



名称 D4060-14

## 使用泰伯磨耗试验仪测定有机涂层的耐磨性的标准试验方法

本标准以唯一名称 D4060 发布；名称后面的数值为原始引用的年份，如果期间进行修改，则为上一版本的年份。括号中的数字表示上次重新批准的年份，上标（'）表示自上次修改或重新批准以来的编辑更改。

本标准已经被美国国防部的机构批准使用。

### 1. 范围\*

1.1 本测试方法通过在刚性基体的涂层上进行泰氏耐磨试验，如金属板材，测定有机涂层的耐磨性。

1.2 除涂层厚度以“mils”为单位外，所有数值参照国际标准单位。

(1mil=0.001inch=0.0025cm=25um)

1.3 本标准内容上与 ISO 7784-2 相似，但技术上不等同。

1.4 本标准不旨在解决与其使用有关的所有安全问题（如果有的话）。使用者有责任建立适当的安全和健康措施，并在使用前确定是否符合监管限制。

### 2. 参考文件

#### 2.1 ASTM 标准<sup>2</sup>

D823 在试验板上生产薄膜厚度均匀的油漆、清漆及相关产品的实施规程

D968 落沙试验测试有机涂层耐磨性的试验方法

D1005 千分尺测量有机涂层干膜厚度的试验方法

D2240 橡胶性能的测试方法—硬度计硬度

D3924 色漆, 清漆, 喷漆和相关物质状态调节和试验用标准环境的标准规范

D7091 对于适用于黑色金属和非磁性, 不导电涂层的非磁性涂层干膜厚度的无损测量的标准实施规程适用于有色金属

G195 采用旋转平台磨蚀器执行磨损试验的标准指南

1 本测试方法由 ASTM D01 油漆及相关涂料、材料应用委员会制定，由 D01.23 分委员会直接责任对涂料漆膜物理性能的影响直接责任。

当前版本 2014 年 12 月 1 日批准。2015 年 1 月发布。最初于 1981 年获得批准。2010 年批准的最新版

本为 D4060-10。DOI: 10.1520 / D4060-14。

2 有关参考的 ASTM 标准，请访问 ASTM 网站 [www.astm.org](http://www.astm.org)，或通过 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) 与 ASTM 客户服务部门联系。有关 ASTM 标准年度预测卷信息，请参阅 ASTM 网站上的标准文件摘要页面。

本标准末尾出现“变更汇总”部分版权所有©ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, 邮政信箱 C700, West Conshohocken, PA 19428-2959。

## 2.2 其他标准

ISO 7784 - 2 色漆和清漆 耐磨性的测定 第 2 部分: 旋转摩擦橡胶轮法

## 3. 术语

### 3.1 本标准特定术语的定义

3.1.1 耐磨性可以表示为以下一个或多个术语:

3.1.2 磨损指数,  $n$ —旋转一周损失重量的 1000 倍, 以 mg 为单位。

3.1.3 重量损失,  $n$ —指定旋转周数的重量损失, 以 mg 为单位。

3.1.4 每毫米的周期,  $n$ —磨损厚度为 1 毫米 (0.001 英寸) 时需要旋转的周数。



注意: 真空吸入系统未显示。

图. 1 Taber 磨耗测试仪

## 4. 测试方法综述

4.1 将有机涂层以均匀厚度涂到平面刚性面板上, 固化后, 在一定压力和磨蚀作用的条件下, 使用旋转摩擦作用研磨表面。安装在转盘平台上的试样, 转动一个垂直轴, 逆着两个研磨轮的滑动方向转动。一个研磨轮将样品向外摩擦, 另一个将样品向内摩擦。由此在大约 30 平方厘米的面积上, 形成交叉的弧形磨损痕迹图案。

4.2 耐磨性的计算方法为: 在指定的磨损周数下的重量损失; 每周的重量损失; 去除单位涂层厚度所需的循环周数。

## 5. 意义和用途

5.1 基体上的涂层在加工和使用过程中会被磨损。这种测试方法在评估涂层的耐磨性方面是有效的。该测试方法产生的等级与落砂试验 (D968) 有很好的相关性。

5.2 对于某些材料来说, 使用泰伯磨损试验法测试时, 可能由于在测试过程中砂轮磨损特性的变化, 而导致耐磨性能的变化。测试过程中产生的碎屑附着在磨轮表面, 并使其发生变化 (即堵塞)。因此, 要根据磨削类型和试样的不同,

按照相关要求，更频繁的修整磨轮。要确定是否需要更频繁的修整磨轮，需记录每 50 个周期的总重量损失。如果在 500 次循环之前观察到斜率的显著减小，则斜率变化点对应周期为修整磨轮的频率。

## 6. 设备

6.1 泰伯磨损试验仪（图 1），如 G195 指南所描述，结构如下：

6.1.1 一个水平转盘平台；由橡胶垫，夹板和螺母组成，将试样固定在转台上。及固定表面介质的夹紧环。

6.1.2 一个驱动旋转转盘平台旋转的电机， $72 \pm 2$  r/min，110v/60Hz 或  $60 \pm 2$  r/min，230v/50Hz。

注意：不使用砝码和配重附件的情况下，旋转臂对试样产生 250g 的载荷（不包括磨轮本身的重量）

6.1.3 一对旋转臂，磨轮和砝码可以安装到该臂上。通过 250g, 500g 和 1000g 砝码调节磨轮的负载。125g 和 175g 配重副件可以减少式样的载荷，测试过程中可以使用或不使用砝码。

6.1.4 测试过程中使用真空抽吸系统和真空吸嘴清除试样表面的碎屑和磨粒。调节真空吸嘴的高度，吸嘴直径应为 8 毫米，真空系统应在试验开始时运行。

6.1.5 记录转盘平台旋转周期（转数）的计数器。

6.2 磨轮—建议使用泰伯 CS-10 或 CS-17 耐磨橡皮轮，供需双方同意后可使用其他磨轮。由于粘接材料的缓慢硬化，超过产品标记日期或购买期限超过一年的磨轮不应使用。

6.2.1 磨轮厚度为  $12.7 \pm 0.3$ mm，未使用的磨轮外径为  $51.9 \pm 0.5$ mm，磨轮直径不得小于 44.4mm。

注 2：可通过方法 D2240 检查磨轮的硬度。磨轮侧面等距测量至少四点，载荷保持时间 10 秒，然后取平均值。参考肖氏硬度计 A-2 刻度，两种型号磨轮的可接受硬度为  $81 \pm 5$  个单位。

注 3：CS-17 对比 CS-10 更易产生磨损。

6.3 调整介质，S-11 型号研磨盘用于调整磨轮。

## 7. 试样

7.1 将被测试材料的涂层均匀涂在上下表面基本平行的刚性平板上。试样为圆盘或正方形的板，面板中心一个 6.5 毫米的孔。典型尺寸为直径 100 毫米圆盘或边长 100 毫米正方形。试样厚度应不大于 6.3 毫米，通过更换 S-21 延伸螺母或旋转臂高度扩展套件可以提高试样测试厚度上限。

注 4：虽然两块涂层板的最小数量是可以接受的，但是对每种材料进行三块或多块板的评估可以提高测试结果的可信度。

注 5：涂料应按照 D823 实施规定或利害关系方同意。

注 6：干涂层的厚度应该是按照测试方法 D1005 或 D7091 进行测量

注 7：对于厚度大于 6.3mm 但小于 12.7mm 的材料，S-21 延长螺母可用于将样品固定在转台上。这需要在试样中有一个 9.5 毫米的中心孔。另外，一个臂高度扩展套件可以测试厚度达 40 毫米的试样，要求中



心孔为 14.5 毫米。

## 8、校准

8.1 验证 Taber 试验仪的校准设备制造商（见附录 X1）。

## 9、标准化

9.1 每次试验在安装研磨轮时，应确保研磨轮保持在一个恒定的水平线上。

9.1.1 将选定的砂轮安装在各自的法兰座上，注意不要造成其表面磨损。

9.1.2 除非有关方面另有协议，否则应使用 1000 克（每轮）载荷。

9.1.3 将磨面介质（S-11 砂轮）安装在转台上并用夹板、螺母和夹紧环固定到位。小心地降低研磨头，直到砂轮平放在研磨盘上。将真空吸嘴放在适当的位置，并将其调整到  $3 \pm 1\text{mm}$  的距离，或者按照买方和卖方之间在研磨盘上方的约定。

9.1.4 将真空吸力设置为 100。如果有关方面同意，可以降低真空吸力。

9.1.5 当研磨轮在试样表面上运行 50 周期后需要重新翻新。每个 S-11 型砂纸面盘只适合进行一次重铺操作，之后将被丢弃。警告：在重新铺设表面之后，不要刷或触摸车轮表面。

注 8：在测试每个试样之前和每 500 次循环之后，轮子应以这种方式翻新表面。

## 10. 预处理

10.1 在有关方面同意的湿度和温度条件下固化涂层面板。有关更多信息，请参阅规范 D3924。

10.2 除非有关方面另有协议，否则在  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  和  $50 \pm 5\%$  的相对湿度条件下对涂层板进行至少 24 小时的预处理。在相同的环境下进行测试或立即进行测试。

## 11、程序

11.1 如需报告试样磨损指数或重量损失，试样称重精确至 0.1mg 并记录该重量。

11.2 需要以密耳计算磨损系数时，测量试样磨损路径上四个点的涂层厚度，并取平均值。

11.3 将试样安装在研磨转盘平台上，待研磨的一面朝上。使用夹板和螺母固定。将测试样品的磨头和真空吸嘴按 9.1.3 所述位置放置。如 9.1.2 所述固定负荷。按 9.1.4 所述设置真空吸力。

注 9：要产生均匀的磨损图案，试样表面必须平面且平行。如果样品略有翘曲，可以使用型号为 E140-14 的带有环形夹片的边缘样品支架或类似物，将样本夹持在样本周围的平坦刚性板上。

注 10 - 如果使用双工作台磨具，第二个工作台不在使用中，将样品安装到工作台上，并按照 9.1.3 的规定设置真空喷嘴的高度。

11.4 将试样磨损规定的循环次数或直至观察到涂层磨损。在确定磨损终点时，应定期停止仪器以检查试样。

11.5 用刷子清除试样上残留的松散磨损残留物。重新称重测试样本。

11.6 对被测材料的至少一个附加试样重复 11.1-11.5。(见注 4)

## 12、计算

12.1 磨损指数 - 按以下方法计算试样的磨损指数 I:

$$I = (A - B) 1000 / C \quad (1)$$

式中:

A = 试样磨损前的重量, mg,

B = 试样磨损后的重量, mg,

C = 磨损循环次数。

表 1 Taber 磨损值精度

涂层	重复性标准	再现性标准	重复性	再现性
	平均 X	偏差 sr	偏差 sR	极限 r R
聚酰胺/环氧涂料 A	129.6	3.1	15.3	8.7 43
聚酰胺/环氧涂料 B	109.1	14.6	19.1	40.9 53.6
聚氨酯涂料	49.5	3	6.1	8.3 17.2
聚酯/环氧粉末涂料	61.3	2.6	6.8	7.1 19.1
尼龙粉末涂料	7.7	1.6	3.2	4.4 8.9

质量单位 毫克

12.2 重量损失 - 测试样品的重量损失 L 如下:

$$L = A - B \quad (2)$$

式中:

A = 磨损前试样重量, mg,

B = 磨损后试样重量, mg。

12.3 密耳磨损次数 - 按下式计算试样的密耳磨损次数 W:

$$W = D / T \quad (3)$$

式中:

D = 将涂层穿透到基底上所需的磨损循环次数

T = 涂层厚度, 密耳。

注 11 在计算磨损指数时, 最好放弃最后 200 个周期, 因为结果可能受到裸露衬底磨损的影响。

注 12 - 在计算磨损周期时, 建议丢弃第一个和最后一个读数, 因为第一个读数可能受到不平整表面的影响, 最后是基体的磨损。

## 13. 报告

13.1 报告每个测试材料的以下信息:

13.1.1 调节过程中和测试时的温度和湿度,

13.1.2 指定磨损周期时的涂层厚度,

13.1.3 使用的砂轮类型和不同的表面重磨次数注 8,

- 13.1.4 施加在砂轮上的载荷（每个臂），
- 13.1.5 真空吸嘴高度，
- 13.1.6 真空抽吸设定，
- 13.1.7 每个试样记录的磨损次数，
- 13.1.8 每个试样的磨损指数，以及重量损失或磨损周期，
- 13.1.9 重复涂层板的耐磨值的平均值和范围。

#### 14. 精度和偏差<sup>5</sup>

14.1 本测试方法的精密度基于 2006 年进行的 D4060-01 测试方法的实验室间研究。7 个实验室测试了 5 种材料。每个“测试结果”代表个人判断。每个实验室获得每种材料 5 个重复样品<sup>5</sup>

14.1.1 重复性 - 如果一个实验室获得的两个测试结果的差异超过表 1 给出的“r”值，则判断为不等同；“r”是代表相同的材料的两个测试结果之间的临界差异的间隔，由相同的操作员使用相同的设备在同一实验室中在同一天获得。

14.1.2 再现性 - 如果两种测试结果的差异超过表 1 中给出的材料的“R”值，则判断为不等同；“R”是代表不同实验室中使用不同设备的不同操作者获得的相同材料的两个测试结果之间的差值的区间。

14.1.3 根据这两个陈述进行的任何判断置信区间为 95%。

14.1.4 精度声明是通过统计分析七个实验室对五种材料的 173 个结果而确定的。

注 13 - 2001 年之前颁布的这种测试方法的版本规定，真空喷嘴高度在试样表面上方 1 毫米。这不是设备制造商的意图，因为它可能导致在磨损轨道半径上的真空拾取效率的变化。表 1 中总结的数据利用了样品表面上方 6.5mm 的真空喷嘴高度和 100 的真空设置。

14.2 偏差 - 在研究时，没有可接受的参考资料适合用来确定本测试方法的偏差，因此没有对偏差的说明。

#### 15. 关键词

15.1 耐磨性 磨损指数；泰伯磨耗测试仪

---

附录支持数据已在 ASTM 国际总部提交，可通过请求研究报告 RR: D01-1135 获得。通过 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) 与客户服务部门联系。

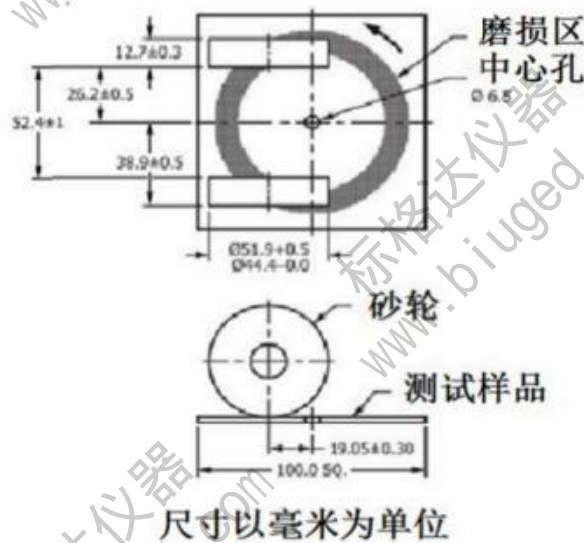
## 附录

(非强制性信息)

### X1、校准验证

X1.1 为便于验证 Taber Abraser 的校准，提供了一套快速可靠的系统检查工具。该套件不能作为常规仪器校准的替代品。套件中的程序允许用户校验：

X1.1.1 车轮定位和跟踪 - 车轮应该从车轮安装法兰到试样支架中心两侧的距离相等。当放置在试样上时，研磨轮将与样品表面的外围接合，研磨轮外围和接触部分试样的行进方向成锐角，并且一个车轮外围的行进角度与另一个的相反。车轮内表面间距为  $52.4\pm 1.0\text{mm}$ ，通过两根主轴的假想线距离转台中心轴  $19.05\pm 0.3\text{mm}$ （图 X1.1）。



示意图：转盘平台上车轮位置。

图 x1.1 安排 Taber 耐磨测试设置

X1.1.2 车轮轴承状况 - Taber 研磨轮的轴承应能够围绕其水平主轴自由旋转，当通过食指快速驱动使轮子快速旋转时。

X1.1.3 真空吸力 - 抽吸装置中的空气压力不得低于 137 毫巴（用吸力计测量）。

注 X1.1-真空吸力可能受到收集袋状况的影响，必须定期清空或更换。任何连接或密封泄漏也会影响吸力。

X1.1.4 转台平台位置 - 从 Taber 磨轮臂的枢轴点中心到转台平台顶部的垂直距离应为大约 25 mm。转盘平台应基本上在一个平面内旋转，距离其周边 1.6mm 的距离不大于 0.10mm。

X1.1.5 转盘速度 - 转盘应按 6.1.2 规定的速度旋转。

X1.1.6 负载 - 标记为 500 g 的附件重量应为  $250\pm 1\text{ g}$ ，标记为 1000 g 的附件重量应为  $750\pm 1\text{ g}$ 。

## 摘要变化

D01 委员会已经确定自上次发行 (D4060-10) 以来可能影响本标准使用的选定变更的地点。(2014 年 12 月 1 日批准)

- (1) 删除英寸磅的单位的测量。
- (2) 指定如何将光面介质固定到转盘上, 并将 9.1.3 中的真空喷嘴间隙改为  $3 \pm 1.00$  mm。
- (3) 在第 9.15 段增加了关于光盘使用寿命的声明。
- (4) 在测量涂层厚度时, 删除“小数点后一位”的陈述 (第 12.3 段)。

ASTM International 对任何与本标准中提到的任何项目有关的专利权的有效性不承担任何责任。明确表示, 本标准的使用者确定任何此类专利权的有效性以及侵犯其权利的风险完全是他们自己的责任。

本标准随时由技术委员会负责修改, 每五年审查一次, 未经修改的, 不予修改或者撤销。您的意见被邀请修改本标准或其他标准, 并应发送到 ASTM 国际总部。您的意见将在您可能参加的负责技术委员会的会议上得到认真的考虑。如果您觉得您的意见没有得到公正的审理, 您应该将您的意见通过 ASTM 标准委员会 (见下面的地址)。

本标准由美国 ASTM 19428-2959, West Conshohocken, PO Box C700, 100 Barr Harbor Drive, ASTM International 公司拥有版权。本标准的个别复印件 (单份或多份) 可以通过联系上述地址的 ASTM 或 610-832-9585 (电话), 610-832-9555 (传真) 或 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-邮件); 或通过 ASTM 网站 ([www.astm.org](http://www.astm.org))。版权许可中心 (222) 也可以保护复印权限 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, 电话: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>