紧固在合适的位置上。

6.6 把约 2800mL 的试样装入油箱(油面距顶部大约 76mm)，把试样预热到 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ($100^\circ\text{F} \pm 4^\circ\text{F}$)。为了使试样温度均匀而又稳定，这时应把装配好的试块和试块架放在油池里，让试样循环 15min，以确保试样温度符合要求。对于粘度很大以致难以循环的油品，可适当提高油温，但其结果的精密度不符合本标准的规定。

6.7 仔细把双杠杆系统组装好，使其全部刀刃都完全对准，在加载盘上放上合适的砝码。这时应缓慢转动主轴，检查环块间接触是否良好，若接触良好，则试环有效宽度上的试样应被刮掉，同时应仔细观察摩擦杠杆上的水平水泡有否波动，若有波动或试环上油膜厚度不均匀，则应仔细检查原因或更换试件，直至合适为止。

7 试验步骤

7.1 全开试样阀(试样的流出管口距环约 1.6mm)，当油池内有适量试样，启动电机，在 15s 内使主

轴转速达到 $800\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ ，然后开动加载器，在 15s 时刚好开始加负荷。这时开始计时，如果在此试验负荷下估计无擦伤发生，则运转 $10\text{min} \pm 15\text{s}$ 。如在试验中间已有明显擦伤发生，则应立即停止此负荷下的试验(起始的负荷可凭经验确定，若无法确定时，则可采用 133.4N(30 lb 的负荷)。

7.2 在 $10\text{min} \pm 15\text{s}$ 的周期结束时，立即关闭主电机，接着关闭试样阀，并把转速调节器转回零，卸去载荷，然后取出试块，在四倍左右放大镜下观察试块磨斑，以判断擦伤是否出现，然后用显微镜测量磨斑的平均宽度，如磨斑不规则，应采用割补法测定(精确到 0.05mm)。

7.3 在 133.4N(30 lb)以上无擦伤发生时，则应以 44.5N(10 lb)的增量往上做试验，直至出现擦伤，然后再减少 22.2N(5 lb)以作最后判断，若无擦伤，则此负荷就是 OK 值。若出现擦伤，则把此负荷减少 22.2N(5 lb)作为 OK 值。

7.4 在 133.4N(30 lb)以下出现擦伤时，则应以 26.7N(6 lb)的减量往下做试验，直到无擦伤出现，然后再把负荷增加 13.3N(3 lb)以作最后判断，若无擦伤，则此负荷就是 OK 值，若出现擦伤，则把此负荷减少 13.3N(3 lb)作为 OK 值。

7.5 当擦伤的判断出现可疑情况时，则应在该负荷下重复试验，若第二次试验确定为擦伤，则定为擦伤；若第二次试验确定为通过，则定为通过；若第二次试验依然有疑问，则按下面两种情况进行试验，在 133.4N(30 lb)以上发生二次重复的可疑情况时，应再增加 22.2N(5 lb)负荷试验，若无擦伤发生，则可疑情况也定为通过；如果发生擦伤，则可疑情况也定为擦伤。然后以可疑情况的负荷为基准按 7.3 条的规定试验；在 133.4N(30 lb)以下发生二次重复的可疑情况时，应再增加 13.3N(3 lb)负荷作试验，若无擦伤发生，则可疑情况也定为通过；若发生擦伤，则可疑情况也定为擦伤；若在负荷增加一级时，仍属可疑情况，则应在该负荷下重复试验，如仍属可疑，这时应继续增加负荷，同理类推，直至明确。然后按 7.4 条的规定试验。

7.6 在每次试验前，油箱中的温度应按 6.6 条的规定使试样油温稳定在 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ($100^\circ\text{F} \pm 4^\circ\text{F}$)，同时主轴应冷却到 65°C (150°F) 以下。每次试验都应安装新的试环和翻动试块以提供新的试验表面。如果试块上较严重的擦伤发生，则整个试块应予报废，因为擦伤引起的摩擦热可能改变整个试块的表面特性；如果擦伤不严重，则应换一个面，而不要在原先那个面上做试验。

7.7 整个试验结束应及时用洗涤汽油或溶剂油及石油醚清洗设备，安放好杠杆系统，并按第 8 章的规定计算和报告结果。

8 记录和报告

8.1 试验记录和报告见下表。

梯姆肯法试验记录及报告表

送样单位										
试样组成										
试验条件		转速: r/min; 时间: min; 试样流量: mL/min; 室温: ℃								
序号	试 环		试 块		A N(lb)	T _始 ℃(°F)	T _终 ℃(°F)	b mm	磨斑状况	备注
	材质	HRC	材质	HRC						
试验结果报告					OK: N(lb)	说明:				
					MCP: N/mm ²					

试验人员: _____ 检查者: _____ 年 月 日

表中:

A——负荷杠杆加载盘上砝码质量, N;

T_始——试样起始温度, °C或°F;

T_终——试样终止温度, °C或°F;

b——磨斑宽度, mm;

HRC——洛氏硬度;

OK值, N(lb)。

8.2 MCP——OK 负荷下磨斑平均接触压力 N/mm², 该指标仅供参考之用。

$$MCP = \frac{98.1(A + C)}{L \cdot b'} (N/mm^2)$$

式中: A——砝码质量, N;

C——负荷杠杆常数, N;

L——OK 磨斑长度, mm;

b'——OK 磨斑平均宽度, mm。

9 精密度

按下列规定判断结果的可靠性(95%置信水平)。

9.1 重复性。同一操作者在同一台试验设备上在连续时间内, 测定同一个试样, 重复测定结果间的差值不得大于两级负荷增量。

9.2 再现性。两个试验室对同一油样测定结果之差值不得大于四级负荷增量。

9.3 若试验结果超过 9.1 或 9.2 条规定, 那么对此结果应表示怀疑, 要分析原因, 采取相应措施, 以期得出明确结论。

附加说明:

本标准由石油化工科学研究院技术归口。

本标准由兰州炼油化工总厂负责起草。

本标准主要起草人倪高增。