ICS 77.040.01
H 24

中华人民共和国国家标准

GB/T 18876.1—2002

应用自动图像分析测定钢和其他金属中金相组织、夹杂物含量和级别的标准试验方法 第1部分：钢和其他金属中夹杂物或第二相组织含量的图像分析与体视学测定

Standard practice for determining the metallographical constituent and inclusion content of steels and other metals by automatic image analysis —Part 1: Determining the inclusion or second-phase constituent content of steels and other metals by automatic image analysis and stereology

2002-11-29 发布　　2003-06-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局　发布

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

前　言

GB/T 18876《应用自动图像分析测定钢和其他金属中金相组织、夹杂物含量和级别的标准试验方法》分为如下三部分：

——第1部分：钢和其他金属中夹杂物或第二相组织含量的图像分析与体视学测定；

——第2部分：钢中夹杂物级别的图像分析与体视学测定；

——第3部分：钢中碳化物级别的图像分析与体视学测定。

本部分为GB/T 18876的第1部分。

本部分修改采用ASTM E 1245—2000《应用自动图像分析测定金属中夹杂物或第二相组织含量的标准试验方法》标准。

为了便于使用，本部分做了下列修改：

a) 名称改为“应用自动图像分析测定钢和其他金属中金相组织、夹杂物含量和级别的标准试验方法　第1部分：钢和其他金属中夹杂物或第二相组织含量的图像分析与体视学测定”；

b) 标准格式按GB/T 1.1—2000《标准化工作导则　第1部分：标准的结构和编写规则》编写；

c) 在“1　范围”内删掉ASTM标准的“1.4”条和“1.5”条；并在正文中删掉英制单位；

d) 增加“3　术语和定义”，内容与ASTM E7标准中的术语定义等同；

e) 将“4　符号”中单位统一为毫米(mm)；

f) 删掉ASTM标准的“16　关键词”，适当增加了中文文献。

本部分由原国家冶金工业局提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会归口。

本部分负责起草单位：大冶特殊钢股份有限公司、北京科技大学、冶金工业信息标准研究院。

本部分参加起草单位：武汉钢铁(集团)公司、抚顺特殊钢(集团)有限责任公司。

本部分主要起草人：赵咏秋、刘国权、栾　燕、周立新。

本部分参加起草人：雷应华、黄小萍。

引　言

本部分用于描述钢中内生夹杂物(硫化物、氧化物)的总量、计数、尺寸和间距的体视学测量。本方法的原理也适用于其他金属中夹杂物或任何材料中离散第二相组织的评定。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

应用自动图像分析测定钢和其他金属中金相组织、夹杂物含量和级别的标准试验方法 第1部分:钢和其他金属中夹杂物或第二相组织含量的图像分析与体视学测定

1 范围

1.1 本部分规定了应用自动图像分析对钢和其他金属中内生非金属夹杂物的基本形貌特征进行体视学测定的方法。本部分也适用于任何离散第二相组织的测定。

注:本部分仅应用体视学与图像分析测量方法对纵向抛光平面上的夹杂物或其他第二相粒子的平均特征参量进行评估。对于在加工成形过程中按某一方式发生了旋转或重新排列的空间组织所得信息本身不能提供这些组织的三维描述。这样的信息研究需要通过在三个相互垂直的平面上进行测量,不属本试验方法范畴。

1.2 本部分着重解决被测量的组织特征在难以获得可靠的统计学数据时,如何获得体视学数据的问题。

1.3 本试验方法仅作为推荐试验方法,它没有任何硬性规定和合格范围。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 13298 金属显微组织检验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于GB/T 18876.1的本部分。

3.1

检测的特征物 detected feature

指被分离检测了氧化物、硫化物等夹杂物和其他需检测的第二相组织。这种检测是通过调节灰度门槛值使其达到某一种组织特定的灰度值域来实现的。

3.2

外来夹杂物 exogenous inclusions

指截留在金属中的外来物质,其分布形式是不均匀的和不可预测的。

3.3

特征物测量 feature-specific measurements

对视场里每个检测的特征物分别进行测量。

3.4

视场测量 field measurements

对视场里所有的检测的特征物进行整体测量。

3.5

闪变方法 flicker method

为了建立对特征物的最佳辨别力和检测状态，调节灰度门槛值时，在选取的原图像和处理后的图像之间来回进行切换比较的方法。

3.6

灰度 gray level

显示在终端屏幕上的界于黑白之间的非彩色的颜色值域，它是被检测的特征物自身所具有的。

3.7

内生夹杂物 indigenous inclusions

在凝固过程之中和之后，那些不溶解的非金属相自然析出而产生的夹杂物(硫化物)，或在凝固过程之前或之中与残余氧含量相结合而产生的夹杂物(氧化物)，它们遍布金属并以一种有联系的可预测的方式分布着。

3.8

批 lot

在相同时间经过相同工艺处理的一组材料。

3.9

形态 morphology

显微结构相或组织的形状和尺寸。

3.10

体视学方法 stereological method

通过二维截面的测量来推断或表述三维显微结构特征的方法。

3.11

门槛值设定 threshold setting

显微镜视场里由一种组织显示的灰度值域的范围，用于将原来的灰图像或彩色图像变换为黑白二值图像以便进行定量分析。

4 符号

$\overline{A}$——夹杂物或第二相粒子的平均面积，每平方毫米(mm^2)；

A_A——夹杂物或组织的面积分数；

A_i——检测的单颗特征物的面积；

A_T——测量面积(视场面积)，每平方毫米(mm^2)；

H_r——一个视场里的夹杂物或组织在热加工方向的投影长度，毫米(mm)；

$\overline{L}$——夹杂物或组织在热加工方向的平均长度，毫米(mm)；

L_r——扫描线、像素线或网格线的真实长度(线的数目乘以线的长度除以倍率)，毫米(mm)；

N_A——每单位面积上给定类型的夹杂物或组织的数目；

N_i——一个视场里的夹杂物、组成粒子或特征物截点的数目；

N_L——每单位长度(mm)扫描线、像素线或网格线上的夹杂物或组成粒子的截点数；

n——被测量的视场数；

PP_i——检测的像素点的数目；

PP_T——一个视场面积里像素点的总数目；

S——标准偏差；

V_V——体积分数；

$\overline{X}$——平均测量值；

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

X_i——单颗特定测量值；

ΣX——在 n 个视场上特定测量值的总和；

ΣX^2——在 n 个视场上特定测量值的平方的总和；

λ——夹杂物或组织在垂直于热加工方向上的平均自由程；

95%CI——95%置信区间；

%RA——相对精确度百分数，%。

5 试验方法概要

将钢和其他金属中内生夹杂物或第二相组织的金相试样制备好以后，放在光学显微镜或扫描电镜下进行观察，其图像通过高分辨率扫描或摄像系统检测后，在高分辨率显示器上显示。通过比较组织与组织、组织与未腐蚀基体之间的灰度差来进行夹杂物和第二相组织的检测与鉴别，根据鉴别图像上像素点的状态来完成测量。在选择观察的各个视场上完成测量，通过逐个视场或逐个特征物的测量值的变化情况来获得测量数据的统计值。

6 意义和应用

6.1 本部分适用于金属中内生夹杂物或第二相组织的评定，它是应用体视学原理由自动图像分析仪完成的。

6.2 由于外来夹杂物具有偶然性和不可预测的分布性，本部分不适用于钢和其他金属中外来夹杂物的评定，需采用多种方法结合起来进行全面的检测。例如，用超声波确定外来材料出现的位置和确切的特征之后，再截取被怀疑的区域，将截取的试样逐步研磨，直至外来物质露出表面，再进行鉴定和单独测量。可直接测量具体尺寸。

6.3 由于受成分变化、凝固条件和工艺过程的影响，给定的同一批材料里各试样的内生夹杂物总量也会不一致，因此，对同一批材料进行夹杂物评估时必须以统计方式取料。以一炉钢为单位取的试样为大批，以一炉钢中的一个钢锭为单位取的试样为小批。截取试样的数量必须充足，一般情况下按批的尺寸和特性而定。

6.4 本部分也适用于任何钢铁(或其他金属)产品的内生夹杂物评估。无论具有什么样的尺寸和形状，只要有足够的测量视场，就可获得合理的、可信赖的统计学数据。产品制造过程会影响夹杂物的形貌特征，报告中必须陈述相关的制造情况，即产品的形变过程。

6.5 取样方法必须按照各钢种(金属)对应的技术标准和夹杂物评定方法执行，以便使相同或类似钢种以及其他金属的不同批次的夹杂物测量结果具有可比性。

6.6 测量过程是应用反射光在被检测的三维物体的二维平面上进行的，并依赖于以统计方式确立的体视学数学关系式[1)2)]来完成(见第 1 章的注)。

6.7 因为与热加工轴向所成角度不同的截面取向会影响测试结果，通常采用纵向试样来评定可变形夹杂物的变形程度。

6.8 对不完全致密的铸造金属或锻造部件进行氧化物检测时，可能会将其中的细小疏松、显微缩孔当成氧化物部分或全部检测而产生测量偏差，因此，不推荐用此方法对存有上述缺陷的材料进行氧化物评定。硫化物容易与孔洞区别，通常可以用此方法测量。

6.9 本方法测量的结果可以作为供、需双方协议中规定的交货合格证明，也可以作为加工路线、工艺参数比较和材料结构-性能-表征研究的数据依据。

---

1) Underwood E. E. Quantitative Stereology. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA, 1970

2) 余永林，刘国权. 体视学：组织定量分析原理和应用. 北京：冶金工业出版社，1989 年

7 干扰

7.1 凝固、热塑性不足或热加工工艺不当在金属里造成的孔洞与氧化物的灰度相近，可能被当成氧化物检测。

7.2 如果外来夹杂物正好处在抛光面上，也会被当成氧化物检测，使内生氧化物测量值产生偏差。这种情况的处理办法在13.5.9中规定。

7.3 抛光技术不当在抛光表面留下的人为缺陷，如太大的划痕、夹杂物周围或里面产生的孔洞、夹杂物整体或部分脱落、水溶性夹杂物溶解、太大的浮凸等，会导致夹杂物测量值产生偏差。

7.4 抛光表面上存在的灰尘、纸屑、油迹、水锈和其他一切外来碎片都会造成测量值偏差。

7.5 自动载物台程序控制不当，使试样跑到物镜之外而检测了空白视场会造成测量值偏差。

7.6 造成图像位移的震动应予以消除。

7.7 显微镜和摄像系统里存积的灰尘造成的假象可能被当成夹杂物检测。因此，必须保持图像系统的清洁。

8 装置

8.1 需要配备一台反射光显微镜来进行显微组织图像的显示和观察，该显微镜应当是高质量的、研究型的、最好是正置式的并配备有适当倍率的明场物镜。倒置式的或装有照相机的金相显微镜也可使用；但难以进行自动载物台控制。

8.2 推荐使用程序化的自动载物台来实现 X、Y 方向的自动移动控制，这种控制可以防止视场选择的倾向性和减轻操作者疲劳程度。

8.3 在功能可靠的情况下，可以使用自动聚焦装置。但需注意的是，在钢或金属中夹杂物含量很少或在试样不平的情况下，该装置可能发生不可靠聚焦。

8.4 要求使用配备有高光敏度摄像机的图像分析仪来执行夹杂物的检测、鉴别和测量工作。

8.5 需要一台微型计算机来储存和分析测量数据。

8.6 需要一台打印机以方便的格式输出数据和相关的鉴别或背景信息。

8.7 安置设备的房间要求灰尘相对较少，温度、湿度适当，避免仪器生锈或产生静电。如果震动太厉害，还应采取隔震措施。

9 取样

9.1 一般情况下，应从一炉钢的一批钢锭里有代表性的部位取样，具体规定按相应的产品标准或供需双方协议而定。

9.2 给定的一个熔炼批或一个熔炼批的子单元里的夹杂物的表征随试样数目的增加而改善。从钢锭头部或尾部（切头之后）取的钢坯试样具有最恶劣的夹杂物，而在钢锭中部取的试样相对来说更具有代表性。此外，夹杂物含量还随钢锭浇注顺序而变化。因而，应按浇注顺序在第一、中间和最后一个钢锭上取样。连铸钢各部位夹杂物含量变化趋势与模铸钢相似，取样方案可根据超声波判断、工艺参数和供需双方协议等综合条件指导制订。

10 试样

10.1 一般情况下，同一批试样取向相同。试样抛光面必须平行于变形加工轴向（参照对应的技术标准），并通常在四分之一厚度处取样。也可根据需要在次表面、中心部位或其他部位取样。

10.2 为了保证在必要的倍率下至少测试100个视场，只要材料形状允许，抛光面面积应尽可能大一些，最好不小于160 mm^2。

10.3 薄型产品的试样可以采用夹具将一定数量的纵向试样镶嵌或夹在一起，使试样面积满足测量

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

需要。

11 试样制备

11.1 图像仪对试样表面质量要求极高，因此，金相试样磨制过程必须极其小心，磨制方法按 GB/T 13298 执行。

11.2 抛光过程应避免产生过多的浮凸、凹坑、破裂、脱落，以至改变夹杂物的真实外貌。通常，较细小的划痕（如经 1 μm 金钢石研磨后留下的痕迹）不影响夹杂物的测量，而太重的划痕则应予以避免。研磨后的试样必须认真地适当地进行清洗。有条件时建议使用自动研磨——抛光机进行制样。

11.3 抛光试验方法按 GB/T 13298 执行。

11.4 试样经淬火后，夹杂物较容易保存下来。因此，经退火、正火或类似轧材硬度的试样应进行标准的热处理（淬火），以便进行合理的测评。由于处在碳化物位置上的夹杂物在淬火条件下容易破碎和脱落，因此，建议在淬火之后加一道回火工艺。一般情况下，采用 200℃～260℃的低温回火即可。

11.5 根据试样的尺寸、形状、可用的设备及大批量形状和尺寸合适的试样是否采用手工抛光等情况来决定试样是否需要上夹具或镶嵌。

11.6 上夹具的试样抛光表面面积应稍大于需要的面积，以避免边缘影响。不上夹具的试样表面积则应留出更多的余地，以便按 13.1.1 节中描述的方法压平试样。

11.7 经腐蚀的试样不作夹杂物评估。

12 校正与标准化

12.1 每个物镜都用载物台测微尺确定一次图像仪校正框的尺寸，并确定物镜对系统的放大倍率。

12.2 按照仪器生产厂家的要求调节显微镜光源和正确设置扫描或摄像系统的照度水平。

12.3 建议在夹杂物的原图像和二值图像之间采用闪变方法来设置正确的灰度门槛值（参见 13.2.1），通常采用显微组织的灰度直方图来辅助确定夹杂物或组织的门槛设定值，设定之后采用闪变方法来进一步确认。

13 步骤

13.1 设置显微镜

13.1.1 将试样置于载物台上并使试样表面垂直于物镜轴线。使用倒置式显微镜时，仅简单地将试样表面倒置于载物台上并用台夹将试样夹紧不使移动。使用正置式显微镜时，将试样置于承物玻璃上，在试样与玻璃之间放一些粘结剂或橡皮泥，并将试样压平。压平时，为了保持试样清洁，可以在试样与压平机压头之间放置一张薄纸，此时，试样表面会遗留一些小纸屑，给测量带来人为影响，应将试样表面遗留的小纸屑吹掉。如果将一个直径大小合适的铝环或不锈钢环磨平后用老虎钳夹成椭圆形，代替薄纸放在试样与压样机之间，则可避免上述问题。带夹具的试样将该环置于试样夹上。不带夹具的试样，应使试样抛光表面的实际面积大于测量所需要的面积，压平时，将环置于试样的外边缘，就会保持测量面积的清洁。

13.1.2 如果要用图像仪的电视扫描线进行截点计数，试样的纵向应与载物台的 Y 方向平行，使被测夹杂物在显示屏幕上沿竖直方向显示。应用软件系统时，试样的纵向可以与载物台的 X 方向平行，也可与 Y 方向平行。

13.1.3 按制造厂商要求检查、对中显微镜光源，调节亮度使之符合扫描器的需要。

13.1.4 调节系统放大倍率，提供足够的分辨率和尽可能大的视场尺寸。选择的物镜倍率要兼顾分辨率和逐个视场测量值的变化率两个因素。较高倍率的物镜具有较高的数值孔径，可以提供较高的分辨率。然而，随着放大倍率的增加，逐个视场测量值的变化率也会增加，因而，增加了测量的标准误差。同时，放大倍率的增加也会导致视场面积的减少。如放大倍率增加一倍，则四次测量的视场面积才等于原

来的视场面积。通常，夹杂物含量越低，需要的放大倍率越高，反之亦然。居中的放大倍率（如32×、40×、50×、60×、80×）能获得分辨率和视场面积的最佳配合。较低倍率的物镜会使较小的夹杂物漏检，应予以避免。同一批试样应使用相同倍率的物镜，并建议对具有同等夹杂物等级的试样都采用同一倍率。例如，32×到50×物镜测高含量（如易切削钢等）的夹杂物，50×到80×物镜测低含量（如真空脱气，炉外精炼和电渣重熔等）的夹杂物。

13.1.5 选择最佳的放大倍率，调整光源，从而保证获得准确的测量结果。如果需要的话，可对观测特征物进行黑点补偿校对。

13.2 设置灰度门槛值

13.2.1 通过在夹杂物的原图像和二值图像之间切换的“闪变方法”选择灰度门槛值，实现硫化物和氧化物的单独检测。设置门槛值时，以较大颗粒夹杂物不致扩大为标准，在某些情况下，需在最大和最小的夹杂物之间作一些兼顾。应先将选择的门槛值试运行几个视场，确认后再正式运行检测程序。氧化物的门槛区域靠近反射刻度的黑色末端，而硫化物的区域稍高一些。设置门槛值后产生夹杂物或组织的灰度反射直方图及真值表，用于鉴定每个夹杂物或组织的灰度区域的起点（最深灰度）和终点（最浅灰度），以及确定两种夹杂物或组织的重叠灰度区域的交点灰度。使用闪变方法在随机选择的视场上验证这些设定。

13.2.2 当夹杂物含量非常低，尺寸非常小、不能确切地将各种夹杂物区分开时，可测量它们的总值。具有一种或多种类型夹杂物的其他金属，可根据情况调节门槛值将它们分开测量或测量总值。

13.3 载物台移动

13.3.1 设置载物台控制，使其在显微镜物镜下按正方形或矩形路线运行试样，并保证物镜不跑出试样之外。根据抛光面的面积和所需测量的视场数来决定视场排列方式，视场可连续地排列，也可间隔排列，但必须避免重叠。如果视场按正方形或矩形以连续方式排列，将视场观察完后，可将这些视场里检测的特征物拼接到一起进行边界校正，将边界误差降到最低。

13.3.2 在夹杂物含量一定的情况下，测量的统计精度随被测量面积的增加而提高。测量面积又依赖于每个视场的尺寸和被测的视场数，视场尺寸又随放大倍率增加而减少。被测视场数应依据测量精确度关系式来决定（参阅14.4）。也可依据供需双方协议而定。

13.3.3 为了获得需要的测量面积而将多块较小试样夹在或镶嵌在一起时，载物台移动要格外小心，以防相邻两片试样的边界进入视场。

13.4 计算机设置与操作

为了进行数据输入、图像分析控制、测量和数据分析，设计一套计算机程序，使之读入中心处理系统即开始分析工作。输入内容包括：试样号、委托单位（或人）、校正常数、日期、视场数、视场间距等数据。

13.5 体视学参数的测量

13.5.1 所进行的体视学测量都应按场测量执行。如果需要的话，夹杂物或组织的长度和面积也可做特征物测量，但运行效率低于场测量。

13.5.2 每个视场先对图像聚焦（手动或自动），再测量检测的夹杂物（氧化物或硫化物）的面积分数。面积分数是通过各类检测到夹杂物的面积除以测量视场的面积，或检测到的像素点数目除以各个视场像素点数目而得到的。体积分数等于面积分数，定义如下：

$$V_V = A_A = \frac{A_i}{A_T} = \frac{PP_i}{PP_T} \qquad \cdots\cdots(1)$$

如果需要的话，体积分数也可以用百分数表示，即将面积分数或像素点分数乘以100。将各类夹杂物的体积分数和体积分数平方存入计算机。

13.5.3 每个视场对离散的各类夹杂物计数，将获得的各个数目除以视场面积（每平方毫米），即依据式(2)定义单位面积上的计数。

$$N_A = \frac{N_i}{A_T} \qquad \cdots\cdots(2)$$

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

为校正边界效应，保证跨越视场边界的每个夹杂物或组织仅计数一次。应正确选择计数规则，将各类夹杂物单位面积计数和单位面积计数平方存入计算机。

13.5.4 每个视场对水平扫描线与竖直方向分布的各类夹杂物的交截点计数，并将这些计数除以一个视场里水平扫描线的总长度，即：

$$N_L = \frac{N_i}{L_T} \qquad \cdots\cdots(3)$$

常用的截点计数方法基于软件系统的像素点阵，人工制作的网格或其他一些方式，无论哪种方式，每个视场都必须将纵向垂直于截点计数方向。N_L 用同样方法来测定，而 L_T 则必须以像素点阵或人工网格线的真实长度为基础进行测定，并且都必须将各类夹杂物或组织在单位面积里的计数和计数平方值存入计算机。

13.5.5 当采用场测量方式测定夹杂物或粒子的长度(沿加工方向)时，测量每一个包含了夹杂物或粒子的视场里每种类型夹杂物或粒子总投影长度 H_T(毫米)，将各种夹杂物或组织的各个视场投影总长度和每视场夹杂物计数 N_i 存入计算机。

13.5.6 当采用特征物测量方式测定夹杂物或粒子的尺寸时，测量视场里各种类型夹杂物每一颗的长度(沿加工方向)和面积，原始数据记录必须进行边界效应校正，以确保处于视场边界的夹杂物或粒子仅被测量一次。将每个被测量的夹杂物(硫化物和氧化物)或组织的长度 L_i 和面积 A_i 存入计算机。

13.5.7 移动载物台到下一个视场，聚焦，按 13.5.1～13.5.6 规定的方法重复测量，将第二套场测量数据(A_A、A_A^2、N_A、N_A^2、N_L、N_L^2、H_T、N_i)加入第一套场数据，以次类推，一直累加获得 n 个视场的各类夹杂物(氧化物和硫化物)或组织的测量值和测量值平方的总量。在计算机存储能力许可时，存入单个场数据 A_A、N_A 和 N_L。储存特定特征物测量数据 L_i 和 A_i 的所有单个测量值。

13.5.8 当氧化物和硫化物不能区分开时，可按 13.5.1～13.5.6 中描述的方法测量夹杂物总量。对于其他金属，可根据需要分开或集中进行各组织的测量。

13.5.9 如试样抛光面上出现了外来夹杂物，可大致测量其长度和宽度并分开记录。如果需要的话，可通过垂直于原截面方向的截面来测定外来夹杂物的深度。由于外来夹杂物不是随机分布的，因此，体视学方法对它的预测是不适用的，应从邻近的部位重新截取一个试样对内生夹杂物进行体视学测量，也可根据情况将原试样截短一点，或依据其他要求，或由供、需双方协议而定。

13.5.10 比例参数，诸如以场测量为基础的夹杂物平均面积或平均自由程，将在所有的 n 个视场被测量完以后，通过平均值 $\bar{A}_A$、$\bar{N}_A$ 和 $\bar{N}_L$ 来计算，(如 14.7，14.8 和 14.10 所述)，不必每个视场测量 $\bar{L}$ 和 $\bar{A}$。

14 结果的计算

14.1 所需要的 n 个视场全部测完之后，就着手计算储存在计算机里的各个测量值的平均值。将 n 个视场的各个测量值的总量除以 n 就获得了平均面积分数 $\bar{A}_A$(可按需要定为面积分数或面积百分数)、单位面积平均颗粒数 $\bar{N}_A$(每平方毫米)和单位长度平均截点数 $\bar{N}_L$(每毫米)。另外，如果已经储存了单个场数据 A_A、N_A 和 N_L，则用通常方法计算各类夹杂物(氧化物和硫化物)或组织的场数据的均值(测量值的总量除以 n)。平均面积 $\bar{A}$(平方毫米)和平均长度 $\bar{L}$(毫米)是将各测量值的总量除以能测到夹杂物的视场总数目(不是除以总视场数，除非所有视场都有夹杂物)求出的。

14.2 如果 A_A、A_A^2、N_A、N_A^2、N_L 和 N_L^2 已经存入计算机，则依据式(4)计算场测量值的标准偏差：

$$S = \left[\frac{\Sigma X^2}{n} - \left(\frac{\Sigma X}{n}\right)^2\right]^{1/2} \qquad \cdots\cdots(4)$$

如果 A_A、N_A 和 N_L 的单个场测量值被储存在计算机里，则可根据式(5)计算标准偏差：

$$S = \left[\frac{\Sigma(X_i - X)^2}{n-1}\right]^{1/2} \qquad \cdots\cdots(5)$$

注 1：夹杂物视场测量数据的分布是不符合理想的高斯(正态)分布的，它与正态之间的偏差随夹杂物含量的减少而

增加。因此，由式(4)、式(5)计算的算术标准差不能精确描述这些测量值的算术平均值的离差。真实的数据离差可以应用"4－动差"方法[3]计算几何平均值、几何标准差、偏移和峰态来定义。然而，这种计算不属于本试验方法的范围。虽然算术标准差不能精确地定义这些测量数据的离差，但它仍可作数据之间比较之用。

注2：平均自由程的标准偏差仅当要测量的组织在每个视场里都出现时才能计算(参看注1和第15.6条的注)。

14.3 根据式(6)计算夹杂物(氧化物和硫化物)的每个测量值的95%置信区间，即95%CI：

$$95\%CI = \frac{2.0S}{(n)^{1/2}} \qquad \cdots\cdots(6)$$

每个测量值用平均值加或减95%CI表示。

14.4 根据式(7)计算夹杂物(氧化物和硫化物)的每个测量值的相对精确度百分数，即%RA：

$$\%RA = \frac{95\%CI}{\overline{X}} \times 100 \qquad \cdots\cdots(7)$$

相对精确度是各测量值受逐个视场的数据变化率影响的误差百分数的评估值。

14.5 如果相对精确度百分数太高，则说明需要测量更多的视场。随着面积分数的减少，要想获得30%以下的%RA是困难的。对于特别低的面积分数(体积分数)和特定的测量次数，RA百分数可高达100%。在大多数情况下，测量的视场数应达到200个～300个。由于研究的需要，可能要测量更多的视场数，或者说测量面积。然而，随着测量面积的进一步增加，相对精确度百分数降低到一定程度后其降低速度又会逐步减慢。在某些特定的视场数目(测量面积)之外，相对精确度百分数的改善是不理想的。对于夹杂物含量特别低的钢种，其测量值的相对精确度数值更高一些。因此，在少量的试样上各测量500个以上的视场的方法是不合适的，建议采用大量的试样，各试样测量200个～300个视场。用这种方法能使批试样夹杂物获得更好的统计精确度。

14.6 当钢中夹杂物无法分类只能进行集中测量，或除钢以外的其他金属对其他组织进行分类测量或集中测量时，均应按14.1～14.5中描述的方法进行处理。

14.7 如果每种夹杂物或粒子的总投影长度的场测量值已做，则根据式(8)计算每种夹杂物或粒子的平均长度$\overline{L}$：

$$\overline{L} = \frac{\Sigma H_T}{\Sigma N_i} \qquad \cdots\cdots(8)$$

14.8 如果未做夹杂物或粒子的特定特征物测量，则应用平均值$\overline{A}_A$和$\overline{N}_A$(在14.1测定)按式(9)计算每种夹杂物或粒子的平均面积$\overline{A}$：

$$\overline{A} = \frac{\overline{A}_A}{\overline{N}_A} \qquad \cdots\cdots(9)$$

这里$\overline{A}_A$必须用分式表示(不能用百分数表示)。由于$\overline{N}_A$是每平方毫米上的计数，须将$\overline{A}$乘以10^6获得用平方微米表示的平均面积。

14.9 如果夹杂物或粒子的长度L_i、面积A_i的特定特征物测量已分别被做，则可计算平均值$\overline{L}$和$\overline{A}$。如果用户有要求，可以采用单颗测量数据制作长度或面积的频率直方图。长度或面积的测量值的标准偏差可根据式(5)计算(见14.2条的注1)。单颗长度和面积测量值的95%置信区间和%RA按14.3和14.4条进行计算。

14.10 根据式(10)计算平均自由程，即夹杂物(氧化物和硫化物)或粒子之间在垂直于热加工轴线方向的边界到边界之间的距离：

$$\lambda = \frac{1 - \overline{A}_A}{\overline{N}_L} \qquad \cdots\cdots(10)$$

式中λ是每种夹杂物或组织在垂直于热加工轴线方向的平均自由程，单位为毫米(mm)。$\overline{A}_A$用分数表示(不能用百分数)，$\overline{N}_L$(每毫米长度上的平均截点数)必须乘以1 000。

3) Vander Voort, G. F., "Inclusion Measurement", In: Metallography As A Quality Control tool, Phenum Press, NY, 1980, pp. 1-88.

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

15 试验报告

15.1 报告中应记录 13.4.1 中列出的鉴别资料，如试样号、试样来源、委托单位(或人)、图像仪型号、分析日期以及其他需要的信息。

15.2 列出所测视场的数目、每个视场的面积、总测量面积以及放大倍率。

15.3 列出各类测量值，并附上标准误差、95%置信区间、相对精确度百分数。对于比例参数，仅列出计算的平均值。可根据需要按不同方法将数据列表打印。如果长度和面积的单颗测量值已做，可按需要输出直方图。

15.4 一批试样中的各个试样均重复使用此格式。

15.5 一批试样里所有的试样均分别列出各类夹杂物或组织的平均值，然后对各平均值进行计算以获得批平均值。

15.6 一批试样里的所有试样的各类测量值均应计算标准误差[据式(4)或式(5)]、95%CI[据式(6)]和%RA[据式(7)]，以进行数据的统计值评估。在这些计算过程中，n 表示一批试样的数目而不是测量的视场数。

注：14.2 的注 1 中的说明不适用于这种情况。因为对一批试样进行平均值(炉平均值)计算时，各试样的平均值的离差是成高斯(正态)分布的。

15.7 对难以区分的夹杂物进行集中测量时，应列出每个试样中所有夹杂物总量的清单，并计算批试样的平均值。对钢以外的其他金属试样的其他组织分类或集中分析时，应在相应的说明题词下列出每个试样的平均测量值，然后，对一批试样的平均值按 15.6 描述的方法计算标准差、95%CI 和%RA。

15.8 无论是夹杂物的分类测量值、集中测量值，还是其他组织测量值，都要列出一批试样各种测量值的平均值清单，并附以标准偏差、95%CI 和%RA。

15.9 报告应记录偶遇的任何外来夹杂物所处的部位、尺寸大小以及为进行内生夹杂物的体视学测量而重新取样的制作情况。

16 精度与偏差

16.1 截取试样时操作不当，使夹杂物试样抛光面偏离纵向轴线，会导致测量值产生偏差，尤其对单位面积计数、平均面积和平均长度影响较大。抛光面与纵轴向的偏差应不大于 5°。

16.2 凝固过程、不适当的热延伸、热加工操作或抛光操作产生的孔洞，往往会当作氧化物而被检测，导致体积分数和单位面积计数偏高，平均面积、平均长度和平均自由程数值偏低。

16.3 抛光面上的灰尘和碎片，或图像系统里的灰尘会导致结果数值偏高。

16.4 载物台控制不当，使物镜测量了试样夹或空间会导致结果偏差。

16.5 影响图像检测的震动会导致结果偏差。

16.6 放大倍率选择不当会影响实验结果。通常，具有大尺寸夹杂物的试样应选择较低的放大倍率，具有小尺寸夹杂物的试样应选择较高的放大倍率。由于与测量框边缘相交的夹杂物仅能作部分检测，采用较低的倍率可以减轻这种边缘误差。夹杂物较细小的试样，应选择较高的倍率以便进行充分的检测和测量。然而，随着倍率的增加，会导致测试面积的减少和逐个视场的变化率的增加。视场变化率又会对标准差产生影响。随着倍率的降低，由于部分较小夹杂物被漏检，会导致 N_A 值的减少和 $\bar{L}$、$\bar{A}$、$\bar{\lambda}$ 的增加。因而，如果测量时采用了不同的放大倍率，则结果缺乏可比性。同一批试样的所有测量项目都应采用相同的物镜，尽量避免低倍率的物镜。中间倍率的物镜(例如 32×、40×、50×、60×、80×)可以获得分辨率和视场尺寸的最佳配合。随着 A_A 值的降低，夹杂物平均尺寸往往也会降低，这时应采用较高倍率的物镜。

16.7 检测和鉴别夹杂物或组织时不适当的门槛值设定会导致结果出现偏差。如发现检测设定不适当，操作者应终止运行，重新设置门槛值。

16.8 测量值的精确度是测量面积即测量视场的尺寸和数目的一个直接函数。因此，改进精度的简单方法是增加测量视场的数目，直到相对精确度百分数达到需要的水平。随着夹杂物体积分数的减少，要获得令人满意的精确度百分数需要更大的测量面积，对于夹杂物含量特别低的试样，将需要耗费更多的测量时间。必须找到这样一个点：在这个点以后随着视场数目的增加，相对精确度百分数仅发生很小的变化。测量视场数应选在这个点之前，在这个点之后将造成劳动力的浪费。视场区域可以间隔排列，也可相邻排列，但不许重叠。

16.9 如果将试样重新抛光产生了新的平行平面，其上的测量数据的重复性将不如原来平面上重复测量的重复性好。

16.10 在一个给定的炉批或一个炉批的子单元里的夹杂物含量的表征，随着被检测试样的数目的增加而改善。按常规，一个锭轧制成坯后，仅在锭的最尾端和最头部取样，这些部位的夹杂物（氧化物、硫化物）含量表征最恶劣，其结果对于整体材料没有代表性。建议在处于锭的中间部位的坯上增加取样，以便包含对整体材料有代表性的条件。同样地，对于一炉钢来说，夹杂物的含量分布依据钢锭浇注顺序也存在较大变化。因此，采用系统选择的方式增加试验部位能提高夹杂物含量的表征能力。这个取样规则对于连铸材料同样适用。