

铝合金铸件射线检测

ISO 9915

第1版

1992-08-01

Aluminium alloy castings——Radiography testing

1 范围

本标准规定了恰当实施射线检测的通则，并着重规定了采用本技术时在合同中应予说明的关于缺陷验收判断准则的技术规范。

本标准适用于铝铸件。

2 引用标准

经本版本引用的下列标准所包含的条款，构成本标准的条款。所指的标准版本，是本标准颁布时有效的版本。所有的标准都可能会修订，因此根据本标准的合同双方，建议考虑采用下列标准最新版本的可能性。IEC 和 ISO 成员国收藏有在行的有效国际标准的目录表。

ISO 1027: 1983 无损检测用射线影像像质计——原理和识别。

ISO 3522: 1984 铸造铝合金——化学成分和力学性能。

ISO 5579: 1985 无损检测——金属材料的 X 和 γ 射线检测——基本规则。

ASTM E155—85 铝、镁铸件检验用标准参考射线检测。

ASTM E505—75 铝、镁压铸件检验用标准参考射线检测。

3 射线检测操作规程

3.1 总则

射线检测是铝合金铸造工业中为检验高应力铸件或最终开发完善制品而极其广泛采用的技术，ISO 5579 规定了其基本规则。本标准的制定是为了获得满意的射线检测底片及便于按 ASTM E155 和 ASTM E505 解释检验结果。用于必须按第 4 章中规定的款项，规定特殊的技术要求。

注 1 铸件质量不仅可用射线检测予以评定，还可用其他无损检测方法进行评定，并且任何一种方法都不能作为唯一的判据。

3.2 本方法的原理——局限性

3.2.1 射线检测是把被检测铸件及其所含有的缺陷的影像记录在一个胶片上。为实现这一目的，它利用了材料被短波长电磁辐射穿透并吸收部分辐射的性能。影像的明或暗是 X 射线吸收率的函数，而该吸收率则取决于材料的厚度和性质，以及所采用的 X 射线的波长。因此射线检测能根据存在于铸件中的缺陷特性，探测出（由疏松或孔洞引起的）密度差别和所存在的夹杂物。

3.2.2 但是，射线检测不容易探测出某些缺陷。对于复杂铸件，由于铸件的取向和厚度差别，

在 X 射线波长范围内常常难以探测和评定缺陷。缺陷的清晰度主要取决于它们在辐射方向上的厚度。裂纹等非常薄的缺陷将很难被显示,除非处于极其有利的入射角。在这些困难场合,应采用其他检测方法(超声检测、渗透检测等)。

3.3 安全操作规程

使用 X 射线时应按每个国家现行条例的规定,采取特殊的防护措施。

3.4 操作人员资格

射线检测应由合格的操作人员进行,如有要求,可对其资格作专门的确认。

3.5 射线检测的实施

3.5.1 铸件的准备

铸件表面并不总是需要进行专门的准备,但要求去除明显的表面不平整性。射线底片的评定应不受表面粗糙度的干扰,但评定底片时应考虑这一因素。

3.5.2 识别标志

需进行射线检测的所有铸件或铸件部位应作出系统的识别标志。它们应标有可与相应的射线底片相对应的顺序号。这样就能够对射线检测显示的缺陷在铸件上的位置作精确的定位。

标记应能识别:

——铸件号;

——铸件上特殊感兴趣的区域标志。

定位标记采用铅字母或铅数码,以不干扰缺陷检测的方式放置在靠辐射源一侧的被检部位上,例如,可以将标记放置在大致与被检铸件等厚的金属垫块(或垫片)上来达到这一要求。如果有若干张射线底片才能覆盖一个铸件或铸件的某个区域,则底片的布置应互相重叠,并且应提供能明显证明底片互相重叠的标记。

3.5.3 像质计(IQI)(或透度计)

3.5.3.1 像质计用于评定底片的射线检测质量,提供表明曝光和处理条件已经过适当选择并符合要求的证据。

像质计既不用于判断缺陷的尺寸,也不用于确定被检铸件的验收界限。

3.5.3.2 就像质计的使用环境特性而言,用于像质计和被射线检测铸件的材料吸收系数不一定要绝对相同,但它们通常是相等的。

3.5.3.3 所用的像质计是 ISO 1027 规定的像质计:

a. 由阶梯构成的阶梯型像质计,每级阶梯含有一个或几个直径等于阶梯厚度的孔;

b. 由 7 根不同直径的金属线构成的像质计,它们是铝合金射线检测底片最常用的像质计。

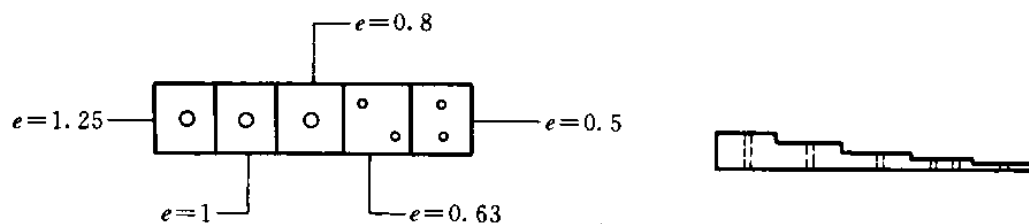
这两种类型的像质计在下文中作介绍,其给出实例如图 1 和图 2 所示(又见附录 D,线形像质计的工业设计实例)。

3.5.3.4 像质计应放在被检铸件靠辐射源的一侧。其位置应不遮挡被检验的缺陷。如果放置像质计的铸件部位的厚度小于被射线检测部位的厚度,则应放置一垫块以补偿厚度差。垫块材料应与铸件材料相同,或为具有相同吸收率的材料。

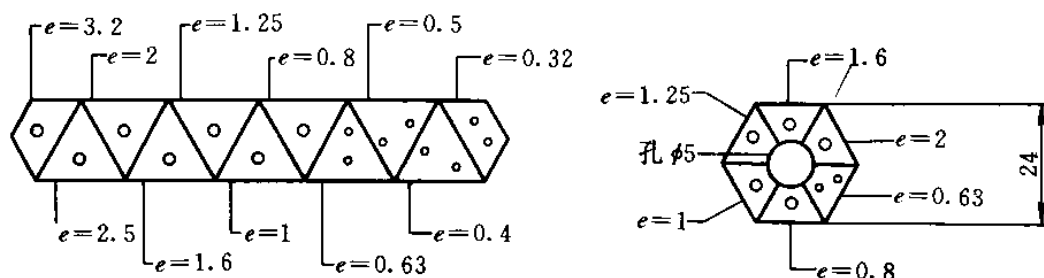
孔型像质计的放置位置应尽量靠近射线轴并与射线轴垂直。线型像质计可以放置在不同的位置和角度方向上而不损失多少灵敏度。

3.5.4 缺陷检测灵敏度和图像质量

3.5.4.1 缺陷检测灵敏度



注：上图所示的梯级布置，可用下图所示的布置代替。



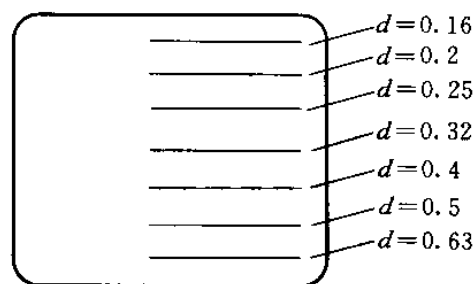
注：在每个梯级中，应按 ISO 1027: 1983, 5.2 条的要求钻孔。e—梯级的厚度

图 1 阶梯孔型像质计实例 (ISO 1027)

检测灵敏度定义为在主射线束方向射线底片上可清晰识别的最小尺寸。

3.5.4.2 图像质量

图像质量一般通过确定射线检测底片上可分辨的孔的数目或最小线径表示。应在与读识整张射线检测底片相同的条件下进行这项控制。含有两个孔的阶梯必须同时可分辨，其读值应与给定的台阶相符。



d=线径

注 2：表 1 给出了在适当选择的操作条件下，作为所要透射的厚度的函数，可分辨的最小孔或线的直径。这些数值仅被考虑作为正确实施射线检测技术的指导。

图 2 线型像质计设计实例 (ISO 1027)

表 1 可分辨线或孔的最小直径

(mm)

厚 度	最小可分辨线的直径	最小可分辨孔的直径	厚 度	最小可分辨线的直径	最小可分辨孔的直径
6~≤8	0.125	0.25	25~≤32	0.32	0.63
8~≤10	0.16	0.32	32~≤40	0.4	0.8
10~≤16	0.20	0.40	40~≤60	0.5	1
16~≤25	0.25	0.50			

3.5.5 曝光条件

使曝光条件优化的因素如下：

3.5.5.1 设备

在检测铝合金的情况下，设备的物理特性和电学特性对射线检测底片的质量起着重要的作用。建议采用能提供稳定电压和能在低电压大电流密度操作的发电机。发射管应具有低水平的内部滤波并应采用铍窗滤波。

3.5.5.2 曝光时间

曝光时间应确定得使底片有令人满意的黑度和影像质量。

曝光时间由针对每个 X 射线管设计制作的曝光表计算。对于胶片黑度、射线源—底片距

离、底片种类及合金的每一种组合，应根据所施加的电压选择以 mA · min 表示的曝光值。

3.5.5.3 辐射强度

根据所选用的电压值，辐射强度应调节到用 X 射线管所能达到的最大值，以尽可能缩短曝光时间（见 3.5.5.4 条）。

3.5.5.4 电压

所施加的电压应尽可能小（取决于所选择的底片黑度），以便在提高预定底片对比度的同时，兼有合适的曝光时间。这对厚度变化小的铸件尤其有效。反之，提高电压适用于较宽的厚度范围。

3.5.5.5 焦点至底片的距离

加大焦点至底片的距离可减小几何不清晰度，但会延长曝光时间。因此应采取折衷的办法。在实践中，这个距离大致应为 0.7m 至 1m，0.7m 被认为是伴有 1.5mm × 1.5mm 的光学焦点的最小距离。

3.5.5.6 几何不清晰度

形成几何不清晰度的原因是：X 射线源不是点光源，因此，缺陷在胶片上的影像总是存在有阴影区和半阴影区。确定最大几何不清晰度的公式为

$$f = \frac{da}{F - a}$$

式中 d ——焦点有效尺寸 (mm)

a ——射线入射面至底片的距离 (mm)

F ——焦点至底片距离 (mm)

该式表明， F 越大，几何不清晰度越小。在实际操作时，应保证 f 小于 0.2mm。

3.5.6 散射射线

3.5.6.1 背散射射线

为了吸收背散射射线，有必要在底片或底片盒背后放置一层厚度足够的铅层。铅层厚达 3mm 即已足够，但在实际操作中，为了保证刚性，铅屏的厚度较厚些更好。

为检查对背散射射线的屏蔽是否足够，可采取下述方法进行测定。例如，将字母 B 贴在底片或底片盒背面，按常规制取射线底片。如果在射线底片上出现该字母的影像，则表明对背散射射线的预防措施不足。

3.5.6.2 本体散射射线

长波射线（低能射线）容易散射，是产生不清晰的原因。用于减少散射的方法有：

a. 尽可能靠近 X 射线管安放一次射线束滤波器（用零点几毫米的铝箔或铜片可实现这个功能）；

b. 采用光缆和屏蔽物。

光缆用于将 X 射线束锥正好限制在照射试件所需的孔径内。屏蔽物（铅块、铅丸、钨粉等）可放置在试件周围以保护底片。

对于铝合金，很少采用滤波器。因为这类材料的低吸收水平，使得由低能射线获得的在对比度方面的增益足以抵消因本体散射所引起的不清晰度的增加。为了获得良好的对比度，通常还是建议采用内置低滤波装置（例如带有铍窗的滤波装置）。

3.5.7 影像对比度

影像对比度可定义为射线底片影像的两个相邻点之间的明暗度差别。因此，为了能较容易地探测到缺陷，总是希望获得高的对比度。

射线底片的对比度是目标对比度和胶片对比度的综合结果。

3.5.7.1 目标对比度

目标对比度可定义为铸件上相邻两点透射的射线强度。目标对比度随下列情况而增强。

——当平行于射线束方向的铸件厚度差或在此方向上相对于铸件厚度的缺陷厚度较重要时；

——射线透入深度较浅时（低电压探查时）；

——减少散射射线时。

3.5.7.2 胶片对比度

底片对比度是底片的一种特性，它决定了射线底片的对比度。底片对比度可以用给定黑度的特性曲线的斜率来测量。

底片供应商应标出底片感光乳剂的特性。

3.5.8 增感屏

当射线能量相当于电压超过 120kV 时，宜采用铅箔增感屏。

对于铝合金和镁合金，除非是厚截面，所施加的管电压极少有超过该值的，因此，不一定要使用此类增感屏。

使用涂有快速感光乳剂的荧光膜（例如射线照相纸）也能获得良好的效果。由此类增感膜造成的清晰度损失可由所施加的低电压带来的对比度提高而补偿。因此，其射线底片的信息量与慢速系统所获得的信息量等效。

3.5.9 射线底片的黑度

曝光条件应使探查区域内的射线底片黑度处于 2.0 至 3.0 的正常范围内。确定射线底片黑度的公式为

$$D = \lg \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)$$

式中 Φ_0 ——入射光通量；

Φ ——透射光通量。

黑度的评定用已预先标定过的不同黑度的底片进行肉眼观察，或用黑度计测定更好。

3.5.10 底片——感光乳剂的选择

底片的特性可以用速度、对比度、曝光范围和粒度等性质来表示。这些因素并不是互相独立的，因此所选择的底片应能在复显最细微轮廓的同时，获得最佳的影像质量。

双层或多层底片曝光技术能增加厚度范围，减少曝光时间和识别任何可能存在的底片缺陷。

表 2 根据感光乳剂的特性概括了常用的各种底片的典型应用。

表 2 胶片的典型应用

胶 片 类 型	典 型 应 用
快速型底片，颗粒一般较粗	厚铸件：探查主要缺陷
低速型底片，通常颗粒较细，对比度强	薄铸件或壁厚均匀的铸件：探查较小的缺陷
高曝光范围底片，通常对比度较低	复杂铸件：对各种壁厚都有较好的探查效果

3.5.11 底片的冲洗和显影

应根据制造商的建议对底片进行显影，尤其要严格控制显影时间和温度。

射线底片上不得有由于显影或其他原因引起的、可能对评片造成干扰的伪缺陷。

建议在明确规定重现性的条件下,通过正常的显影操作程序冲洗已曝光的底片,以检查底片显影池的显影效果。

在显影池的制备和操作过程中要求有最高的洁净度。应避免带入异物及不同种类的显影池相混。冲洗罐内显影池的高度会由于蒸发或由于底片带出液体而降低,应采用底片和显影液制造商提供的维护溶液进行补充。

当对大量底片显影时,应选择自动冲洗,由于其操作较规范,还能避免人工冲洗的某些害处。自动冲洗系统应精心地进行定期维护。

3.5.12 观片条件

观片应在暗室内进行。观片室最好与显影室隔离。

观察射线底片应采用能提供均匀照度的且与胶片黑度相适应的观片灯。荧光观片灯能满足中等黑度射线底片的观片要求。对于黑度较大的底片则需要采用高强度观片灯。观片灯通常应具有足够的光强,使透过底片的光亮度不少于 10cd/m^2 。

底片的观察区应罩在观片框内,以挡住由极亮区引起的炫光。

观察射线底片时需进行许多搬运操作,建议取放底片时要格外小心。

3.5.13 胶片的防护和保管

未曝光的底片应避光、避热、避湿存放,应防止射线穿透。取放底片时要轻拿轻放。

暗盒、增感屏、底片等应保持清洁,以防止在底片上产生会影响评片的疵病。

应定期对未曝光底片抽样,并在与已曝光底片相同的条件下对它们进行冲洗和显影处理,将显示有过期灰雾斑的底片报废。

最大灰雾度不应大于 0.2。

3.6 射线底片的评定

3.6.1 伪缺陷

3.6.1.1 由铸件引起的伪缺陷

需要强调的是,铸件表面应不含有任何会干扰对射线照相底片判读的表面粗糙度。

在评定精炼不良、晶粒尺寸粗大的铝硅合金时,有时在射线底片上可观察到呈漫射线簇和浓黑斑点的衍射斑,其特征有可能与显微缩松或显微气孔相混淆,还能掩盖实际缺陷。

在射线检测拍摄过程中稍微转动一下铸件位置,并将第二张射线底片与原底片相比较,即可检出衍射斑。这时衍射斑的花样有可觉察的变化,而实际缺陷的影像则保持原来的形状和位置不变。X 射线能量越低,衍射效应就越强烈。

3.6.1.2 由底片引起的伪缺陷

胶片乳剂对机械应力(折叠、刮擦、压力等)极为敏感。

显影过程中这些影响表现为:

——黑色斑点为折痕;

——边缘模糊的白色斑点为划痕及压痕。

3.6.1.3 由操作过程引起的伪缺陷

意外模糊,由于感光乳剂全部或部分曝露在日光或被射线穿透所引起,识别很容易。

在脏工作台上取放底片会产生轮廓清晰的污点。水迹产生灰色斑点。显影液产生清晰的黑色斑点。定影药品会以不明显的方式留下亮斑,定影池也是如此。

3.6.1.4 其他伪缺陷

除 3.6.1.1 条和 3.6.1.3 条所述的伪缺陷外, 还存在其他伪缺陷。

如果操作时加倍小心, 上述伪缺陷大多数是能够避免的, 它们也能被熟练的操作者很容易地加以识别。

3.6.2 缺陷—评定—典型的射线底片

射线底片的评定应以美国试验与材料协会 (ASTM) 出版的《铝、镁铸件标准参考射线底片》为基准。该标准稍经修改的文本列在附件 A 中。

使用参考射线底片的目的是:

——有助于按照缺陷的特征及重要程度识别和区分缺陷。

——用图示方式说明缺陷类型, 并用作各种标准和规范的参考底片。

——组成一套典型的射线底片, 供需双方可根据协议从中选择一些特定的射线照相底片以满足铸件验收的最低要求。这些最低要求可以通过标明允许缺陷的特征和数量等级而确切地予以识别。

4 技术规范

4.1 射线检测

射线检测试验单应由用户在征询铸造厂商后制定。按惯例检验单应属于特殊要求中的项目, 询价时必须寄送给铸造厂商, 其检测成本应不算在铸件成本中。

检验单中必须包括下列资料:

a. 在铸件图或示意图上明确标出需射线检测的部位;

b. 检测频率;

c. 需作射线检测部位的表面状况和光洁程度, 是否与交付条件有异;

d. 当对射线检测最低灵敏度水平有要求时, 应规定能达到该灵敏度的像质计的类型和参考厚度;

e. 允许的极限缺陷的级别与被检部位的厚度和重要性有关, 可参考 ASTM E155—85 标准中所要寻找缺陷的定义 (见附录 A), 或参考被检铸件的特定类型的射线检测底片;

f. 曝光条件、射线发生器类型及所用底片由铸造厂商进行选择。只要满足第 3 章的要求即可, 如用户另有要求时, 他可以要求将这些条件按他的意图写入协议。

4.2 射线底片的分析与评定

4.2.1 如果铸件被检部位射线检测底片与参考射线检测底片特征 (黑度、影像质量) 相似时, 可将两者直接比较。

当两者特征不同时, 应考察用观片灯进行对比观察, 但对此无法制定严格的规则。

4.2.2 使用参考射线底片时, 所考察的单元面积应为边长 5cm 的正方形。观片时应把含缺陷数量最多的区域框在单元面积内, 然后将该区的影像与符合极限允许级别的参考射线底片的影像进行比较。

4.2.3 如果被检铸件的射线检测底片所显示的一种缺陷的级别等于或小于参考射线检测底片的级别, 则应认为该铸件射线检测合格; 若被检铸件射线检测底片显示的缺陷级别大于参考射线检测底片的级别, 则铸件应拒收。

4.2.4 经常的情况是, 含有最大缺陷的区域内会有特征相同或不同的缺陷互相重叠。例如,

在同一个单元面积内，可能会出现几个气孔，而相对应的参考射线检测底片上只含有一个尺寸可比的气孔。疏松和气孔也会以相同的方式互相重叠。

以此情况下，用户应与铸造厂商定采用下列适用于性质相同或不同的缺陷组合的评定方法。

4.2.4.1 两种缺陷（性质相同或不同）的情况

若在单元面积内有两种缺陷，每种缺陷都达到最大验收极限，则应判定该铸件射线检测不合格。示例见附录 C。

4.2.4.2 三种缺陷（性质相同或不相同）的情况

若在单元面积内至少有两种缺陷，且至少有两种缺陷的级别达到最大验收极限，则应判定该铸件射线检测不合格。

如果只有一个或一种缺陷的级别达到最大允许极限，则其余两个或两种缺陷至少有一个（种）应比极限级别低一级，才可认为该铸件射线检测合格。否则，铸件应拒收。

如果所有缺陷的级别均未达到最大验收极限，则应认为铸件射线检测合格。示例见附录 C。

4.2.4.3 四种缺陷（性质相同或不相同）的情况

如果四个（种）缺陷出现在同一个 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的单元面积内，则应判定该铸件射线检测不合格。

4.2.5 如果按本套 ASTM 参考射线检测照相底片评定缺陷有困难时，用户和铸造厂应达成协议，规定被检铸件射线检测照相底片的合格界限。

4.2.6 附表 B1 规定了在 ASTM 成套参考射线检测照相底片中的各类缺陷的极限验收级别。根据每个用户的质量要求，用示图将检验严格程度分为 4 级。A 级最严格，对应于高应力铸件所要求的质量水平，D 级对应于普通铸件的质量。

4.3 检验报告

检验报告应包括下列内容：

- a. 本标准的标准号；
- b. 铸件略图或底片；
- c. 铸件图号；
- d. 批标志或批内铸件标志；
- e. 检验部位；
- f. 射线检测条件；
 - 1) 仪器设备特性；
 - 2) 焦点至底片距离；
 - 3) 电压；
 - 4) 曝光（光强度、曝光时间）；
 - 5) 感光乳剂；
 - 6) 射线检测的厚度；
 - 7) 胶片的尺寸规格及数量；
 - 8) 增感系统（如有必要的话）；
- g. 按前面规定的评片方法，用 ASTM 或协议规定的参考射线检测底片表示的评定结果；
- h. 像质计（IQI）标号；
- i. 肉眼可见的最小线径或最小孔径。

附录 A

(标准的)

ASTM 标准 E155—85 摘录 (稍作修改)

A.1 范围

A.1.1 这些标准射线底片图示了在铝合金铸件中可能会发现的缺陷的类型和程度。图示的铝合金铸件的厚度为 $1/4"$ (6.35mm) 和 $3/4"$ (19.1mm)。

A.1.2 本文件的应用 (ASTM E155-85) 并非要对包含在文件标题中可比能级和绝对厚度限进行限制。标题是描述性的而非限定性。当对其他能级和厚度没有其他应用文件参考时, 或认为该文件可行, 或在用户和制造商对该文件达到共识时, 均可采用本文件。

A.1.3 以英寸—磅为单位的值 (inch-Pound) 作为标准。

注 3: 卷 1: 这套标准射线底片由 13 张底片组成, 覆盖了铝合金铸件中各种缺陷情况。每幅底片固定在 $8\ 1/2" \times 11"$ (216mm \times 279mm) 的硬纸框中, 每幅底片图示出在大约 2in 见方 (51mm \times 51mm) 的面积中缺陷的严重程度的 8 个等级。所有硬纸卡装订于 $10\ 1/2" \times 11\ 1/2"$ (267mm \times 292mm) 活页夹中。

注 4: 应用于 $1"$ (25mm) 厚度的铝压铸件的参考射线底片包含在参考射线底片 E505 中。

A.2 应用性文件

ISO 5579: 1985 无损检测——用 X 射线和 γ 射线对金属材料进行拍照检测——基本原则。

E142-86 控制射线检测质量的标准方法。

E505-75 检查铝、镁压铸件的标准参考射线底片。

附件: 检查铝铸件的参考射线底片见: 卷 1, 铝、镁铸件。

A.3 本标准中的名词解释

A.3.1 与参考射线底片上的缺陷有关的名词, 根据其特征描述如下:

A.3.1.1 气孔——表现为圆形或长圆形的边缘光滑的黑点, 以单个、成串或遍布铸件的形式出现。

A.3.1.2 针孔——以相对密集分布的圆形或长圆形黑点形式出现, 通常分布在整个铸件上。

A.3.1.3 缩孔——显示为树枝状、条状或参差不齐的黑色区域。

A.3.1.4 缩松或海绵状缩松 (非铁合金) ——局部集中的花边形式或蜂窝形黑边区域。

A.3.1.5 夹杂物——显示为孤立的不规则形状的底片黑度变化区域, 其分布与材料厚度及铸件形状无关。夹杂物可能是砂子、矿渣、氧化物、炉渣或其他不同密度的异物。

A.4 意义及应用

通过特殊方法得到的本组射线底片作为标准仅供参考。所系的铸件射线底片为在特定条件下出现的各种典型缺陷。 $1/4"$ (6.35mm) 铸件射线底片所适用的厚度范围最大达 $1/2"$ (12.7mm), 而 $3/4"$ (19.1mm) 铸件射线底片的适用的厚度范围是 $1/2"$ (12.7mm) 到 $2"$ (51mm)。所分的组和系列基于最典型的缺陷定义及分级。作为验收标准, 本参考底片的应用可基于下述各项 (注 5):

A.4.1 被检工件上任意给定的评片区域中本标准的显示的缺陷是允许的。

A.4.2 本标准所显示的缺陷总量在被检工件中仅能出现一次。

A.4.3 几种缺陷同时存在是允许的。

A.4.4 仅用 4 张射线底片或 8 级的任何一部分是允许的。

注 5: 需说明在铸件中缺陷的级别。与铸造工艺相结合设计铸件可以查明许多不切实际的要求, 因此在确定缺陷验收级别时供需双方进行协商是可行的。

A.5 说明

A.5.1 列于表 A.1 的射线底片显示出每一种缺陷的类型。虽然每种缺陷分为 8 级, 可以按某一级别作为验收标准。每一级缺陷显示于 $2'' \times 2''$ ($51 \times 51 \text{mm}^2$) 面积内。所采用的射线检测方法参见 E142-86, 而底片黑度为 2.0 到 2.25。

A.5.2 用于预制缺陷的合金列于表 A.2。

注 6: 铸件的浇不足、偏芯、冷隔及表面不规则等缺陷没有用底片说明, 这些缺陷可以通过表面检查或其他无损检测方法很快地区别开。

A.5.3 所有这些参考底片为原版底片, 可以用透射光进行观察。

表 A.1 铝铸件参考射线底片 卷 1 in (mm)

缺 陷	铸件厚度	适用的铸件厚度	缺 陷	铸件厚度	适用的铸件厚度
气孔	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$	缩松(海绵状)	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$
气孔	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$	缩松(海绵状)	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$
针孔(圆形)	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$	夹杂物(低密度)	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$
针孔(圆形)	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$	夹杂物(低密度)	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$
针孔(长圆形)	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$	夹杂物(高密度)	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$
针孔(长圆形)	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$	夹杂物(高密度)	3/4(19.1)	$> 1/2(12) \sim \leq 2(50)$
缩孔	1/4(6.35)	$\leq 1/2(12)$			

表 A.2 用于预制缺陷的实际合金

缺 陷	合金牌号		缺 陷	合金牌号	
	ASTM	ISO 3522		ASTM	ISO 3522
气孔	356.0	Al-Si7Mg	缩松	356.0	Al-Si7Mg
针孔(圆形)	356.0	Al-Si7Mg	夹杂物(低密度)	356.0	Al-Si7Mg
针孔(长圆形)	295.0	Al-Cu4MgTi	夹杂物(高密度)	356.0	Al-Si7Mg
缩孔	356.0	Al-Si7Mg			

附 录 B

(标准的)

铝合金铸件缺陷验收级别

表 B.1 缺陷验收级别

检验严格程度		A		B		C		D	
卷 1	参考厚度/mm	6.35	19.1	6.35	19.1	6.35	19.1	6.35	19.1
	厚度范围/mm	<12	12~50	<12	12~50	<12	12~50	<12	12~50
	ASTM 参考底片名称	级 别							
	气孔	1	1	2	2	5	5	6	6
	针孔(圆形)	1	1	2	2	5	5	7	7
	针孔(长圆形)	1	1	3	3	4	3	6	6
	缩孔	0	—	1	—	2	—	4	—
	缩松(海绵状)	1	1	2	2	4	3	5	6
	夹杂物(低密度)	1	1	2	2	4	4	6	6
	夹杂物(高密度)	1	0	2	1	4	3	6	6

附录 C

(资料)

4.2.4.1 及 4.2.4.2 所述复合缺陷评定举例

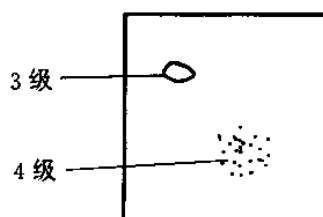
C.1 两种缺陷

所显示的两种缺陷：气孔和针孔

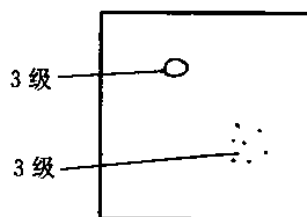
所允许的级别：气孔——3 级

针孔——4 级

铸件 1



铸件 2



评为合格：只有一种缺陷达到最高允许级别（气孔 3 级），而另一种缺陷（针孔 3 级）低一个级别。

评为不合格：两种缺陷均达到最高允许级别。

图 C.1 出现于铸件 1 中的两种缺陷

图 C.2 出现于铸件 2 中的两种缺陷

表 C.1 给出根据两种缺陷级别评定铸件合格（A）或不合格（R）的准则。

表 C.1 两种缺陷合格与不合格的评定准则

缺陷 2	缺陷 1		
	允许级别 +1	允许级别	允许级别 -1
允许级别 +1	R	R	R
允许级别	R	R	A
允许级别 -1	R	A	A

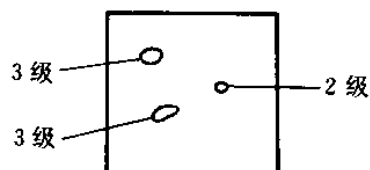
C.2 三种缺陷

C.2.1 第一种情况

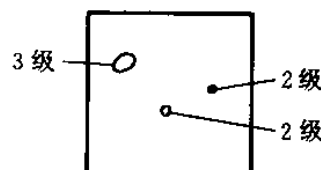
出现三个气孔

所允许的级别：3 级

铸件 1



铸件 2



评为不合格：一种缺陷达到最高允许级别，而另两种缺陷之一的级别不低于最高允许级别减 1 级，既 $3 - 1 = 2$ 级。

评为不合格：有两处缺陷达到最高允许级别。

图 C.3 出现于铸件 1 中的三种缺陷

图 C.4 出现于铸件 2 中的三种缺陷。

C.2.2 第二种情况

出现三种缺陷：气孔，海绵状微观缩松，针孔。

限定的合格级别：

气孔.....3级

针孔.....4级

海绵状微观缩松.....3级

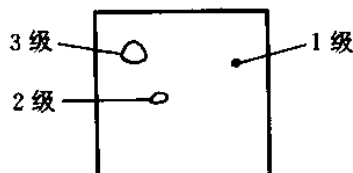
下列各表根据铸件中出现的缺陷规定合格(A)或不合格(R)的判据。

表 C.2 出现三种缺陷情况下的合格或不合格判据

——缺陷 1：限定级别

缺陷 3	缺陷 2		
	限定级别	限定级别-1	限定级别-2
限定级别	R	R	R
限定级别-1	R	R	A
限定级别-2	R	A	A

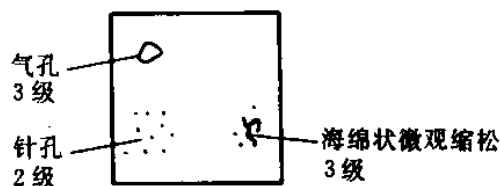
铸件 3



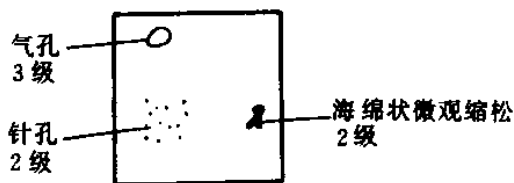
合格：一个缺陷达最高允许级别(3级)。其他两个缺陷中的一个为1级，低于其限制级别减1，即低于 $3-1=2$ 级。

图 C.5 铸件 3 中出现三个缺陷的情况

铸件 1



铸件 2



合格：仅有一种缺陷达最高允许级别(气孔 3级)；另两种缺陷中的一种(针孔 2级)低于限定级别减1，即低于 $4-1=3$ 级。

不合格：两种缺陷达最高允许级别。

图 C.6 铸件 1 中出现三种缺陷导致不合格的情况

图 C.7 铸件 2 中出现三种缺陷导致合格的情况

表 C.3 出现三种缺陷情况下的合格或不合格判据

——缺陷 1：限定等级-1

缺陷 3	缺陷 2	
	限定级别-1	限定级别-2
限定级别-1	A	A
限定级别-2	A	A

附录 D

(资料性)

线型像质计的商业设计实例

表 D.1 给出供三个系列的七线像质计商业设计用的线径示例。

表 D.1 像质计的线径

像质计类型	10 ISO 16	6 ISO 12	1 ISO 7
建议厚度/mm	0~40	8~80	30~200
线的直径/mm	0.40	1.00	3.20
	0.32	0.80	2.50
	0.25	0.63	2.00
	0.20	0.50	1.60
	0.16	0.40	1.25
	0.125	0.32	1.00
	0.100	0.25	0.80