



**ASTM E45 - 13**  
**钢中夹杂物含量的测定—标准检验法**  
**( 中文版 )**

**Standard Test Methods for Determining  
the Inclusion Content of Steel**

美国材料与试验协会

2013

## 目 录

1. 范围 .....	1
2. 引用文件 .....	1
3. 术语 .....	2
4. 重要性和用途 .....	2
5. 宏观检验法综述 .....	3
6. 显微检验法综述 .....	4
7. 取样 .....	5
8. 试样尺寸 .....	5
9. 试样制备 .....	8
10. 校准与标准化 .....	8
11. 夹杂物分类与评级 .....	8
12. A 法（最恶劣视场） 11 .....	10
13. B 法（长度） .....	19
14. C 法（氧化物和硅酸盐） .....	20
15. D 法（低夹杂物含量） .....	21
16. E 法（SAM 评级） .....	24
17. 检验报告 .....	25
18. 精确度和偏差 .....	25
19. 关键词 .....	26

## 钢中夹杂物含量的测定—标准检验法<sup>①</sup>

本标准的固定编号为 E45；其后面的数字表示最初采用或最后修订的年份。括号里的数字表示此标准的最后重新批准时间。上标希腊字母（ε）表示最后一次修订或复审后的编辑修改。

本标准已经被美国国防部各下属机构批准使用。

### 1. 范围

- 1.1** 本标准检验法包含了测定锻钢中非金属夹杂物含量的多种公认程序。宏观检验法包括宏观浸蚀、断口、台阶和磁粉法。显微检验法包括五种普遍使用的检测方法。在显微方法中，夹杂物基于形态相似而划归一类，而不考虑其化学特征。本标准也简要介绍了鉴别形态相似夹杂物的金相技术。当这些显微方法主要用作夹杂物评级时，其中一些方法也适用于评定碳化物、氮化物、碳氮化物、硼化物和金属间化合物等组成。在某些情况下，非钢合金也可以采用这些方法中的一种或多种进行评定；就在钢中的应用情况，对这些方法进行描述。
- 1.2** 本规程包含了利用显微方法 A 和 D 中的自动图像分析对 JK 型夹杂物进行评级的程序。
- 1.3** 按照钢的种类和性能要求，测定夹杂物含量时可采用宏观检验法，也可采用显微检验法，或者二者结合使用，以得到最满意的结果。
- 1.4** 这些检验方法仅仅为推荐方法，对任何级别的钢种而言，这些方法都不能视作合格与否的规定界限或评定界限。
- 1.5** 以国际单位制 SI 表示的数值视为标准值，圆括号内的数值是转换和近似值。
- 1.6** 本标准未注明与安全相关的事项，如果有的话，也只涉及本标准的使用。标准使用者有责任建立适当的安全和健康操作规程，并且在使用前确认规定界限的适用性。

### 2. 引用文件

#### 2.1 ASTM 标准：<sup>②</sup>

- D 96 用离心法分离原油中水和沉淀物的检验方法（现场程序）
- E 3 金相试样制备指南
- E 7 金相学相关术语
- E 381 钢棒，钢坯，钢锭和锻件的宏观浸蚀检验方法
- E 709 磁粉检验指南
- E 768 钢中夹杂物的自动评定和试样制备操作规程
- E 1245 用自动图像分析法测定金属中夹杂物或第二相组分操作规程
- E 1444 磁粉检验操作规程
- E 1951 光学显微镜刻线和放大倍数的校准指南

#### 2.2 SAE 标准：<sup>③</sup>

- J422, 钢中夹杂物测定的推荐操作规程

#### 2.3 航空材料规范：<sup>③</sup>

- AMS 2300, 高级航空器性能钢的清洁度：磁粉检测程序
- AMS 2301, 航空器性能钢的清洁度：磁粉检测程序

<sup>①</sup> 本标准规程由 ASTM 委员会 A04 金相学管辖，由 A04.09《夹杂物》分委员会直接负责制定。

现行版本于 2013 年 5 月 1 日批准，于 2013 年 5 月出版。本标准于 1942 年最初出版。此标准前版本于 2011 年作为 E45-11a 出版。DOI: 10.1520/E0045-13.

<sup>②</sup> 对于 ASTM 的参考标准，可登陆 ASTM 网站，[www.astm.org](http://www.astm.org) 或联系 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) 的 ASTM 客户服务部。ASTM 标准年报资料，参见 ASTM 网站的本标准的文件概要页。

<sup>③</sup> 对于 SAE 的参考标准，可从 SAE 协会的国际部处获得，通信地址：400 Commonwealth Dr., Warrendale PA 15096-0001 可登陆 SAE 网站 [www.sae.org](http://www.sae.org)

AMS 2303, 航空器性能钢的清洁度: 马氏体耐蚀钢磁粉检测程序

AMS 2304, 特种航空器性能钢的清洁度: 磁粉检测程序

#### 2.4 ISO 标准<sup>④</sup>

ISO 3763, 锻钢中非金属夹杂物含量的宏观评定法

ISO 4967, 钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法

#### 2.5 ASTM 附件:

钢中夹杂物评级图I-A和评级图II<sup>5</sup>

低碳钢的 4 张显微照片<sup>6</sup>

### 3. 术语

#### 3.1 定义:

3.1.1 本标准中用到的定义, 见术语 E7。

3.1.2 ASTM E7 中包含了术语“夹杂物个数”; 由于这些检验方法中有些涉及到长度测量, 或涉及到将长度或个数转化为数字表示, 或者两者均包含在内, 因而用“夹杂物级别”一词更好。

#### 3.2 本标准的专业术语定义

3.2.1 形态比——显微特征的长/宽比。

3.2.2 断续的串(条)状夹杂物——3 个或 3 个以上的 B 类或 C 类夹杂物颗粒排成一行, 平行于热加工轴的方向, 偏移量不超过 15  $\mu\text{m}$ , 任意两个相邻夹杂物颗粒的间距小于 40  $\mu\text{m}$  (0.0016 英寸)。

3.2.3 夹杂物类型——对硫化物、氧化铝、硅酸盐类夹杂物的定义, 见术语 E7。球状氧化物, 有的检验方法中称为孤立的、相对不变形的夹杂物, 形态比不大于 2 : 1。在其它方法中, 氧化物被划分为可变形的和不可变形的两类。

3.2.4 JK 夹杂物级别——一种基于瑞典 Jernkontoret 程序的、评定非金属夹杂物的方法。A 法和 D 法是主要的 JK 评级法, E 法也使用 JK 评级图谱。

3.2.5 串(条)状夹杂物——一(串)条在变形方向高度拉长的夹杂物, 3 个或 3 个以上的 B 类或 C 类夹杂物颗粒排成一行, 平行于热加工轴的方向, 偏移量不超过 15  $\mu\text{m}$ , 任意两个相邻夹杂物颗粒的间距小于 40  $\mu\text{m}$  (0.0016 英寸)。

3.2.6 阈值设定——表示灰度级别的一个范围值, 显示了显微视场的灰度选择情况。

3.2.7 最恶劣视场评级法——对试样中每类夹杂物进行评级时, 取整个检验面上该类夹杂物最严重的视场级别作为最终级别值的评定方法。

### 4. 重要性和用途

4.1 这些检验方法包括 4 种宏观检验方法和 5 种微观检验方法(手动和图像分析), 用来描述钢中夹杂物的含量和输出检验的结果报告。

4.2 夹杂物是以尺寸、形状、密集程度和分布状态来表征的, 而不考虑其化学组成。尽管化学组成没有鉴定, 显微检验法已把夹杂物归入以下几种化合物(硫化物、氧化物、硅酸盐和氧化物)。第 12.2.1 节描述了一种有效区别夹杂物的金相技术。只有出现在检验面的那些夹杂物才能被检测到。

4.3 相对于显微检验法, 宏观检验法能测定更大面积的表面, 而且由于其检测是肉眼可见或在低倍下进行的, 因而它们更适合于检测大型夹杂物。宏观检验法不适于检测长度小于 0.40mm(1/64 英寸)的夹杂物, 且这种方法不能按类型分辨夹杂物。

4.4 显微检验法用来表述那些因脱氧或钢液凝固析出而形成的夹杂物的特征。这些夹杂物以

<sup>④</sup> 可从美国 ANSI 协会处获得, 通信地址: (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

<sup>5</sup> 可从美国 ASTM 国际总部处获得, 附件编号: ADJE004502A。原附件出版于 1983。修订于 2011。

<sup>6</sup> 可从美国 ASTM 国际总部处获得, 附件编号: ADJE004501。原附件出版于 1983

形态即尺寸、形状、密集程度和分布等来表征，而没有特别考虑化学组成。显微检验法不倾向于评定外来夹杂物（如夹渣或耐火材料）的含量。

- 4.5** 由于一批钢中的夹杂物分布随位置而异，所以必须进行统计抽样来测定夹杂物的含量。抽样数量必须与检验批的尺寸和其特性相符合。对于夹杂物含量非常低的材料，可采用自动图像分析法进行评定，该方法的显微评级结果更加准确。
- 4.6** 宏观和显微检验法的结果可以用于使材料具有发货的资格，但这些方法不能作为材料接收或拒收的依据。采用这些检验方法获得的数据可通过鉴定标准来评估，见 ASTM 产品标准，或在用户与生产商的协议中进行规定。通过用户与生产商之间的协议，本标准可以修改只用来评定某种夹杂物的类型和厚度，或者只判定那些在某种严重级别以上的夹杂物，或者两者都包括。同样，根据协议，定性分析可应用于以下情况：对每一类夹杂物及每个宽度系列只评定夹杂物最严重级别的情况，或只有含夹杂物最严重的视场数被统计列表的情况。
- 4.7** 这些检验方法主要用于锻制金属件。由于没有规定最小变形量，故这些检验方法不适用于铸件和轻微加工件。
- 4.8** 对用稀土添加物或含钙化合物处理过的钢种，本标准提供了其夹杂物的评定原则。当这些钢被评估时，检验报告应按 A、B、C、D 类分别描述夹杂物的种类特性。
- 4.9** 除了采用规程 E45JK 评级外，还可以进行基础的立体逻辑度量（如规程 E1245 中所用）。例如，硫化物和氧化物的体积分数，每平方毫米面积上硫化物或氧化物的数量，夹杂物之间的间距等等，这些测量可分别进行，并把结果计入检验报告。不过，本规程不提供这些参数的测量。

## 宏观方法

### 5. 宏观检验法综述

#### 5.1 概要

**5.1.1** 宏观浸蚀试验——宏观浸蚀试验用来显示夹杂物的含量和分布，通常在横截面或与轧制、锻造方向垂直的截面上进行。有些情况下，在纵截面上也可进行检验。通过待检测的区域切取和机加工出一个截面，并采用合适的试剂浸蚀。在 71~82 °C (160 ~ 180 ° F) 的温度下由 1 份盐酸和 1 份水组成的溶液广泛使用。正如本检验法名称所示，用肉眼或低倍率下对浸蚀面进行夹杂物检验。有关本检验的详细内容，见方法 E381。对于可疑的迹象，应通过显微法或其他方法核实。

**5.1.1.1** 当使用 5.1.1 中所描述的标准浸蚀剂时，硫化物表现为凹坑。

**5.1.1.2** 本检验方法只能检测大型氧化物夹杂。

**5.1.2** 断口检验——断口方法用于确定厚度约为 9~13 mm (3/8 ~ 1/2 英寸) 的硬化工件断口上夹杂物的存在和位置。本检验大多用于那些硬度约 60HRC 且断面晶粒尺寸不大于 7 级的钢种。试样表面不能有过多促使断裂的凹槽或缺口。断口最好在接近工件中心的纵轴方向上。用肉眼或放大约 10 倍即可检测断口表面夹杂物的长度和分布。氧化着色或发兰处理有助于提高断续状氧化物的显著性。ISO 3763 为断口表面夹杂物的评定提供了图谱对比法。例如，用这种方法长度为 0.40 mm (1/64 英寸) 的夹杂物可检验出来。

**5.1.3** 台阶法——台阶检验方法用来评定轧钢或锻钢加工面上的夹杂物。试样在表面下被加工成规定的直径，在良好的照明下，用肉眼或低倍率下观察夹杂物。在一些实例中，试样在初始检验后被加工成更小的直径，进行更深入的检验。该方法基本上用于检测长度  $\geq 3$  mm (1/8 英寸) 的夹杂物。

**5.1.4** 磁粉法——磁粉法是台阶法的一种变换方法，用于铁磁材料，试样经过加工，磁化，

---

---

## 完整版本请在线下单

或咨询：

TEL: 400-678-1309

QQ: 19315219

Email: [info@lancarver.com](mailto:info@lancarver.com)

<http://www.lancarver.com>

---

---

## 线下付款方式：

### 1. 对公账户：

单位名称：北京文心雕语翻译有限公司

开户行：中国工商银行北京清河镇支行

账 号：0200 1486 0900 0006 131

---

---

### 2. 支付宝账户：[info@lancarver.com](mailto:info@lancarver.com)

---

---

注：付款成功后，请预留电邮，完整版本将在一个工作日内通过电子 PDF 或 Word 形式发送至您的预留邮箱，如需索取发票，下单成功后的三个工作日内安排开具并寄出，预祝合作愉快！

---