

## 第五讲 评片技术(II)

郑世才

(新立机器厂,北京 100039)

### INTERPRETATION OF RADIOGRAPHS (II)

Zheng Shicai

(Xinli Machinery Plant, Beijing)

#### 1 缺陷识别概述

正确地识别射线照片上的影象,判断影象所代表的缺陷性质的基础是:

- (1) 具有一定的材料和工艺方面的知识,掌握缺陷的可能形式和发生规律。
- (2) 识别影象和判断缺陷性质的丰富经验。
- (3) 必须了解射线照相过程,特别是透照的具体布置,以分析影象的形成和变化特点。

总之,对工件的材料、工艺知识掌握得越多,对工件射线照相过程了解得越清楚,具有的经验越丰富,就越容易正确地识别射线照片上的缺陷影象。

在上述基础上,可根据影象的几何形状、黑度分布及位置对射线照片上的影象进行分析和判断。

不同性质的缺陷具有不同的几何形状和空间分布特点,例如,气孔一般呈球形,裂纹多为宽度很小且有变化的缝隙等。由于射线照片上缺陷的影象是缺陷的几何形状按照一定规律在平面上投影形成的图形,因此,射线照片上缺陷影象的形状与缺陷的几何形状及射线的照射方向密切相关。影象的几何形状常常是判断缺陷性质的最重要依据。判断一个影象是否是缺陷,缺陷的性质是什么,一般首先从影象的形状作出初步判断,然后,再从其他方面进行进一步的分析和论证。

影象的几何形状应当从三方面进行分析,即单个或局部影象的基本形状、多个或整体影象的分布情况、影象轮廓线的特点。

不同性质的缺陷,其影象的几何形状在上述三方面可能产生差异。应注意的是,对于不同的透照布置(特别是不同的照射方向),同一缺陷在射线照片上形成的影象的几何形状将发生变化。例如,球形可

能变成椭圆形;裂纹可能呈现为鲜明的细线,也可能呈现为模糊的片状影象等。

影象的黑度分布是判断影象性质的另一个重要依据。不同性质的缺陷内在性质不同:气孔可认为内部含气体,夹杂物是不同于工件本体材料的物质等。这种不同性质缺陷对射线的吸收不同,形成的缺陷影象黑度也就不同。

在分析影象黑度特点时应考虑影象黑度相对于工件本体黑度的高低。影象自身各部分黑度的分布特点。在缺陷具有相同或相近的几何形状时,黑度分布的特点是判断影象性质的重要依据。

缺陷影象在射线照片上的位置,也就是缺陷在工件中位置的反映,这是判断影象缺陷性质的另一个依据。缺陷在工件中出现的位置常具有一定的规律,因此影象所在位置也与缺陷性质相关。某些性质的缺陷只能出现在工件的特定位置,对这类性质的缺陷,影象的位置就是识别缺陷的重要依据。例如,焊缝中的根部未焊透一般只能出现在焊缝的中心线上,铸件中的缩孔常出现在壁厚变化较大的部位等。

实际识别射线照片上影象的缺陷性质,要从上述三方面进行综合考虑,作出判断。

#### 2 铸件常见缺陷的识别

铸件中常见的内部缺陷可分为四类,即孔洞类缺陷,如气孔、针孔、缩孔、缩松和疏松。裂纹类缺陷,如冷裂纹、热裂纹、白点和冷隔。夹杂类缺陷,如夹杂物、夹渣(渣孔)和砂眼。成分类缺陷,如偏析。

##### 2.1 缩孔、缩松和疏松(显微缩松)

铸件在冷却和凝固过程中,合金将发生液态收缩和固态收缩,由于铸件设计的特点、铸型设计所存

在的不足和浇注操作不当等,造成补缩不足,在铸件中产生孔洞。集中的大孔洞称为缩孔,分散而细小的孔洞称为缩松,在缓慢凝固区出现的很细小的孔洞区称为疏松,也称为显微缩松。缩孔、缩松和疏松使铸件受力的有效截面减少,实际强度降低,同时还引起应力集中,使铸件从这些部位开始损坏。

缩孔、缩松和疏松在射线照片上呈现的形态常见的是下面五种:

(1) 收缩孔洞(图 5-1) 在射线照片上它呈现为形状不规则、黑度比背景高出较多的暗斑影象,其分布没有确定的方向,面积较大,轮廓一般清晰。缩孔经常出现在铸件最后凝固的区域和铸件厚度相差较大的部位。



图 5-1 收缩孔洞

(2) 纤维状缩孔(图 5-2) 在射线照片上它呈现为树枝状黑度较大的影象,影象具有主干、主枝和次枝等形貌,整个影象都显示较大的黑度,特别是主干和主枝。由于其形状的特殊性,这种缺陷影象容易识别。

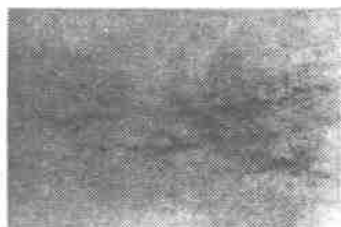


图 5-2 纤维状缩孔

(3) 海绵状缩松(图 5-3) 它由相互连结的小孔洞系构成,在射线照片上呈现为云雾状影象,正如天空中的云和空气中的雾,整个影象有的地方黑度大些,有的地方黑度小些,黑度自然过渡,没有明显的分界,也没有明显的边界轮廓,但它总有一定的面积分布。

(4) 层状疏松(图 5-4) 在镁合金中,细小的孔洞系常形成层状分布,在射线照片上呈现为条纹状影象,条纹的黑度不大,总是多条同时出现,并具有整体相同的走向。

(5) 分散状疏松(图 5-5) 它是细小、连接的孔

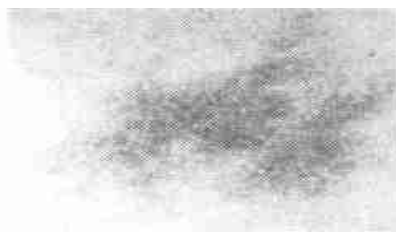


图 5-3 海绵状缩松

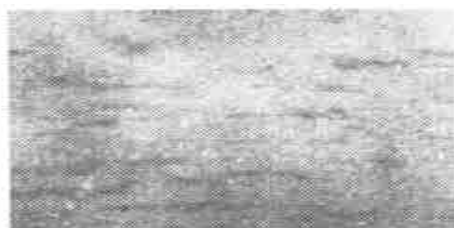


图 5-4 层状疏松



图 5-5 分散状疏松

洞,常集中分布在铸件的某个范围内,在射线照片上呈现的影象为小长条状的网纹影象。

(6) 一般疏松(显微缩松) 它是细小、分立的孔洞,分布在铸件的整个厚度范围内,在射线照片上呈现的影象与铸件厚度有关。对薄的截面,可显示为细的网纹影象;对厚的截面,由于孔洞的相互重叠,将显示为模糊的暗斑。它也可分布在铸件的中心区,显示为模糊的团状暗斑,常称为中心疏松。

## 2.2 气孔

气孔是铸件中最常见的缺陷之一,在铸件的废品中,由气孔造成的约占 1/3。气孔是气体在铸件中形成的孔洞。它的存在破坏了铸件金属的连续性,减少了承载截面,造成了局部应力集中,降低了铸件的性能,特别是降低铸件的冲击韧度和疲劳强度。

按照产生原因,气孔可分为三类,即侵入气孔、析出气孔和反应气孔。

侵入气孔是在浇注的过程中,铸型和型芯由于急剧加热挥发出的气体和粘接剂等有机物燃烧产生的气体和型腔中未逸出的气体等进入到金属熔液中形成的气孔。侵入气孔的体积一般较大,多分布在铸件上表面附近。

析出气孔是溶解在金属熔液中的气体,在冷却

和凝固过程中, 由于温度降低或外界压力降低, 使溶解度降低, 而从金属熔液中析出, 这些析出的气体由于受到型芯的阻挡, 或因金属熔液温度降低粘度增大而难以上浮排出, 便被留在铸件内形成气孔。析出气孔多为分散的小圆孔。

反应气孔是金属熔液与铸型或金属熔液中的某些元素之间发生化学反应产生的气体所造成的气孔。它一般均匀分布, 主要集中在铸件皮下。

气孔在射线照片上常见的形态主要有两种:

(1) 气孔(图 5-6) 在射线照片上呈现为孤立的或成群的圆形、椭圆形和梨形的暗斑, 轮廓光滑, 影象鲜明, 整个影象黑度较大, 无明显变化。较大的气孔很容易识别。

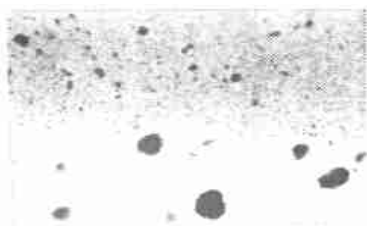


图 5-6 铸件中的气孔

(2) 针孔(图 5-7) 针孔是铸件中比较均匀散布的细小气孔, 它或者出现在整个铸件, 或者集中出现在铸件的某个区域。在射线照片上它呈现为均匀散布的暗点状影象, 在铸件截面厚度较小时, 影象清晰; 在截面厚度较大时, 影象模糊, 这时候由于气孔在厚度方向上的迭加, 影象可转化为尖点状(苍蝇脚状)或近于圆点状。如果厚度大, 影象将变成模糊的云片状形貌。



图 5-7 针孔

### 2.3 裂纹

裂纹是危险性的缺陷, 它使铸件的强度大大降低, 在使用中裂纹可能不断扩展, 造成铸件破坏。铸件在凝固末期和常温的冷却过程中, 其收缩可能受到两个方面的阻碍, 一是铸件本身由于具有一定的结构, 各部分冷却不同, 因此各部分的收缩将相互制约(常称为热阻碍); 二是铸型、型芯及铸件自身的厚度、长度和形状具有一定的可退让性, 也会阻碍铸件

的收缩(常称为机械阻碍)。这些阻碍作用将导致在铸件中产生应力, 引起开裂。铸件中出现的裂纹可分为两类: 热裂纹和冷裂纹, 它们的产生原因和特点不同, 在射线照片上影象也具有不同的特征。

(1) 热裂纹(图 5-8) 简单地说, 热裂纹是高温液态金属凝固时, 由于收缩应力超过了金属当时的强度或变形超过了金属的塑性产生的裂纹。它主要出现在铸件的拐角处、截面厚度突变处、最后凝固处。在射线照片上它呈现为不规则的黑线状影象, 常是中间宽两端细, 末端多为尖状。黑线常为波折状, 有时可形成分叉。



图 5-8 热裂纹

(2) 冷裂纹(图 5-9) 冷裂纹是铸件在较低温度下, 由于铸造应力超过了合金的强度极限而产生的裂纹。它主要出现在铸件收缩中处于拉伸的部位和应力集中的部位。大型或构造复杂的铸件容易产生冷裂纹, 冷裂纹也常称为应力裂纹。在射线照片上它典型的影象是微弯、平滑的直线状黑线, 尾端细尖, 与热裂纹的影象具有明显的区别。

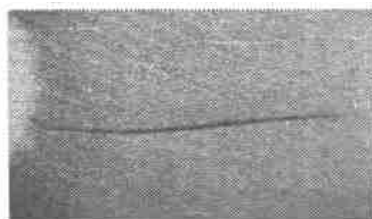


图 5-9 冷裂纹

### 2.4 夹杂物

夹杂物缺陷是铸件中含有的成分与基本成分不同的各种金属性异物和非金属性异物。

金属性异物称为金属夹杂物, 它主要来源于金属熔液与炉衬和工具等接触过程中发生的各种物理和化学反应的产物, 此外也来源于人为因素, 如混料等。非金属异物称为非金属夹杂物, 它来源于金属熔液内部反应的产物和熔炼过程中形成和分离出来的浮渣、熔剂残渣、脱落的铸型材料等。非金属夹杂物常是氧化物、硫化物、碳化物和硅酸盐等, 但主要是氧化物。这些夹杂物多集中于铸件的某个部位, 如铸

件的上表面和内浇口附近等,在射线照片上常见的有三种形态:

(1) 金属夹杂物 常见的金属夹杂物主要是混杂在铸件金属溶液中的其他种类金属块,因此它具有一定的几何形状,视其与铸件金属相比密度的大小、原子序数的高低,它的影象可能显现为比背景黑度低或高的黑度,影象常具有片状形象,整个影象的黑度比较一致。

(2) 夹渣(图 5-10) 经常出现的夹渣是炉渣和氧化物等,它们化学成分复杂,形状极不规则,它们大多集中在铸件的某个部位,以比较密集或分散的状态出现。在射线照片上,其影象的基本形貌是在一定范围内分布的小颗粒状黑斑。颗粒的大小不同,形状不同,常显现为小片状影象,影象的轮廓比较清楚,影象的黑度与背景黑度相差较大。



图 5-10 铸件中的夹渣

(3) 砂眼 砂眼是充塞型砂的孔洞,它是由于铸型受到冲刷,致使型砂脱落并残留在铸件中造成的缺陷。在射线照片上其整体影象的形状可能极不规则,但影象黑度具有颗粒状特征,特别在影象边缘区,这种特征更明显。

## 2.5 冷隔(图 5-11)

在铸件中金属流汇合处,如果金属熔液熔合不完善或金属熔液不连续,那么在铸件中将产生穿透或未穿透的缝隙,这就是冷隔缺陷。产生冷隔的原因主要是金属熔液温度低、铸型表面或冷铁激冷过度、充型速度不正确、浇注系统不合理等。冷隔缺陷主要出现在铸件远离浇口的宽大表面处和薄壁处。由于冷隔缺陷所形成的缝隙常具有圆角,因此在射线照片上常呈现为宽度比较均匀,缺少变化,且平滑的条状黑线影象。线条的宽度显得比较大,黑度在宽度方

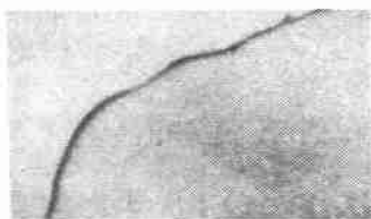


图 5-11 冷隔

向似也存在变化。

## 2.6 偏析

铸件凝固后出现的化学成分不均匀性称为偏析,即在局部区域某种合金成分过多或过少。

偏析可分一般偏析、局部偏析和带状偏析三种。

一般偏析集中在很小的局部,形成大量的很小区域的偏析,在射线照片上呈现絮状形貌的影象。带状偏析是不同合金成分以层状交替分布在铸件中,它主要发生在离心铸造过程中。一般偏析和带状偏析在一般情况下都被认为不是缺陷。

局部偏析(或称为集中偏析)是缩孔或热裂纹的整体或局部被低熔点的合金成分填充,所以它们也分别被称为收缩偏析和热裂偏析。在射线照片上其影象呈现为黑度远小于背景黑度的裂纹状形态,所以很容易识别,也常称为白裂纹(图 5-12)。有些收缩偏析,同时会含有夹渣。

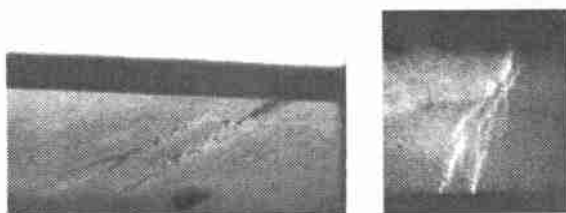


图 5-12 收缩偏析

## 3 焊接常见缺陷的识别

焊接过程中产生的缺陷主要有六类,即 熔合不良:未焊透、未熔合。 裂纹:热裂纹、冷裂纹。 孔洞:气孔、缩孔。 夹杂物:夹渣、夹钨。 成形不良:咬边、烧穿和焊瘤等。 其它缺陷。而射线照相检验主要检测的是前五类。

### 3.1 熔合不良

在焊接过程中,如果焊接规范(电压、电流、预热等)不适当,或焊接操作不正确,将影响所形成的熔池形状、大小和温度等,造成焊接缺陷。焊接电流过大或过小、焊速过快、焊条角度不正确、坡口不适当、清理不干净等都可能造成熔合不良。

熔合不良缺陷分未焊透和未熔合两类。它们对焊缝都是危害性缺陷。

#### 3.1.1 未焊透(图 5-13)

未焊透是接头根部未完全熔透现象,即坡口根部母材金属局部未被熔化。由于它出现在坡口根部,因此常称为根部未焊透。在射线照片上未焊透是容易识别的缺陷。由于坡口存在直的机械加工边,而且坡口直边又位于焊缝中心,所以未焊透在射线照片

上一般呈现为笔直的黑线影象, 并处于焊缝影象的中心。实际看到的未焊透缺陷影象还可能是断续的黑线、变宽的黑线条、偏离焊缝中心线的黑线等, 或伴随其他形态影象的线状影象。

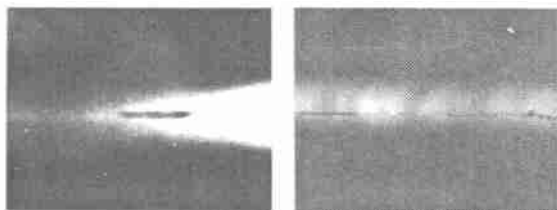


图 5-13 未焊透

### 3.1.2 未熔合(图 5-14)

未熔合是焊道(焊缝金属)与母材金属之间或焊道与焊道之间局部未熔化成为一体的现象。按照它出现的位置, 常分为根部未熔合、坡口未熔合和层间未熔合三种。根部未熔合是指坡口根部处发生的焊缝金属与母材金属未熔化成一体的缺陷, 坡口未熔合是指坡口侧壁处发生的焊缝金属与母材金属未熔化成一体的缺陷, 层间未熔合是多层焊时各层焊缝金属之间未熔化成一体的缺陷。

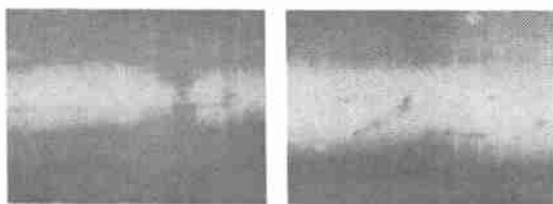


图 5-14 未熔合

在射线照片上未熔合影象的形态与射线束的方向相关。一般情况下它呈现为模糊的宽线条状影象, 线条沿焊缝方向延伸, 位置与未熔合的位置相关。影象的黑度与背景的黑度差比较小, 有时影象的一侧呈现直边状。未熔合影象出现的位置和影象的形状与条状夹渣类似, 但未熔合影象的黑度比条状夹渣影象的黑度要低得多, 而且轮廓也模糊。

未熔合是射线照相容易漏检的缺陷, 特别是层间未熔合, 在评片时应注意识别这种缺陷。

### 3.2 裂纹(图 5-15)

裂纹是危害严重的焊接缺陷, 也是焊缝中常见的缺陷。焊接过程中产生的裂纹是多种多样的, 可分布在焊缝的各个部位。按照裂纹产生的原因裂纹可以分为热裂纹、冷裂纹、再热裂纹、层状撕裂和应力腐蚀裂纹五类。

热裂纹是在高温下由拉应力作用产生的裂纹。由于焊接过程是一个局部不均匀加热和冷却的过

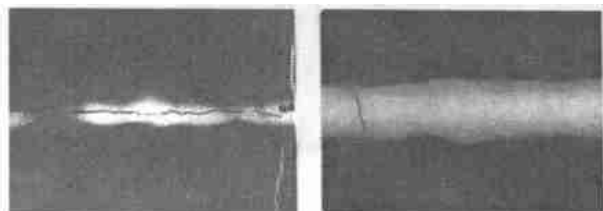


图 5-15 焊接裂纹

程, 因此必然产生拉应力, 在拉应力的作用下, 焊缝的薄弱处发生开裂。热裂纹的主要形态是焊缝纵向裂纹、焊缝横向裂纹、弧坑裂纹和焊缝根部裂纹。冷裂纹是在焊后较低的温度下产生的裂纹, 它与焊接金属的成分和特性以及氢的作用和拘束应力密切相关。冷裂纹经常出现的形态是焊道下裂纹、焊趾裂纹及焊缝根部裂纹。再热裂纹是焊后进行消除应力的热处理过程产生的裂纹, 它一般出现在热影响区和熔合线附近。层状撕裂是由于母材金属中原有的夹杂物在焊接应力作用下导致的开裂, 它总是出现在热影响区或母材金属中。应力腐蚀裂纹是某些材料在某些介质中, 由于拉应力的作用所产生的延迟裂纹, 它是腐蚀介质和拉应力共同作用产生的, 主要从表面向深度方向发展。

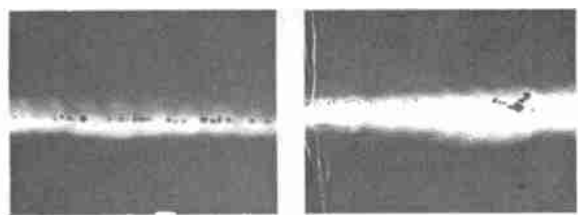
在射线照片上, 裂纹影象的基本形态呈现为黑线, 影象的黑度可能较大, 也可能较小, 容易与其他缺陷的影象区别。常见的裂纹影象有纵向裂纹、横向裂纹、星状裂纹(辐射状裂纹、枝状裂纹)和弧坑裂纹等。线状影象一般连续延伸, 但也可能中间发生中断, 中断经常是渐渐过渡的; 影象可能近似直线状, 也可能为波折状。这些特点由裂纹的性质决定, 也与射线照相时射线束的方向相关。

由于裂纹属于窄缝性缺陷, 所以当射线束与它的扩展面成较大角度时, 裂纹的影象将变得很模糊, 甚至在射线照片上不能形成具有一定对比度的裂纹影象, 这点在识别缺陷的影象时应引起注意。

### 3.3 气孔(图 5-16)

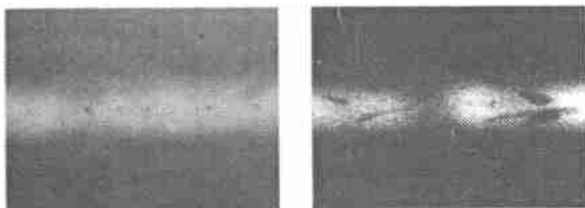
气孔是焊缝中常见的缺陷, 它是熔池结晶过程中未能逸出而残留在焊缝金属中的气体形成的空洞。在焊接过程中焊接区内充满了大量气体, 这些气体来源于焊接材料在加热时分解、燃烧所析出的气体; 电弧区内的空气; 焊条、母材表面吸附的水分及污染物受热析出的气体; 以及高温下气体溶解度降低析出的气体等。气孔的形成过程是, 熔池内发生气体析出, 析出的气体聚集形成气泡, 气泡长大到一定程度后开始上浮, 上浮中受到熔池金属的阻碍不能逸出, 被留在焊缝金属中形成气孔。

焊缝中形成气孔的气体主要是氢气、一氧化碳



(a)

(b)



(c)

(d)

图 5-16 焊接气孔

和氮气。

在射线照片上气孔呈现为黑度大于背景黑度的斑点状影象, 黑度一般都较大, 影象清晰, 容易识别。影象的形状可能是圆形、椭圆形或长圆形(梨形)。常见的主要分布形态有孤立气孔、密集气孔、链状气孔和虫孔四种。虫孔主要是一氧化碳形成的气孔, 它是一氧化碳气体从焊缝内部上浮排出过程中, 熔池结晶造成气孔拉长, 并沿结晶方向分布, 形成状如小虫, 成人字形规则排列的气孔。细小的密集气孔一般难与细小密集的夹渣区别。

### 3.4 夹杂物

焊缝中残留的各种非熔焊金属以外的物质称为夹杂物。夹杂物分夹渣、非金属夹杂物和金属夹杂物三类。夹渣是焊后残留在焊缝内的熔渣, 非金属夹杂物是焊接过程中产生的各种非金属杂质, 如氧化物、氮化物和硫化物等。金属夹杂物主要是夹铜和夹钨。夹渣和非金属夹杂物一般都简单地统称为夹渣。

焊缝中产生夹渣的主要原因是焊接电流小, 或焊接速度快, 使杂质不能与液态金属分开并浮出。在多层焊时, 如果前一层的熔渣清理不彻底, 焊接操作又未能将其完全浮出, 也会在焊缝形成夹渣。夹钨主要是焊接操作不当使钨极进入熔池, 或焊接电流过大, 导致钨极熔化, 落入熔池形成了钨夹杂。

夹渣(图 5-17)在射线照片上常见的影象主要有点状夹渣、密集夹渣和条状夹渣三种形态。其影象的主要特点是形状不规则, 边缘不整齐, 黑度较大而均匀。点状夹渣呈现小点形态, 密集夹渣呈现密集小点形态, 条状夹渣呈现长条状, 具有一定宽度的暗线形态, 线的延伸方向一般与焊缝走向相同。

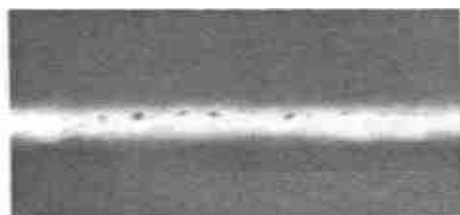


图 5-17 夹渣

由于钨的原子序数很高, 密度很大, 所以在射线照片上夹钨的影象总是呈现为黑度远低于背景黑度的影象, 常常为透明状态(图 5-18)。夹钨的影象主要有孤立点状和密集点状两种形态。



图 5-18 夹钨

### 3.5 成形不良

由于焊接规范不当或焊接操作不良, 可以造成焊缝成形不良缺陷。常见的主要成形不良缺陷有咬边、烧穿和焊瘤。此外还有一些其他成形不良缺陷, 如收缩沟和塌陷等。

#### 3.5.1 咬边

咬边是在母材金属上沿焊趾产生的沟槽, 产生咬边的原因主要是焊接电流过大, 电弧过长和焊条角度不正确等。咬边是一种危险的缺陷, 它减少了母材金属的有效截面, 造成应力集中, 容易引起裂纹。在射线照片上它的影象类似于夹渣, 但它一定出现在焊缝区两侧, 因此容易识别。

#### 3.5.2 烧穿

烧穿是由于熔化深度超出母材金属厚度, 熔化金属自坡口背面流出, 形成穿孔缺陷。产生这种缺陷的原因主要是焊接电流过大, 焊接速度过慢和坡口间隙过大。在射线照片上它的影象呈现为低黑度的圆环或椭圆环及中心高黑度的暗斑形貌, 中心暗斑是由于滴落金属熔液后形成的孔洞造成的, 低黑度的环则是过多的熔化金属造成较大的焊缝背面下沉形成的影象。

#### 3.5.3 焊瘤

焊瘤是熔化的金属流到焊缝外或流到未熔化的母材金属上形成的金属瘤, 产生焊瘤的主要原因是操作不熟练。焊瘤在射线照片上呈现为具有圆滑轮廓的较大的低黑度斑点影象, 它可能出现在焊缝区

内(焊瘤在焊缝背面),但经常是出现在焊缝两侧区。

## 4 衍射斑纹和静电斑纹

### 4.1 衍射斑纹

衍射斑纹主要出现在轻合金(如铝合金)、不锈钢的铸件和焊件的射线照片上,特别当工件的厚度较小时更容易出现。研究证明,这些斑纹影象是铸件或焊件金属凝固组织的晶体结构对 X 射线的衍射形成的,因此称它们为衍射斑纹。射线照片上常出现的衍射斑纹主要有线状衍射斑纹、羽毛状衍射斑纹和斑点状衍射斑纹三类。

线状衍射斑纹主要出现在焊缝的射线照片上,其典型形态如图 5-19 所示。它的基本特征是,在焊缝的中心线附近出现一条暗线,其影象类似于根部未焊透,但与根部未焊透的影象相比,这个影象不够清晰,也不够直。此外,其一侧常伴随有白线,或人字形斑纹。线状衍射斑纹也可呈现出其他形态特点如为一条白线、两条暗线等。这种衍射斑纹常出现在不锈钢和轻合金的焊缝射线照片上,应注意避免把它错误地判断为根部未焊透或裂纹。另一方面,对焊缝中确实存在的裂纹和未焊透,也不能误判为线状衍射斑纹。

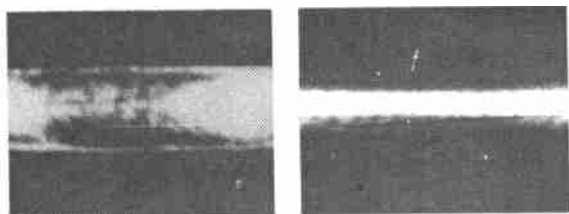


图 5-19 线状衍射斑纹

羽毛状衍射斑纹是不锈钢和轻合金焊缝的射线照片上常出现的另一种衍射斑纹,这种衍射斑纹也称为“人字形骨架”(或称为“八字形”)斑纹。羽毛状衍射斑纹的基本特征是,斑纹为从焊缝中心附近向焊缝母材方向(两侧或一侧)延伸的暗线条纹,总体形成羽毛状影象。由于它整体形态的特点,很容易与其他缺陷的影象相区别。图 5-20 是羽毛状衍射斑纹的影象。

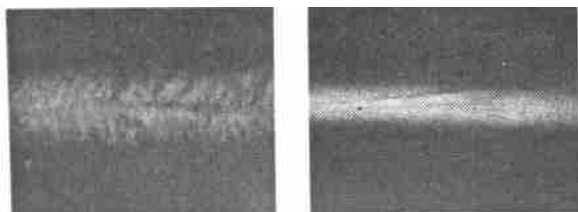


图 5-20 羽毛状衍射斑纹

斑点状衍射斑纹主要出现在轻合金铸件和不锈钢铸件的射线照片上,斑点的形状不规则,分布也无规律,因此,可能与夹渣和疏松相混淆。但一般斑点影象的边缘比较模糊。在焊缝的射线照片上也可以看到斑点状衍射斑纹。

### 4.2 静电斑纹

在天气干燥时,如果切装胶片时造成静电闪光,在射线照片上有时会出现静电斑纹影象。静电斑纹影象常见的主要是树枝状和冠状影象,此外还有连续斑点状影象。树枝状静电斑纹与树枝形貌非常相似,其影象可能粗大,也可能细小,可能单支存在,也可能成排存在。冠状静电斑纹呈现为从一斑点辐射出细直或弯曲短线形貌。连续斑点状静电斑纹为在一条线上顺序分布的斑点,斑点尺寸从大到小。无评片经验的人员,可能将静电斑纹影象误判为裂纹或气孔。图 5-21 为静电斑纹影象的示例。

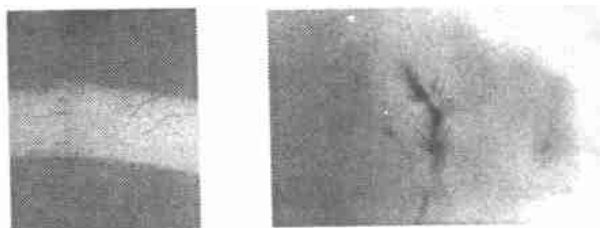


图 5-21 静电斑纹影象

## 5 质量评定

### 5.1 技术条件关于内部质量规定的理解

技术条件(质量验收标准)关于内部质量的规定,一般包括下面三方面的内容:

#### 5.1.1 缺陷类型

质量验收标准对缺陷一般都按照缺陷对工件结构性能的影响,进行重新归纳、分类,规定了质量分级时采用的缺陷类型。例如,在焊接结构中,带圆角的缺陷(如气孔、点状夹渣等)因减少了承载截面积使强度下降;细长的夹渣和类似的缺陷因产生应力集中使强度下降;裂纹及类似缺陷因产生强烈的应力集中而使强度下降。这样按照缺陷性质本属于同一性质的缺陷,这时可能属于不同类型的缺陷,而本是不同性质的缺陷,这时可能归属于同一类型。例如,在 GB 3323-87 标准中,列出了圆形缺陷,它包括气孔,也包括点状夹渣。这种缺陷重新分类,是质量验收标准的基本规定之一,它是质量级别评定的基础,在应用质量验收标准时,首先应理解和掌握质量验收标准有关这方面的规定。有的质量验收标准明确地列出了这方面的规定,有的则以其他方式列

出这方面的规定, 这时需要质量评定人员从有关规定中分析、归纳出缺陷类型的规定。

### 5.1.2 缺陷数据测定方法

质量评定必然涉及缺陷的尺寸、数量等具体数据, 质量验收标准关于质量级别评定第二方面的重要规定是, 如何按照射线照片上显示的影象测定缺陷的有关数据。如果没有这方面的具体的规定, 对同一射线照片上的同一缺陷影象, 不同的人员可能得到完全不同的数据。特别是当影象边界模糊时, 判断数据的差异可能很大, 甚至会涉及是否判废的问题。此外, 还规定了如何将测定的缺陷数据转换为缺陷质量级别评定的数据。不同的质量验收标准规定的测定方法不同, 必须理解和掌握所应用质量验收标准的具体规定。

### 5.1.3 质量分级的具体规定

质量分级的规定包括质量验收标准对质量级别的设立和各质量级别的具体要求。关于各质量级别的具体要求一般包括下面四方面:

(1) 缺陷类型 一般将缺陷分为允许性缺陷和不允许性缺陷, 即规定了各质量级别允许存在的缺陷和不允许存在的缺陷。对不允许存在的缺陷不讨论其尺寸大小和数量等; 对允许存在的缺陷, 则按照缺陷的类型、尺寸、数量和位置等作进一步规定。

(2) 缺陷评定区 对允许性缺陷, 评定质量级别时所规定的评定缺陷允许程度的区域, 一般是一个面积单元或长度单元, 以这个单元中缺陷的数据对质量级别作出评定。

质量验收标准中对评定区的规定包括评定区的尺寸大小和评定区选取的原则。

不同类型缺陷的评定区可能不同, 一般评定区都是选在缺陷最严重的区域。分段透照时, 必须注意将各段连接起来考虑, 才能正确地选定评定区。

(3) 缺陷允许程度 一般都包括允许的缺陷尺寸(在不同位置可能不同)、允许的缺陷数量(在评定区内和整个工件上)、允许的缺陷密集程度(常为缺陷间距和在评定区内允许的最多数目), 有时还会包括缺陷允许的位置, 如缺陷与工件某些特定部位的距离等。

(4) 综合评级(组合缺陷) 规定不同类型缺陷同时出现在评定区时的评级方法。

## 5.2 质量分级评定的基本步骤

从上面对质量验收标准的分析可以总结出质量分级评定的基本步骤:

(1) 首先考虑缺陷类型, 判断是否存在不允许存在的缺陷, 以便直接确定质量级别。

(2) 对允许存在的缺陷, 首先确定是否存在尺寸超过质量级别规定的情况。

(3) 确定可能的评定区(有时, 不进行具体计算难以确定缺陷最严重的部位), 对可能的评定区按缺陷类型分别进行质量分级。

(4) 考虑应进行的综合评级。

(5) 最后, 根据以上所得到的结果, 来判定质量级别。

(全文完)

收稿日期: 1999-12-16

(上接第 228 页)

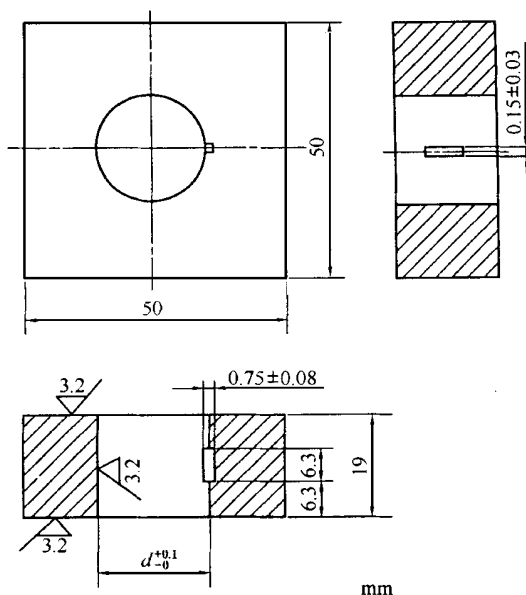


图 A3 孔内表面人工缺陷对比试样  
 $d$ ——孔探头直径

### 附加说明

本标准按照 MH/T0001~ MH/T0003-1997《民航标准编写规定》编写。在编写中, 参照并部分采用了美国军用规范和国外航空器制造厂的有关资料, 结合民航实际, 力求使其具有先进性、科学性、可行性。执行本标准, 可满足民用航空器涡流检验的基本要求。

本标准由中国民用航空总局航空器适航中心提出。  
本标准由中国民用航空总局航空器适航司归口管理。  
本标准由中国西南航空飞机维修公司负责起草。  
本标准主要起草人: 许万忠、王学民、聂有传、施忠良。

收稿日期: 1999-12-15