

国际标准

ISO
12156-1

第二次修订
2006-10-01

用高频往复式试验机（**HFRR**）评定
柴油的润滑性
第一部分：
试验方法

方法编号
ISO 12156-1:2006

前 言

ISO（国际标准化组织）是国家标准体的全球性联盟，国际标准的准备工作通常通过 ISO 技术委员会进行。任何一个对委员会设立的主题感兴趣的成员国都有权利派代表参加进来。在 ISO 的联络下，政府的或非政府的国际组织也可参与这项工作。在电子技术标准的所有事务上，ISO 与国际电子技术委员会(IEC)密切合作。

国际标准是根据 ISO/IEC 导则第二部分的条款起草的。

技术委员会的主要工作是起草国际标准。被技术委员会采纳的国际标准草案提交给各成员国进行投票，作为一个公开发行的国际标准都至少经过 75% 的成员国投票批准。

需要注意的是这个文件中的某些元素可能是专利权的主题。ISO 不承担识别任何或全部这些专利权的责任。

ISO 12156-1 是由 ISO/TC 22 交通运输技术委员会，SC7 用于交通运输车辆的喷油设备和过滤器分会以及 ISO/TC 28 石油产品和润滑剂技术委员会共同起草的。

经技术修改后，第二版取代第一版(ISO 12156-1:1997)，第二版同时合并了技术勘误表 ISO 12156-1:1997/Cor.1:1998。

ISO 12156 总标题为——用高频往复试验机（HFRR）评定柴油的润滑性，包括下列内容：

- 第一部分：试验方法
- 第二部分：限值

引 言

所有柴油喷油设备都把柴油作为一种润滑剂, 过度摩擦造成的磨损使发动机零件(如: 柴油机喷油泵和喷油器)的寿命缩短, 这有时是因燃料的润滑性不良而造成的。

柴油喷油设备零件损坏的试验结果是由于磨损而造成的, 这一关系已在某些柴油与金属零件相接触的区域得到证实, 在那里运转的零件发生了边界润滑现象。

本试验方法对柴油的测试结果已被证明与多数柴油和金属零件之间的接触有关, 并能充分预测柴油的润滑性能。

用高频往复式试验机（HFRR）评定柴油的润滑性

第一部分：

试验方法

警告——使用本 ISO 12156 标准会涉及到危险材料、操作和设备，本标准没有指出在使用中所有涉及到的安全问题。因此用户在使用本标准前应建立适当的安全和防护措施并确定有适用性的管理制度。

1 范围

本标准规定了采用高频往复式试验机（HFRR）评价柴油（包括含有润滑性添加剂的柴油）润滑性的试验方法。

本方法适用于柴油机燃料油。

2 规范性引用文件

下列引用文件是应用本标准时不可缺少的。凡是注日期的引用文件，只有本标准中引用的这一版适用。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括任何修改单）适用于本标准。

ISO 导则 33：2000，已认证参考材料的使用。

ISO 导则 34：2000，对参考材料制造商能力的一般要求。

ISO 导则 35：2006，参考材料——认证中的一般统计原则。

ISO 683-17：1999，热处理钢，合金钢和自由切削钢——第 17 部分：滚珠-滚柱轴承钢。

ISO 3290：2001，滚柱轴承——球——尺寸和公差。

ISO 4259：1992，石油产品试验方法精密度数据的测定和应用。

ISO 5272：1979，工业用甲苯——规格。

ISO 6507-1：2005，金属材料——维氏硬度试验——第一部分：试验方法。

ISO 6508-1：2005，金属材料——洛氏硬度试验——第一部分：试验方法（等级 A,B,C,D,E,F,G,H,K,N,T）。

ASTM D 329-02，丙酮的标准规格。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

润滑性

液体的一种特性。通过一个浸泡在液体中的静止钢片和一个与之接触的往复运动的钢球，在严格控制的条件下相互运动后，产生在钢球上的磨斑来测定。

3.2

平均磨斑直径

MWSD

在试验球上所测得的平均磨斑直径。

3.3

WS1.4

按水的标准蒸汽压 1.4 kPa 校正后的磨斑直径计算值。

3.4

湿度校正系数

HCF

由于试验环境不同于水的标准蒸汽压 1.4 kPa 而用来校正磨斑数值的系数。

注意——HCF 以 $\mu\text{m}/\text{kPa}$ 来表示。

4 原理

将试验样品放在维持给定温度下的油槽内，把一个固定不动的钢球装入垂直安装的夹具中，用所加砝码对一个水平安装固定不动的钢片加载，试验球以固定的频率和冲程振动，球与片接触的界面完全浸入油内。球和片的冶金成分、温度、砝码、频率和冲程都是确定的。试验过程的环境温度和湿度用来把试验球上的磨斑校正到标准状况下的磨斑数值，试验样品的润滑性用校正后的磨斑直径表示。

5 试剂与材料

5.1 压缩空气，用来吹干设备零件，具有 140kPa~210kPa 的压力，并含有 0.1mL/m³ 以下的碳氢化合物和 50mL/m³ 以下的水。

警告——有易燃材料存在时，要非常小心。

5.2 甲苯，符合 ISO 5272。

警告——易燃，吸入有毒。

5.3 丙酮，符合 ISO329-02。

警告——极为易燃，蒸汽可导致闪燃。

5.4 参考油

警告——易燃。

用依照 ISO 导则 34 和 ISO 导则 35 生产的两种参考油来检验试验设备的性能。这两种参考油在使用 ISO 12156 的第一部分进行检测时，应有非常不同的润滑性。参考油应清楚地用微米标明 HFRR 数值（WS1.4）和它的误差范围，以及用 $\mu\text{m}/\text{kPa}$ 表达的湿度校正系数。这两种参考油在用本标准检测时，HFRR 数值的最小差值应为 200 μm^1 。

6 仪器

6.1 试验仪器²⁾，(见图 1)，能使一个对固定钢片加载的钢球以固定的频率和冲程进行振动，球和片的接触面完全浸泡在油内，按表 1 给出的试验条件进行试验。

油槽应能固定试验片，并可加入试验样品，其中试验样品的温度是通过与油

槽紧密连接的电控加热套来实现的。

为了控制不同的参数，仪器的控制单元应包括电子数据的贮存和采集。

表 1 — 试验条件

参数	数值
油样体积, mL	2±0.2
冲程, mm	1±0.02
频率, Hz	50±1
实验室的空气 ^a	见图 2
样品温度, °C	60±2
应用载荷 ^b , g	200±1
试验时间, min	75±0.1
油槽表面面积, mm ²	600±100
a 实验室的空气条件是在距试验件 0.1m~0.25m 的范围内进行测量, 并应控制在图 2 所示的容许范围内。	
b 所加的总载荷包括固定零件的重量。	

6.2 试验片³⁾, 由退火的 ISO 683-17-100Cr6 的钢棒加工, 维氏硬度“HV30”在 190~210 范围内 (按照 ISO 6507-1), 经研磨并抛光到表面光洁度 Ra<0.02μm。

6.3 试验球³⁾, 直径 6mm, 材料为 ISO 683-17-100Cr6, 根据 ISO 3290 评级为 28 级 (G28)。洛氏硬度“C” (HRC) 在 58~66 范围内 (按照 ISO 6508-1)。

6.4 显微镜, 金属型, 适于测量试验球上的磨斑, 并能精确到 1μm。

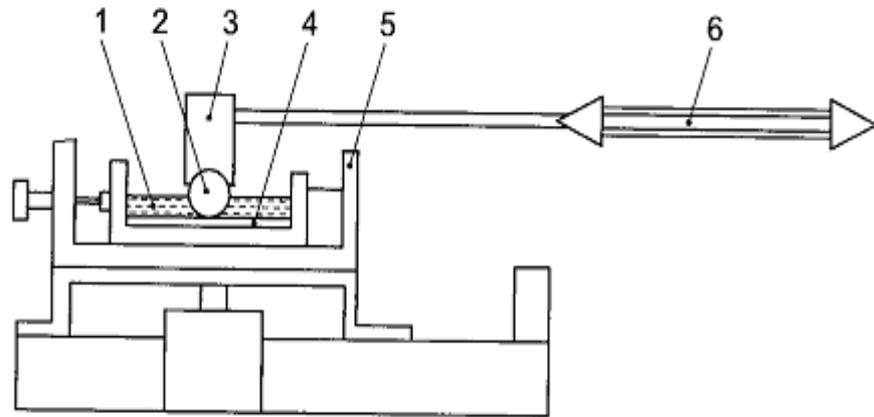
6.5 干燥器, 应装有干燥剂, 能用来贮存试验片、球和金属零件。

6.6 清洗槽, 采用足够容积和清洗功率为 40W 或更大功率的超声波无缝不锈钢清洗槽。

1) CEC 参考油 RF-90A-92 第 5 批和 DF-92-02, ASTM D6079 液体 A 适于用作高润滑性参考油。CEC 参考油 DF-70-00, ASTM D6079 液体 B 适于用作低润滑性参考油。CEC 参考油可以从位于德国汉堡 D-20095, Schopenstehl 15 的 Haltermann 产品公司购得, ASTM 参考油可以从位于美国 PA 15026-4489 匹兹堡, 6555 佩恩大街的 ASTM 测试监测中心购得。给出这些信息是为本标准第一部分的用户提供方便, 指定的这些产品并未经 ISO 认证。相似的产品如果能有同样的效果也可以使用。

2) HFRR 设备, HFR2 已经证明是适用的, 上述仪器由位于英国伦敦 W3 7SZ, 斯坦利花园 78 号的 PCS 仪器公司提供。给出这些信息是为本标准第一部分的用户提供方便, 这些产品并未经 ISO 认证。相似的产品如果能有同样的效果也可以使用。

3) 合适的试验用品可以从位于英国伦敦 W3 7SZ, 斯坦利花园 78 号的 PCS 仪器公司购得。给出这些信息是为本标准第一部分的用户提供方便, 这些产品并未经 ISO 认证。相似的产品如果能有同样的效果也可以使用。



- 1 油槽
- 2 试验球
- 3 试验载荷
- 4 试验片
- 5 加热槽
- 6 振动器

图 1 — HFRR 机械设备简图

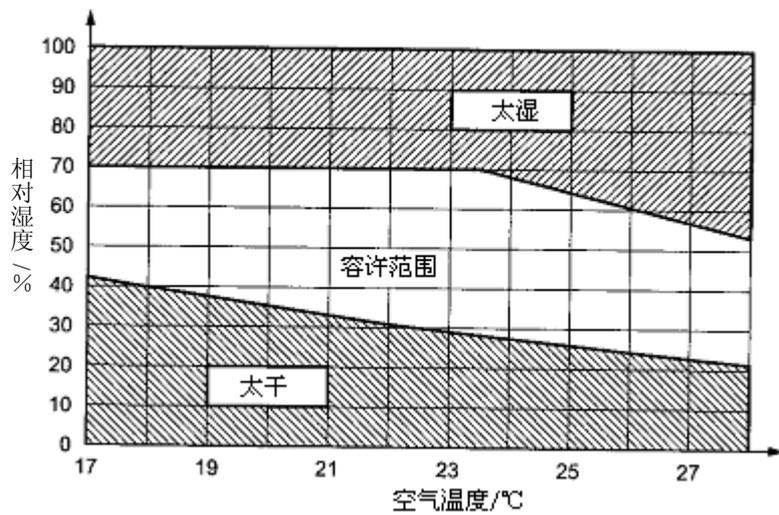


图 2 — 试验环境的容许范围

6.7 燃油取样容器，选用有环氧树脂衬里的钢材，其它材料如果能有相同的结果，也可使用。

6.8 时间测量设备，采用能够精确测量到 $75 \pm 0.1 \text{min}$ 的机械或电子表。

6.9 试验载荷，200g，包括固定振动臂的附件。

7 准备和标定

7.1 仪器的准备

7.1.1 试验片和试验球

用干净的镊子，把一些试验片（6.2）（光面朝上）和试验球（6.3）放入干净的玻璃容器内，用甲苯（5.2）浸没，至少浸泡 8 小时，然后把该容器放到超声波清洗槽（6.6）内，清洗 10 分钟。把试验片（光面朝上）和球转移到一个盛有新鲜甲苯的容器内，盖上容器的盖子并妥善保存，防止污染。

7.1.2 金属零件

把样品夹具、螺钉以及所有能与试验样品接触的金属零件和器皿，连同按 7.1.1 条清洗过的试验片和球一起放在一个干净的玻璃烧杯内，用甲苯（5.2）浸没，把烧杯放在超声波清洗槽（6.6）内清洗 10 分钟，然后用干净的镊子把金属零件和试验件放入一个盛有丙酮（5.3）的烧杯里，放到超声波清洗槽内清洗 2 分钟。取出各零件，用压缩空气（5.1）吹干，如果不是立即使用，应贮存在干燥器（6.5）中。

7.2 标定和校正

7.2.1 温度

用标定过的温度测量装置核对试件油槽内的温度控制系统。

7.2.2 频率

用一个标定过的频率计核对振动器的频率。

7.2.3 冲程

应仔细核对仪器的冲程，这是保证试验精确性的根本。对于 PCS 仪器来说，较好的方法是电子自动校正。此外，也可通过用标定过的显微镜测量低润滑性参考油试验后试验片上的磨痕长度来核对冲程。用磨痕的长度减去磨痕的平均宽度即得到实际的冲程。

7.2.4 运转时间

用一个标定过的计时器核对运转时间。

7.2.5 试验机性能

仪器的性能是按照 ISO 导则 33 和 ISO 4259 的指导用两种参考油（5.4）分别进行一次试验（如第 8 条所述）来进行核对的。要用相应参考油的湿度校正系数值 HCF 来计算 WS1.4 的值。

如果相应参考油的 WS1.4 超出了规定范围，应再做两个试验，如果这两个试验中有一个超出范围，必须进行仪器和冲程的检验（7.2.1~7.2.4）。如果低润滑性参考油的试验结果太低，该参考油需更换。

每做 25 个试验或每做 10 天试验后，就要用参考油进行一次核对试验，以时间间隔较短为准。

8 试验步骤

8.1 严格按照清洗要求和规定的清洗程序进行操作，在拆装过程中，使用干净的镊子，以防止清洗过的试验零件（片、球、试验油槽和夹具）被污染，并且不要刮伤试验件。

8.2 用镊子把试验球放进油槽内，光面朝上，然后将其固定在油槽上，再把油槽固定在试验机上，确保温度测量装置正确地插入油槽内。

8.3 用镊子把试验球放进夹具内，然后把夹具固定在振动臂的末端。在完全卡紧此构件之前，要确保夹具水平。

8.4 在距离油槽 0.1m~0.25m 的范围内，用校正过的设备测量温度和相对湿度。如果其测量值不符合图 2 的要求，在进行试验前，应采取适当措施改变湿度。记录空气温度和相对湿度值。

8.5 用一根一次性移液管，把 2mL 试验样品加入油槽。

8.6 放下振动臂，并在振动臂上悬挂一个 200g 的砝码（6.9），确保载荷和悬挂绳自由下垂。

8.7 按照表 1 中给出的值设定温度控制器、冲程和频率，然后开始试验。

8.8 试验运行 75min。试验结束时，关掉振动器和加热器，取下所挂的砝码。抬起振动臂，取出试验球夹具。

8.9 在距离油槽 0.1m~0.25m 的范围内测量温度和相对湿度。要使试验有效，这些值应符合图 2 的要求。记录温度和相对湿度。

8.10 不要从试验球夹具中取出球，用甲苯（5.2）先冲洗几次，然后再用丙酮（5.3）冲洗几次，把夹具放在盛有新鲜甲苯的烧杯里。把烧杯放在超声波清洗槽（6.6）内清洗 30 秒。

8.11 把夹具转移到盛有丙酮的烧杯里，把烧杯放在超声波清洗槽内清洗 30 秒。用空气把夹具吹干后，用一个永久性的标记笔在球上圈出磨斑。

8.12 取出油槽，倒掉试验油。不要从油槽中取出试验片，先用甲苯，然后再用丙酮冲洗几次，把油槽放在盛有新鲜甲苯的烧杯里。把烧杯放在超声波清洗槽内清洗 30 秒。

8.13 把油槽（带有试验片）转移到盛有丙酮的烧杯里，把烧杯放在超声波清洗槽内清洗 30 秒。用空气把夹具吹干后，从油槽中取出试验片，放在一个贮存袋（如塑料袋）里，并标上唯一的试验标识。

8.14 把仍在夹具中的试验球放在显微镜下，按第 9 条来测量磨斑直径。

8.15 一旦磨斑测量完成，从夹具中取出试验球，把球与试验片贮存在一起。实践表明这些样本至少可保存 12 个月。

9 磨斑的测量

9.1 把试验球放在放大倍数为 100 倍的显微镜下。

9.2 移动试验球使磨斑处在视场的中心，调节照明度直到磨斑的边缘清晰可见；如需要可参阅附录 A。

9.3 在 x 和 y 两方向（见 10.1）上测量磨斑直径，精确到 1 μ m，在数据表上记录这两个读数。如果磨斑测量值 x 和 y 之差（x - y）超过 -30 μ m~+100 μ m 的范围，需核对一下已确认的磨斑边界。

10 计算

10.1 未校正平均磨斑直径 (MWSD)

按下式计算平均磨斑直径 MWSD, 单位为 μm 。

$$\text{MWSD} = (x + y) / 2$$

式中,

x 是与振动方向垂直的磨斑尺寸, 以微米表示 (μm);

y 是与振动方向平行的磨斑尺寸, 以微米表示 (μm)。

10.2 初始绝对蒸汽压 (AVP₁)

按下式计算初始绝对蒸汽压 AVP₁, 以 kPa 表示。

$$\text{AVP}_1 \ll \frac{\text{RH}_1 \cdot 10^v}{750}$$

式中,

RH₁ 是试验开始时的相对湿度, 以%表示;

$$v \ll 8.017352 \frac{1705.984}{231.864 T_1}$$

式中,

T₁ 是试验开始时的空气温度, 以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

10.3 最终绝对蒸汽压 (AVP₂)

按下式计算最终绝对蒸汽压 AVP₂, 以 kPa 表示。

$$\text{AVP}_2 \ll \frac{\text{RH}_2 \cdot 10^v}{750}$$

式中,

RH₂ 是试验结束时的相对湿度, 以%表示;

$$v \ll 8.017352 \frac{1705.984}{231.864 T_2}$$

式中,

T₂ 是试验结束时的空气温度, 以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

10.4 平均绝对蒸汽压 (AVP)

按下式计算试验过程中的平均绝对蒸汽压:

$$\text{AVP} \ll \frac{\text{AVP}_1 + \text{AVP}_2}{2}$$

10.5 校正磨斑直径 (WS1.4)

按下式计算校正磨斑直径 WS1.4, 以 μm 表示。

$$\text{WS1.4} = \text{MWSD} + \text{HCF} \times (1.4 - \text{AVP})$$

式中,

未知柴油样品的湿度校正系数 HCF=60。

11 试验报告

试验报告应包括：

- a) 参照 ISO 12156 第一部分；
- b) 试验样品的简要说明；
- c) x 和 y 方向上的磨斑尺寸以及未校正的平均磨斑直径 (MWSD)，精确到 $1\mu\text{m}$ ；
- d) 试验开始和结束时的空气温度和相对湿度；
- e) 计算出来的平均绝对蒸汽压 (AVP)；
- f) 校正后的平均磨斑直径 (WS1.4)，精确到 $1\mu\text{m}$ ；
- g) 磨斑表面情况的描述；
- h) 最近一次参考油试验中，对每种参考油试验的日期和试验数据；
- i) 试验日期。

12 精密度和偏差

精度用平均磨斑直径在 $360\mu\text{m}\sim 600\mu\text{m}$ 的燃料油求得。本试验方法的精度是由实验室间的试验结果经统计检查后，根据 ISO 4259 方法计算确定的。

12.1 重复性, r

由同一操作者，用相同的仪器，在恒定的操作条件下，按照试验方法正常操作，对同一试验材料所得两个试验结果之差超过下列数值的几率仅为 5%。

$$r=63\mu\text{m}$$

12.2 再现性, R

由不同的操作者，在不同的试验室，在恒定的操作条件下，按照试验方法正常操作，对同一试验材料所得两个独立试验结果之差超过下列数值的几率仅为 5%。

$$R=102\mu\text{m}$$

附录 A

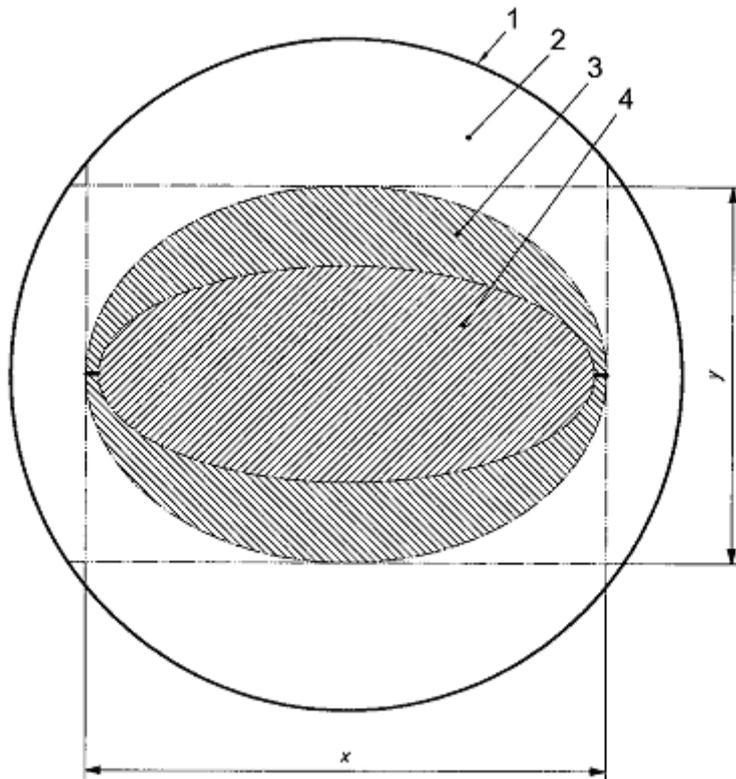
(资料性附录)

HFRR 磨斑的测量

试验球上磨斑的外观随燃料油的类型而变化,特别是当有润滑性添加剂存在时更是如此。总的来说,磨斑看上去是球运动方向上一连串的划痕,它在 x 方向比 y 方向上要稍大。

在有些情况下,例如,当用低润滑性参考油试验时,球上的磨斑和变色(但未磨过)区域的边界是清楚的,这就很容易确定磨斑的尺寸。在另一些情况下,磨斑中心擦伤的部分被不够清晰的磨损区域包围了,并且球上磨损和未磨损的区域没有明显的边界。在这些情况下,要看清或测量真实的磨斑形状是困难的;如图 A.1 所示,整个磨斑包含清晰和不够清晰的区域。

不同类型磨斑的照片实例及整个磨斑边界的评价方法见图 A.2。



- 1 试验球(不按比例)
- 2 未磨损区域
- 3 不够清晰的磨损区域
- 4 磨损区域

图 A.1 — 一个边界不够清晰的磨斑实例

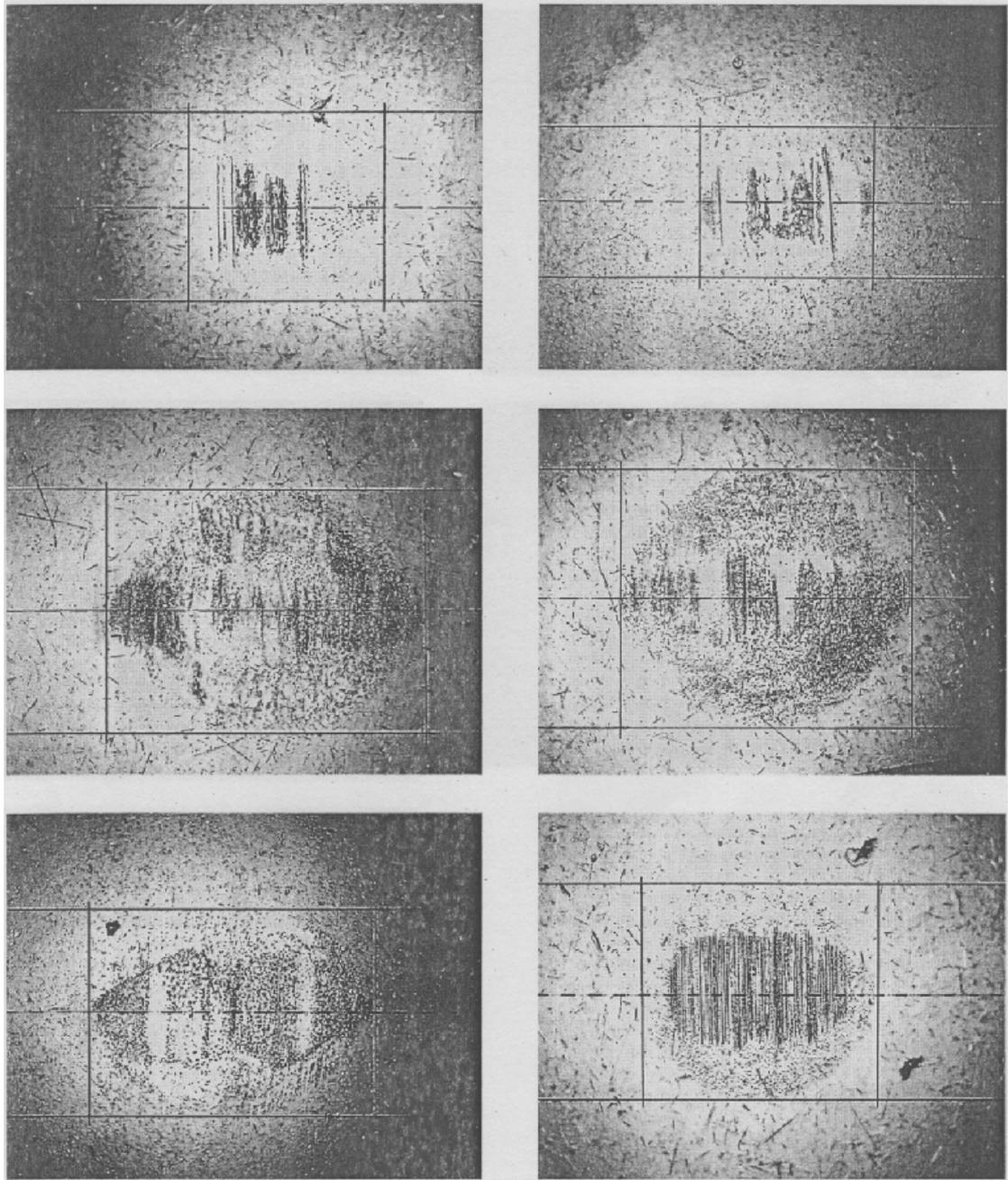


图 A.2 — 磨斑实例

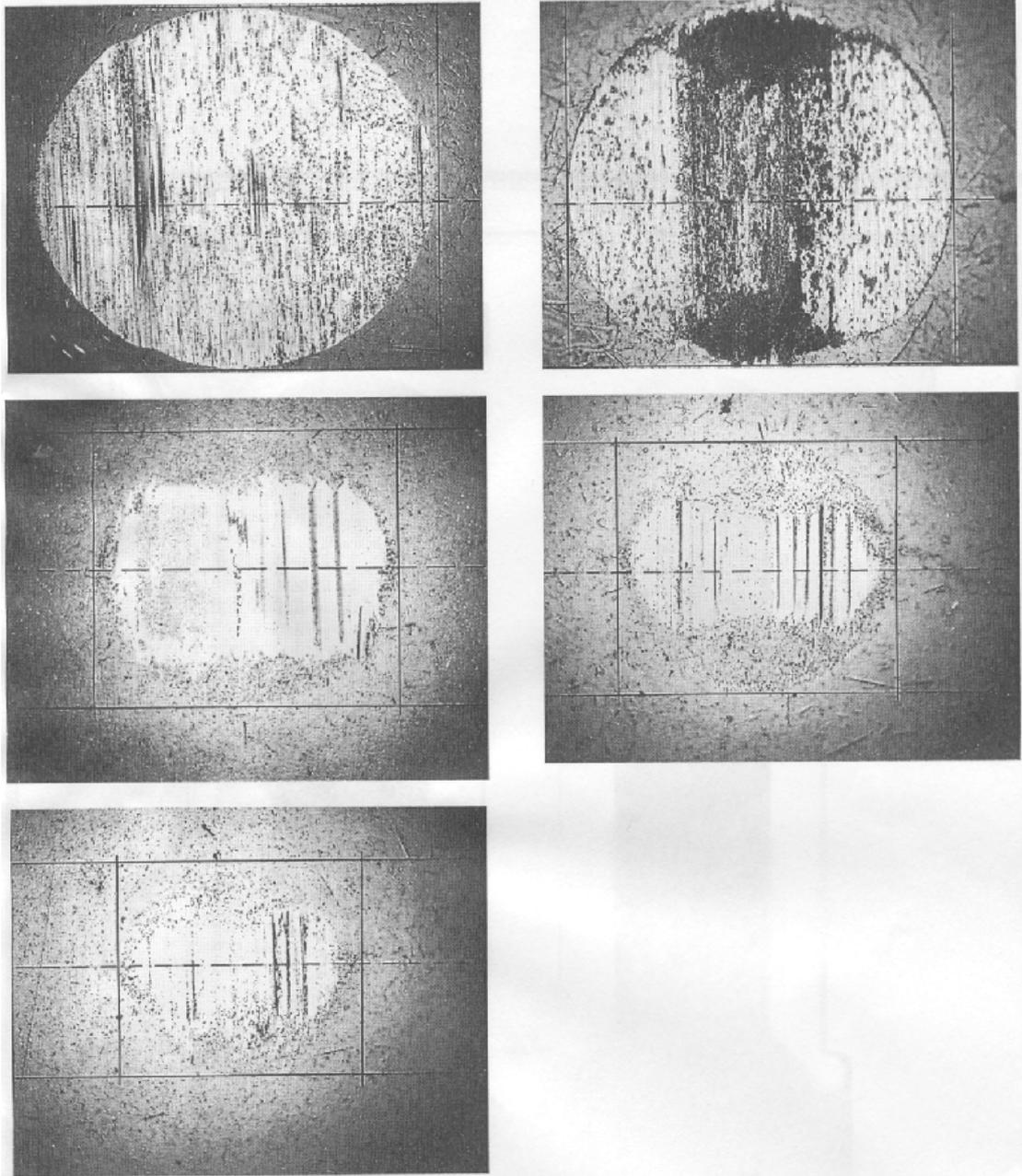


图 A.2 — 磨斑实例（续）