

前 言

本标准的附录 A、附录 B 都是标准的附录。
本标准的附录 C 是提示的附录。
本标准由机械工业部冶金设备标准化技术委员会提出并归口。
本标准负责起草单位：第二重型机械集团公司。
本标准参加起草单位：西安重型机械研究所。
本标准主要起草人：陈元良。

重型机械通用技术条件
铸钢件无损探伤

JB/T 5000.14—1998

The heavy mechanical general techniques and standards
Non-destructive testing of steel casting

1 范围

本标准规定了应用于铸钢件的超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤、渗透探伤无损探伤方法以及相应的质量等级。

本标准适用于厚度等于或大于 30 mm 的碳钢和低合金钢铸件的超声波探伤,不适用于奥氏体铸钢等铸件的超声波探伤(本标准所用的超声波探伤方法限于 A 型显示脉冲反射法)、厚度为 5~300 mm 铸钢件的 X 射线、 γ 射线照相、铁磁性铸钢件的表面及近表面缺陷的磁粉探伤、铸钢件表面开口缺陷的渗透探伤。

凡采用本标准规定的无损探伤检验必须在设计图样、工艺文件、订货技术协议等指导铸钢件制造的技术文件上对采用的无损探伤方法种类、探伤标准、探伤部位、探伤深度范围(指采用超声波双晶探头对近表面探伤时)、探伤时期、质量水平(或采用通用等级)等加以规定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效,所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB 3721—83 磁粉探伤机
- GB 4792—84 放射卫生防护基本标准
- GB 5097—85 黑光源的间接评定法
- GB 5618—85 线型像质计
- ZB J04 003—87 控制渗透探伤材料质量的方法
- ZB J04 006—87 钢铁材料磁粉探伤方法

3 应用要求

3.1 无损探伤应用原则

3.1.1 应用无损探伤时,必须根据对铸钢件采用无损探伤的必要性、可靠性、经济性、可行性的原则,确定无损探伤方法种类、探伤标准及质量验收水平。

3.1.2 若本标准不能满足采用者的要求时,可附加补充条文或选用其他标准,或制订专用标准。

3.1.3 超声波探伤、射线透照探伤主要是用于检验铸钢件的内部缺陷。但是,由于以上两种方法具有各自的特性,采用时应充分利用其优点。磁粉探伤应用于检验铸钢件表面和近表面的缺陷,而渗透探伤仅能发现表面开口的缺陷,因此,渗透探伤一般只应用于非铁磁性材料的表面检验(非铁磁性材料不能被磁化)。

3.1.4 用于铸钢件最终状态(交货时)的质量评价性的无损探伤,其探伤时期,必须安排在最终热加工之后进行;对于有延迟裂纹倾向的材料探伤时期,必须安排在充分时效之后(这类材料的焊接部的探伤时期必须安排在焊后 24h 之后)进行;同时,应用磁粉探伤或渗透探伤时还必须安排在最终机械加工(或表面打磨)之后进行。

3.2 探伤人员

3.2.1 对铸钢件的探伤、撰写和签发检测结果报告的无损探伤人员,必须持有国家有关部门颁发的相应的探伤方法种类以及相应的技术等级的无损检测人员技术资格证书。

3.2.2 无损检测人员的技术资格证书分超声波探伤人员资格证书、射线探伤人员资格证书、磁粉探伤人员资格证书、渗透探伤人员资格证书;各种探伤方法又分Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级,Ⅰ级是初级、Ⅱ级是中级、Ⅲ级是高级;持有Ⅱ级及Ⅱ级以上的技术资格探伤人员才能撰写、签发检测结果的报告。

3.2.3 从事铸钢的无损探伤人员,还应该具备丰富的铸钢材料、铸造工艺学、金属热处理、焊接工艺学以及铸钢中缺陷等有关知识。

3.2.4 无损探伤人员除具有良好的身体素质外,视力还应该符合下列要求:

- a) 矫正视力不得低于 1.0,并且每年复查一次;
- b) 从事射线评片人员应能辨别距离 400 mm 远的一组高为 0.5 mm、间距为 0.5 mm 的印刷字母;
- c) 从事磁粉探伤、渗透探伤的人员,不得有色盲、色弱。

4 超声波探伤及其质量等级

4.1 超声波探伤仪

4.1.1 应选用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪,其发生、接收和放大频率至少为 1~5 MHz。

4.1.2 仪器的水平线性和垂直线性及衰减(或增益)器精度应符合有关标准的规定。

4.1.3 仪器和探头的组合灵敏度,在达到所探铸件最大声程处的探伤灵敏时,至少应剩余 10 dB 的灵敏度余量。

4.2 探头

4.2.1 纵波直探头的频率一般采用 2~2.5 MHz,晶片直径在 10~30 mm 范围间,当被检铸钢件的探伤面较粗糙时,建议进行使用有软保护膜的纵波直探头。

4.2.2 建议用 2~2.5 MHz、12~25 mm 的纵波双晶探头,两晶片之间的声绝缘必须良好。当检测截面小于或等于 25 mm 时,建议使用夹角 12° 的双晶探头。

4.2.3 为了缺陷的评定和定位,允许采用其他型式、频率和尺寸的探头。

4.3 试块

4.3.1 对比试块用铸造碳钢或铸造低合金钢材料制成,其超声波特性应类似被检铸件,制作对比试块的材料必须预先进行超声波探伤,不允许存在等于或大于 $\phi 2$ mm 当量的内部缺陷(双晶探头用的对比试块不允许存在等于或大于 $\phi 1$ mm 当量内部缺陷)。对比试块的侧面要标明试块的名称、编号、材质、透声性。

4.3.2 平底孔试块用于按 4.7.2 调整探伤仪确定探伤灵敏度。

4.3.3 供纵波直探头用的对比试块规格见图 1,其尺寸见表 1。当被检测的铸钢件的厚度大于 250 mm 时,要制作最大探测距离等于铸件厚度的试块来补充。

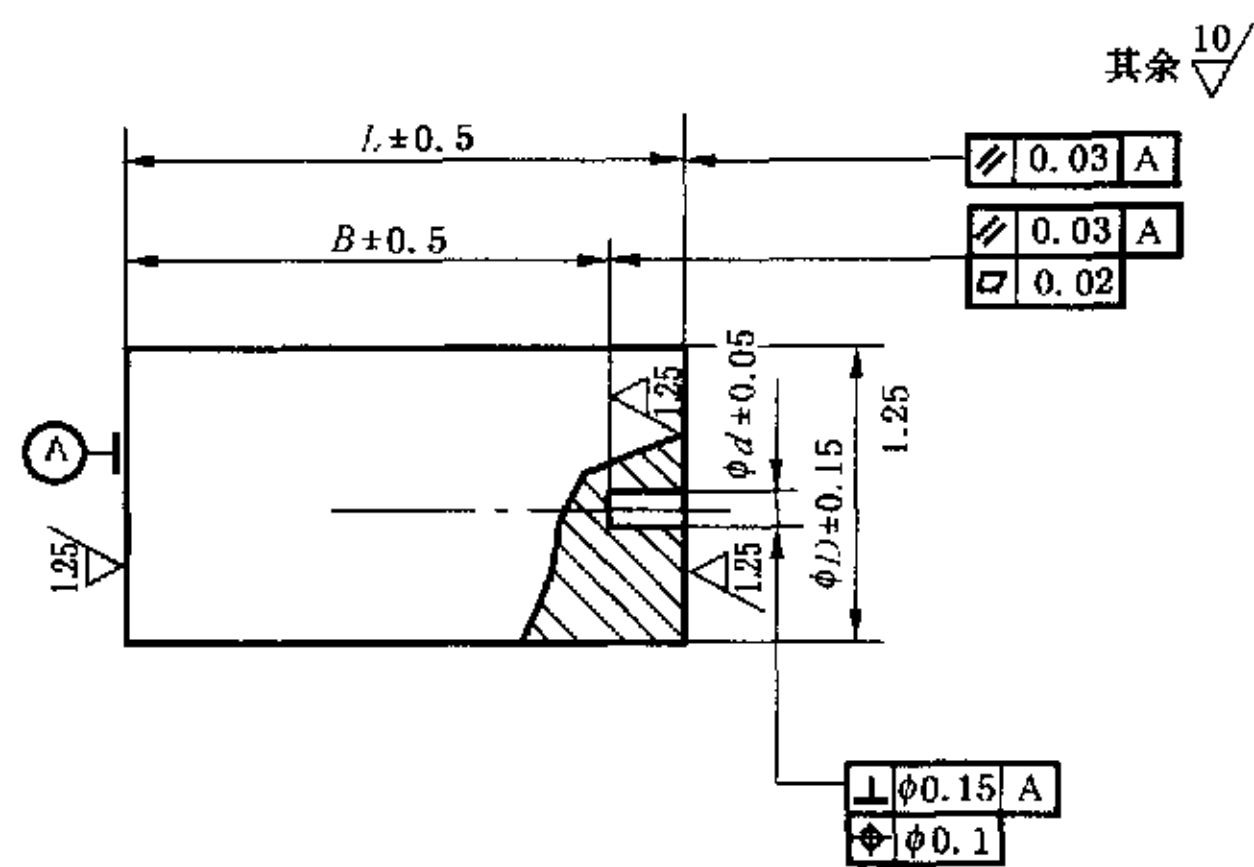


图 1 纵波直探头用对比试块图

表 1 纵波直探头用的对比试块尺寸 mm

编号	总长 L	探测距离 B	试块直径	平底孔直径 d
CSZ-1	45	25	50	6
CSZ-2	70	50	50	
CSZ-3	95	75	50	
CSZ-4	170	150	75	
CSZ-5	270	250	100	
CSZ-6	$B+20$	B	125	

4.3.4 供纵波双晶探头用的对比试块见图 2,其尺寸见表 2。

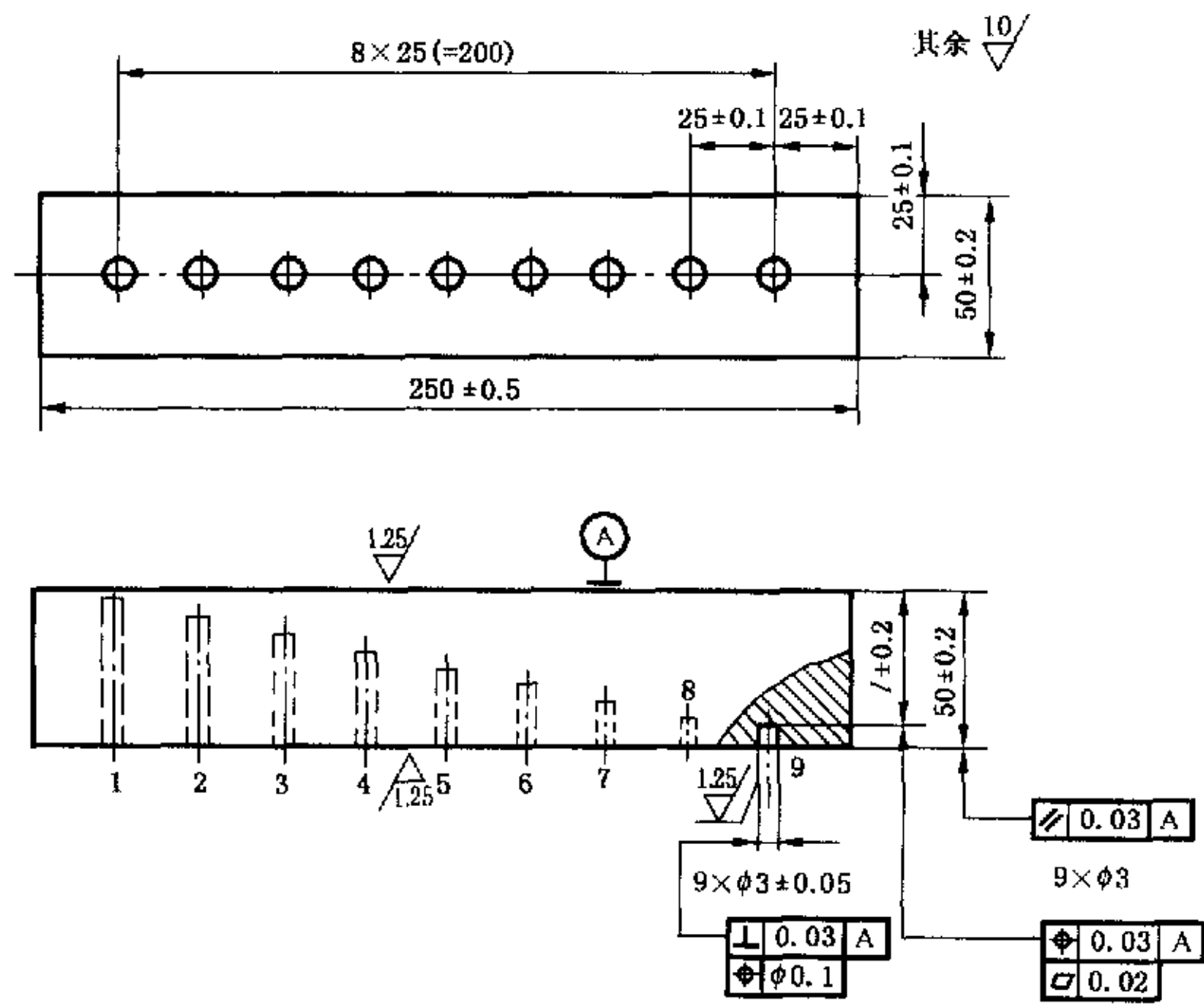


图 2 纵波双晶探头用对比试块图

表 2 9 个平底孔的探测距离 l 明细表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l mm	5	10	15	20	25	30	35	40	45

4.4 耦合剂

耦合剂应具有良好的透声性、润湿性、不锈蚀成品及声阻抗合适的物质,通常可选用机油、机油与黄甘油混合剂、浆糊或水作耦合剂;在调整仪器、校核仪器和探伤时必须使用相同的耦合剂。

4.5 对铸钢件的要求

- 4.5.1 在超声波探伤之前,铸钢件应至少进行一次奥氏体化热处理。
- 4.5.2 最终评价性超声波探伤的探伤时期,应安排在最终热处理和粗加工之后进行。
- 4.5.3 铸件应安排在外观检查合格后进行超声探伤,铸件的探伤面及底面没有影响超声波探伤的异物,已加工的表面应达到 $Ra6.3\ \mu\text{m}$,未加工的表面需打磨平滑。
- 4.5.4 妨碍超声波探伤的机械加工工序应安排在超声波探伤之后进行。

4.6 铸钢件可探性的判断

探伤前必须进行可探性判断,符合要求后才能进行探伤检验,先将仪器“抑制”旋钮置于零位,使用频率 $2\sim 2.5\ \text{MHz}$ 中任一频率的纵波直探头,对铸钢件的最大探测距离处(最厚处)或反射杂波最多处,进行探测;若此时的噪声信号反射幅度比选定为纵波同声程探伤灵敏度的反射回波低 $8\ \text{dB}$ 以上时,则该铸件适合超声波探伤(即可探性符合要求)。

如果不能满足上述要求,可降低探伤频率至 $1\ \text{MHz}$ 再按上述方法测试,若此时满足上述要求的话,可以采用这种频率探伤,但这时必须在探伤报告中加以说明。

如果降低频率测试的结果仍不能满足超声波可探性的要求,则应采用热处理的方法来改善铸件透声性,并在满足超声探伤的可探性要求后才能进行超声波探伤。

4.7 仪器调整

4.7.1 水平扫描线调整

将仪器中的“抑制”旋钮置于零位,利用试块,将即将探测的铸钢件最大探测距离取一定的比值调整在水平扫描线上。

4.7.2 纵波直探头一般级探伤灵敏度的仪器调整

利用本标准规定的一组 $\phi 6\ \text{mm}$ 的平底孔试块(试块厚度包括被测件最大厚度),作 $\phi 6\ \text{mm}$ 的“距离-振幅”曲线。这就是探伤时判断缺陷大小的灵敏度曲线。曲线可以画在坐标纸上,也可以直接画在仪器的示波屏上,在示波屏上标记“距离-振幅”曲线时,若被检铸件厚度内的超声波衰减超过了显示系统的动态范围,则可以将曲线分段标记。

4.7.3 纵波直探头特级探伤灵敏度的仪器调整

先按 4.7.2 的方法制作 $\phi 6\ \text{mm}$ 的“距离-振幅”曲线,在探伤时将灵敏度提高 $12\ \text{dB}$ 的增益值后使用。此时的 $\phi 6\ \text{mm}-12\ \text{dB}$ 的“距离-振幅”曲线,相当于 $\phi 3\ \text{mm}$ 的“距离-振幅”曲线。

4.7.4 纵波双晶探头探伤灵敏度的仪器调整

先将仪器的衰减器(或增益器)预留的储备量不得小于表面粗糙度补偿量。再测试本标准规定的一组 $\phi 3\ \text{mm}$ 平底孔双晶探头用对比试块;调整仪器,使其中反射波最高的平底孔回波幅度达到仪器荧光屏满刻度的 80% ,在此情况下不改变仪器任何参数对距离不同的平底孔逐一测试,制作近距离的 $\phi 3\ \text{mm}$ “距离-振幅”曲线。

4.7.5 表面粗糙度及材质影响的补偿

当工件探伤面比对比试块的探伤表面粗糙时,当工件内部的透声性比试块内部的透声性差时,或以上两者都存在时,应对探伤灵敏度进行声能损失补偿。

声能损失的测量也可用下面的方法:首先在铸件上选择一处或数处内部材质及表面粗糙度基本上能代表其他部位,同时探测面基本平行于底面的部位为测量点,然后选择一块厚度同测量点处的铸件厚度基本一致的试块,调节仪器的衰减器,使测量点的底面反射波高(或平均波高)同试块的底面反射波高一致时,读出这两种底面反射波的分贝差值,这个差值就是因表面粗糙和内部透声性所造成的声能损失。

4.7.6 当仪器调整后,在制作和使用“距离-振幅”曲线时,除仪器上衰减器(或分度增益控制器)外,仪器上其他所有装置(旋钮)和使用的探头均不得改变。

4.8 探伤方法、部位和灵敏度

4.8.1 探伤方法

铸钢件超声波探伤一般以纵波垂直反射法为主,必要时探伤人员可采用其他型式的探头作为辅助检测。

4.8.2 按订货技术文件或图样上规定的探伤部位、范围和检验深度及相应的探头进行检验。

4.8.3 探伤灵敏度

按订货技术文件或图样上规定的探伤灵敏度等级调整仪器和探伤。

4.8.3.1 一般级 指纵波直探头时用 $\phi 6$ mm 平底孔作为探伤灵敏度。

4.8.3.2 特级 指纵波直探头时用比 $\phi 6$ mm 平底孔探伤灵敏度 12 dB 的灵敏度作为探伤灵敏度(即 $\phi 6$ mm-12 dB)。

4.8.3.3 纵波直探头探伤时,未注明探伤灵敏度等级的按一般级探伤灵敏度探伤。

4.8.3.4 双晶探头的探伤灵敏度一般为 $\phi 3$ mm 平底孔。

4.9 扫查要求与缺陷的测定

4.9.1 探头的移动

为了使缺陷不漏检,探头移动速度不得大于 150 mm/s,每次扫查至少要叠压换能器直径(或宽度)的 15%。因铸件几何形状的限制而扫查不到的部位,必须在探伤报告中注明。

4.9.2 缺陷的标定

4.9.2.1 因凡缺陷的反射波高度连续达到或超过图样或技术文件规定的探伤灵敏度等级的“距离-振幅”曲线的缺陷,必须按此“距离-振幅”曲线的灵敏度划缺陷反射面积(反射范围)。

4.9.2.2 凡因缺陷而引起的底波连续降低了 12 dB 或 12 dB 以上时,也必须按底波降低 12 dB 值划缺陷区反射的面积。

4.9.2.3 缺陷区反射面积的划分:当缺陷反射出现上述 4.9.2.1、4.9.2.2 的情况时,移动探头,使缺陷波高等于探伤灵敏等级的“距离-振幅”曲线时、或因缺陷而引起的底波降低了 12 dB 时的探头晶片中心点的轨迹包围的范围,就是缺陷区反射面积。

4.9.2.4 缺陷区面积大小的计算,是以缺陷反射范围中最大尺寸和与其垂直方向的最大尺寸的乘积。当缺陷区边缘的间距小于 25 mm 时的两个或两个以上的缺陷区,在计算面积时把它们当作一个大缺陷区对待,其总面积等于各相邻缺陷区面积的总和。

4.9.2.5 由于探测距离(深度)很长,或探伤表面弯曲,在铸件表面所划出的缺陷面积,可能同缺陷实际大小反射面积有较大的差别,这时应采用声束扩散图形加以综合考虑,进行修正,以较实际地反映缺陷大小。

4.9.2.6 当对铸件的探测面同底面平行的区域进行纵波检验时,要慎重检验底波降低 12 dB 及 12 dB 以上且无缺陷反射波的区域,以确认是否由于探头接触不良、耦合剂不足或缺陷方向不利于超声波的反射引起的。如果反射回波损失的理由不明,就应该加以重视,并应进一步加以研究探讨(如提高探伤灵敏度或改变探伤频率探测,或者采用其他可行的无损探伤方法);若仍不能出结论,则由供需双方协商或请有关部门处理。

4.9.2.7 双晶探头所发现的缺陷的标定,根据各图样或有关技术文件规定的探伤灵敏度,参照以上方

法来处理。

4.9.3 探伤灵敏度的核查

探伤时应定期核查探伤灵敏度,探伤工作结束时,也应核查探伤灵敏度,当发现灵敏度改变时,需重新校正,并对前次核查以来完成的探伤工作重新进行探伤。

4.10 验收质量等级

4.10.1 铸钢件超声波探伤的验收等级的选择确定,应从铸件的使用条件、大小形状、材料、缺陷的情况及分布,并考虑到铸钢件生产的具体情况。验收等级应在有关技术文件或图样上规定。

4.10.2 铸钢件超声波质量验收等级分类见表 3(不包括双探头所发现的缺陷)。

表 3 缺陷等级的分类

质量等级	缺陷面积 mm ²	允许缺陷最大长度 mm
1	484	40
2	900	60
3	1 936	80
4	3 025	100
5	4 900	120
6	7 744	150
7	10 000	180

4.10.3 双晶纵波探头发现缺陷的允许值(双晶纵波探头发现的缺陷允许值一般不是以缺陷面积大小来衡量)是以缺陷的反射当量大小来衡量探伤所发现缺陷的允许值,(其数值)由设计部门、供需双方另行规定。

4.10.4 设计人员提出的或供需双方同意的其他验收标准。

4.11 探伤报告

探伤报告应包括下列内容。

4.11.1 委托探伤的单位、探伤面报告编号、铸钢件名称、生产编号、炉号、图号、材质、热处理状态,探伤的状态、探伤标准。

4.11.2 使用仪器、探头、频率、耦合剂,纵波直探头灵敏度。

4.11.3 在铸件草图上标明检测区域、使用探头、可探性,如果有几何形状限制而未检测的部位,也必须在草图上标明。

4.11.4 缺陷的尺寸、位置等其他应该说明的情况。

4.11.5 评定的质量等级及探伤结论。

4.11.6 探伤人员签名、签发报告人签名、报告日期。

4.12 铸钢件经供需双方同意的按附录 A(标准的附录)补充要求做横波检验的部位及需检验层的范围和验收标准。

5 射线透照探伤及其质量等级

5.1 安全防护

5.1.1 X射线和γ射线对人体有不良影响,应尽量避免射线的直接照射和散射线的影

5.1.2 应按照 GB 4792—84 中第 2 章的要求,对探伤人员进行射线剂量监督。

5.1.3 探伤人员应备有剂量笔、剂量仪或其他剂量测试装置,在进行γ射线探伤时每次都应测定工作场所和γ射线源容器附近的射线剂量,以便了解射线源位置,免受意外照射。

5.1.4 在透照现场设置安全线,在安全线上应有明显警告标志,夜间应设红灯。

5.2 对铸钢件的要求

5.2.1 对表面的要求

表面必须清理干净,经外观检查合格后才能进行射线探伤;尤其是表面不规则状态在底片上的图像应不掩盖铸钢件中的缺陷或不与缺陷相混淆;否则必须进行修理。

5.2.2 标记

透照部位、底片放置位置的表面应有永久性或半永久性标记;并且这些标记应与透照底片上定位标记有严密的相对应关系;作为对每张射线底片重新定位的依据。不适合打印标记时,应采用透照部位详细草图或其他可靠标记方法。修后重新透照的底片应在底片上加上返修标记“R”(铅字)。

5.3 探伤条件的确定

5.3.1 射线照相灵敏度

5.3.1.1 射线照相灵敏度用下式表示:

$$K = \frac{d}{t} \times 100$$

式中:K——以分数表示的射线照相灵敏度,%;

d——射线照相底片可辨认到的最细钢线直径,mm;

t——铸钢件被透照处的厚度,mm。

5.3.1.2 射线照相灵敏度分为A级(普通灵敏度级)和B级(高灵敏度级):

A级射线照相灵敏度 $K_A \leq 2.0\%$;

B级射线照相灵敏度 $K_B \leq 1.5\%$ 。

但透照厚度小于10 mm时,底片上必须读出直径为0.2 mm的像质计钢线。

5.3.2 射线源的选择

X射线管电压的选择按图3,其他射线源可根据透照厚度和灵敏度级别按表4选择。

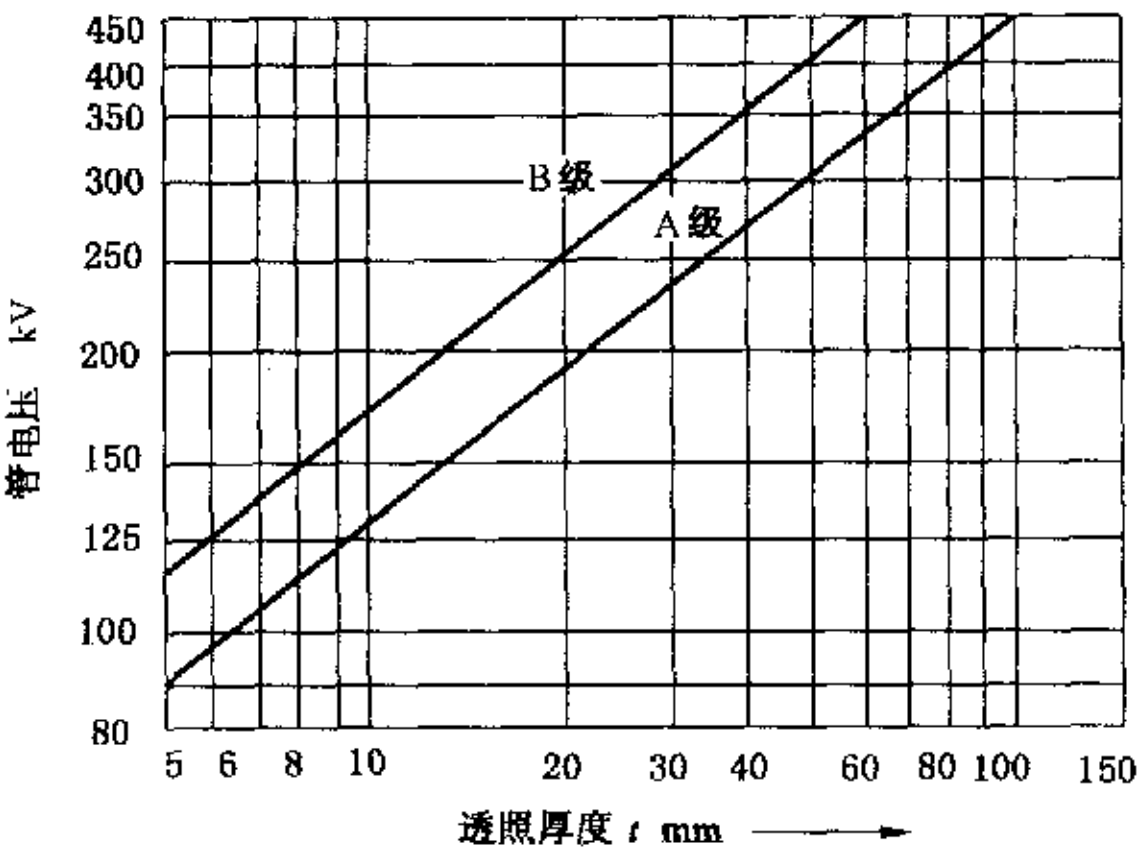


图3 管电压与透照厚度关系

表4 不同透照厚度范围的射线源

射线源	A级适用厚度范围 mm	B级适用厚度范围 mm
¹⁹² Ir	20~100	40~90
⁶⁰ Co	40~200 ¹⁾	60~150
1~2 MV X射线	50~200	60~150
≥2 MV X射线	≥50	≥60

1) 透照度范围为40~60 mm时,必须采用0.4~0.7厚的钢(或合金钢)或铜制的前屏及后屏。

5.3.3 胶片的选择

5.3.3.1 胶片数量:当满足规定的像质计和黑度要求时,允许将两张或多张感光速度相同或不同的胶片放在同一暗盒内;不过,在两张胶片之间不得使用中间屏。

5.3.3.2 胶片种类:在适当曝光时间内应根据铸钢件厚度、照相灵敏度和增感方式选择胶片种类,A级方法应使用3型或者粒度更小的胶片;B级方法应使用2型或1型胶片。胶片类型的选择见表5。

表5 射线胶片的分类

胶 片 类 型	粒 度	感 光 速 度
1	超微粒胶片	很慢
2	微粒胶片	慢
3	中等颗粒的胶片	中等速度
4	较大颗粒的胶片	快速

5.3.4 增感屏的选择

本标准中应使用金属和金属荧光增感屏。金属屏的厚度可按表6选择。

表6 金属屏厚度的选择

射线源 厚度 级别	A 级		B 级	
<400 kV	0.02~0.25 mm 前、后屏为铅增感屏			
¹⁹² Ir	0.05~0.25 mm 前、后屏为铅增感屏			
⁶⁰ Co	0.1~0.5 mm 前、后屏为铅、钢或铜增感屏		0.4~0.7 mm 前、后屏为钢或铜增感屏	
1~2 MV	0.1~1.0 mm 前、后屏为铅增感屏			
2~6 MV	1.0~1.5 mm 前、后屏为铜或钢增感屏			
6~12 MV	前屏厚度为 1.0~1.5 mm,后屏厚度小于 1.5 mm,增感屏材料可用铜、钢或钽			
>12 MV	1.0~1.5 mm 前屏为钽或钨增感屏,后屏不用			
注:表中钢质增感屏的材料也可用合金钢制造。100 kV 以下射线源,可不用前屏。				

5.3.5 像质计

像质计是用来检查透照技术和胶片处理的质量。应根据铸钢件厚度、探伤灵敏度等按 GB 5618 选用,当工件用一个或多个暗盒同时进行曝光时,在每张底片上至少要有一个像质计的影像出现。

5.4 探伤操作技术

5.4.1 透照方向的选择

若无其他要求,透照方向应以铸钢件最小厚度的方向。透照时射线束应指向被检部位的中心,并在该点与被检区平面或曲面的切线垂直。但是,如果认为必要,可以从有利于发现缺陷的其他方向进行透照。或在不可能从以铸钢件最小厚度的方向透照时,也可采用其他方向透照。

5.4.2 铸钢件透照方向的透照厚度的确定

透照厚度是指实际的透照厚度,当厚度实测不可能时,可采用制图方法来确定。

5.4.3 透照的布置

5.4.3.1 射线源、像质计、铸钢件及胶片的透照位置按图4布置。

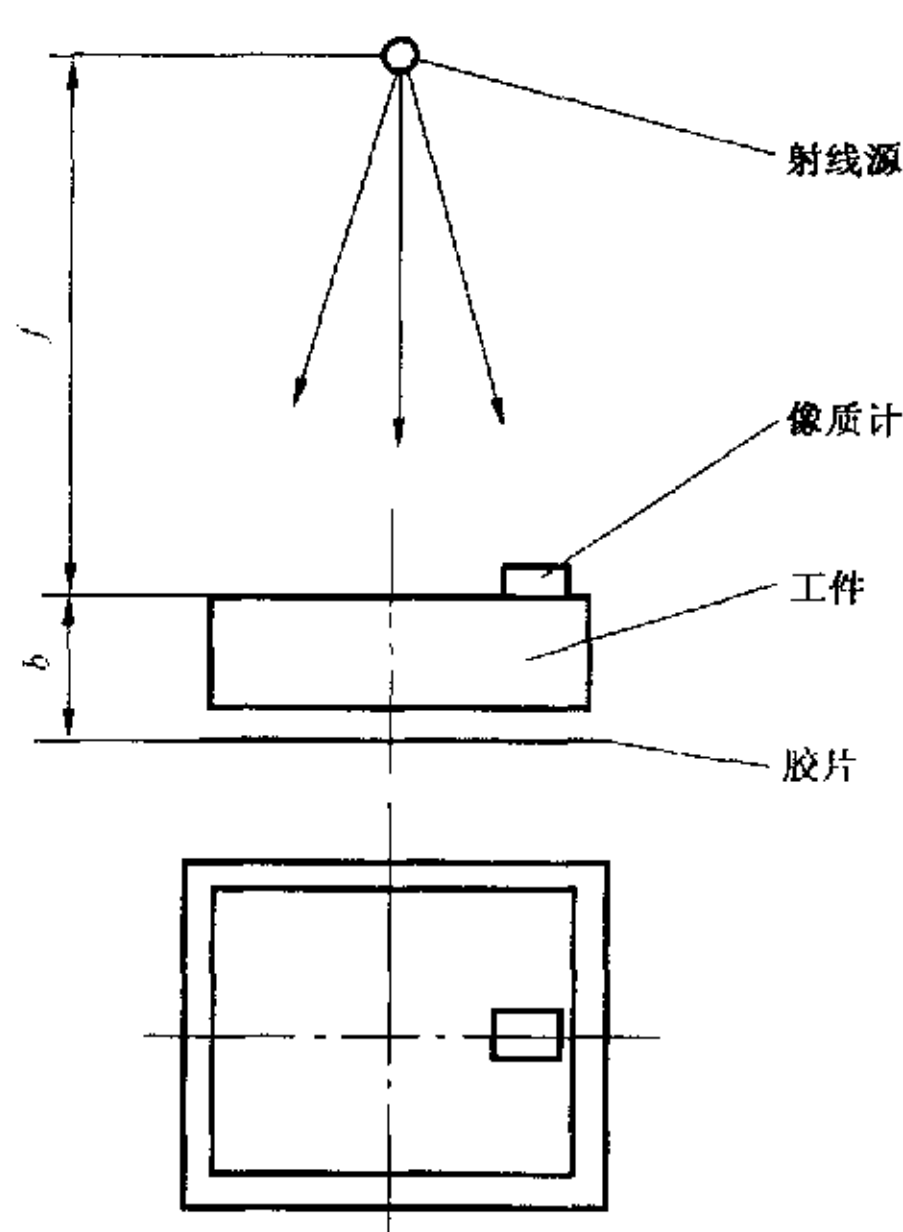


图4 透照位置布置图

5.4.3.2 每张底片上应有像质计图像。如透照厚度变化较大,可在工件厚的部位和薄的部位各放一个像质计。如采用360°周向曝光法,则可在每个象限的工件上各放置一个像质计。

5.4.3.3 像质计必须放在铸件的射线源一侧。当不可能时,才可放在铸件的胶片一侧,并用“F”字给予标记。但必须通过对比试验,使实际灵敏度达到5.3.1的规定。

5.4.4 焦距的确定

确定射线源到工件的最小距离(f),加上工件透照厚度(t)即为所需的焦距。 f 值可按附录B(标准的附录)中的任意一种方法确定。

5.4.5 散射线的屏蔽

5.4.5.1 为了提高射线照相灵敏度,可采用如下几种方法屏蔽散射线:

- 在射线源的窗口加铅罩和滤光板;
- 工件非透照部位用厚铅板屏蔽;
- 暗盒后边垫大于2 mm厚铅板屏蔽;
- 透照工作台用6 mm厚铅板覆盖;
- 用铅丸、铁豆砂和补偿液屏蔽。

5.4.5.2 为测定胶片背散射线的影,可在暗盒后贴B形铅字。胶片显影后不应呈现B形字图像。

5.4.6 曝光

5.4.6.1 应根据设备、胶片、增感屏和其他具体条件制作或选用合适的曝光曲线,并以此确定曝光规范。

5.4.6.2 为保证达到规定的底片黑度,一定要确定合适的曝光量,防止用短焦距和高压所引起的不良影响。

5.4.7 胶片暗室处理及对底片的要求

5.4.7.1 胶片应按胶片厂推荐的配方进行暗室处理。为了保证底片的质量应采用自动冲片机冲洗或槽式显影法,并遵照通过试验制定的有效的暗室处理操作规程进行底片暗室处理。

5.4.7.2 胶片照相灵敏度必须满足5.3.1的规定。工件上必须有永久性的或半永久性的铸件部位号和定位标记。底片上的部位号必须和铸件上部位号一致,铸件上的定位标记处,应放铅质的定位标记,此标记必须在底片上呈像,以便核对缺陷位置。

5.4.7.3 底片上没有缺陷部位的黑度应满足表 7 的规定,表 7 规定的黑度范围即有效的评片范围。采用双胶片曝光技术和厚度补偿技术时,可扩大底片上黑度有效的评片范围。

5.4.7.4 底片上不允许存在妨碍底片评级的伤痕和斑点等缺陷。当采用多张胶片时,不允许在两张底片上相同的位置处出现相同的损伤。

表 7 底片的黑度范围

级 别	黑 度 范 围
A	1.0~3.5
B	1.5~3.5

5.4.8 底片的观察

5.4.8.1 观片灯:底片黑度较大时,应选用合适亮度的观片灯观察。观片灯的亮度应可调,并满足表 8 的规定。观片灯的观察屏面上应设有大于可调的屏蔽窗口,使用时可根据底片观察面积来调整窗口大小。

表 8 观片灯的亮度

底片黑度	观片灯亮度
1.0	300
1.5	1 000
2.0	3 000
2.5	10 000
3.0	10 000
3.5	30 000
4.0	100 000
注:底片黑度小于或等于 2.5 时,透照底片照明亮度应小于 30 cd/m ² ,底片黑度小于或等于 3 时,透照底片照明亮度应小于 10 cd/m ² 。	

5.4.8.2 评片环境:应在专用评片室内进行。评片室内的光线应暗淡,但不全暗,室内的照明用光不得在底片表面产生反射。

5.5 射线照相底片等级分类方法

5.5.1 底片上铸造缺陷分类和测定方法

5.5.1.1 缺陷的类别:分成气孔、夹砂和夹渣、缩孔类(包括缩孔和缩松)、内冷铁未熔合和泥芯撑未熔合、热裂纹和冷裂纹等五类。

5.5.1.2 缺陷尺寸的测定:按底片上缺陷呈像的大小来测定缺陷的尺寸,对缩孔类缺陷只测定每个缺陷的明显部分的尺寸,不包括周围模糊阴影部分的尺寸,当两个以上缺陷在底片上部分重叠时,应分别测定各自的尺寸。

5.5.2 底片上各类铸造缺陷的分级方法

5.5.2.1 气孔、夹砂和夹渣类缺陷的等级:评片时在底片上以缺陷点数最多的区域选定评定视野。评定视野的大小根据透照厚度分别按表 11 和表 13 决定。

- a) 单个缺陷的点数,应根据缺陷大小,按表 9 查出点数,但小于表 10 规定的缺陷可不计算缺陷点数;
- b) 两个以上缺陷的点数是评定视野内缺陷点数的总和;
- c) 缺陷如在评定视野界线上,在计算点数时也应包括缺陷在线外的部分;

表 9 缺陷尺寸和缺陷点数的换算

缺陷尺寸 mm	≤2.0	>2.0~4.0	>4.0~6.0	>6.0~8.0	>8.0~10.0
缺陷点数	1	2	3	5	8
缺陷尺寸 mm	>10.0~15.0	>15.0~20.0	>20.0~25.0	>25.0~30.0	>30.0~60.0
缺陷点数	12	16	20	40	90

表 10 不计点数的缺陷最大尺寸 mm

透照厚度 适用范围	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
1 级	0.4	0.7	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
2 级以下	0.7	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0

d) 气孔、夹砂和夹渣类缺陷的等级,应根据缺陷点数的总和,分别按表 11 和表 13 评定;但 1 级所允许的最大气孔、夹砂和夹渣尺寸分别不得超过表 12 和表 14 的规定。

5.5.2.2 缩孔类缺陷的等级分类方法

a) 缩孔类缺陷的等级分类时,首先在底片上选取缩孔长度、面积的最大部位为评定视野。评定视野的大小应根据透照厚度按表 16 决定。

b) 缩孔类缺陷根据形状可分成条状缩孔、树枝缩孔和大面积缩松。

c) 条状缩孔缺陷长度的计算:一个条状缩孔是以缩孔的最大长度为缺陷长度;两个以上条状缩孔是以各个缩孔长度之和为缺陷长度;当缩孔正处在评定视野边界上时,也应包括缺陷在线外的部分。但长度小于表 15 中规定的缩孔可不计算缺陷长度。

表 11 气孔在不同等级中允许的最大点数值

透照厚度 mm	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
评定 视野 直径 mm	20	30	50	50	70	70	100
等级	3 以下	4	6	8	10	12	14
1	4	6	10	16	19	22	25
2	6	9	15	24	28	32	40
3	9	14	22	32	38	42	60
4	14	21	32	42	49	56	80
5	缺陷点数超过 5 级者;缺陷尺寸超过壁厚 1/2						
6							

表 12 1 级所允许的最大气孔尺寸 mm

透照厚度	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
气孔最大尺寸	3.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	10.0

表 13 夹砂和夹渣在不同等级中允许的最大点数值

评定 视野 等级	透照厚度 mm	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
	直径 mm	20	30	50	50	70	70	100
1		5 以下	8	12	16	20	24	28
2		7	11	17	22	28	34	42
3		10	16	23	29	36	44	55
4		14	23	30	38	46	54	76
5		21	32	40	50	60	70	90
6		缺陷点数超过 5 级者;缺陷尺寸超过壁厚						

表 14 1 级所允许夹砂和夹渣的最大尺寸 mm

透照厚度	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
夹砂和夹渣的 最大尺寸	6.0	6.0	8.0	10.0	14.0	18.0	20.0

表 15 缩孔类缺陷可不计算缺陷长度和面积的最大值

适用范围	透照厚度 mm	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
	mm	5.0						
1 级	条状 mm							
	树枝状 mm ²	10.0						
2 级	条状 mm	5.0				10.0		
以下	树枝状 mm ²	30				40		

表 16 条状缩孔在不同等级中允许缺陷的最大长度 mm

评定 视野 等级	透照厚度 mm	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
	直径 mm	50		70				100
1		12 以下		18	30		50	60
2		23		36	63		110	120
3		45		63	110		145	160
4		75		100	160		180	200
5		100		145	230		250	270
6		长度超过 5 级者						

d) 树枝状缩孔面积的计算:一个树枝状缩孔的缺陷面积是以缺陷的最大长度和与它正交的最大宽度相乘的积为缩孔的缺陷面积。两个以上树枝状缩孔是以各个面积之和为缺陷面积。当缩孔正处在评定视野边界线上,在计算面积时,也应包括缺陷在线外的部分。

e) 当评定视野内同时存在树枝状缩孔和条状缩孔时,其缺陷面积计算也应把条状缩孔当作树枝状缩孔来计算。其长是条状缩孔之长,其宽度是长度的三分之一。

f) 大面积缩松缺陷面积的计算:缺陷面积是以缺陷的最大长度和与它正交的最大宽度相乘的积,为大面积缩松的缺陷面积。

g) 缩孔类缺陷的等级,应根据缺陷长度或面积的总和来进行评定。

条状缩孔根据长度的总和,按表 16 评定。

树枝状缩孔根据缺陷面积的总和,按表 17 评定。

大面积缩松根据缺陷面积的总和,按表 17 中括号内的数值评定。当铸件厚度大于 40 mm 时,用射线照相不易发现此级缺陷。

表 17 树枝状缩孔在不同等级中允许缺陷的最大面积 mm²

评定 视野 等级	透照厚度 mm	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200	>200~300
	直径 mm	50		70				100
1		250(1 000)		600(1 600)	800		1 000	1 600
2		450(2 000)		900(3 000)	1 350		2 000	3 600
3		800(3 000)		1 650(5 000)	2 700		3 000	5 000
4		1 600(6 000)		2 700(9 000)	5 400		8 000	9 000
5		3 600(10 000)		6 300(16 000)	9 000		12 000	14 000
6		长度超过 5 级者						

5.5.2.3 底片上呈现冷铁完全未熔合和泥芯撑完全未溶合性质的缺陷时应定为 6 级。

5.5.2.4 底片上呈现热裂纹和冷裂纹时应定为 6 级。

5.5.3 缺陷的综合评级

5.5.3.1 在评定视野内,同时存在两类以上缺陷时的综合评定方法,应按缺陷种类分别进行等级评定,以最低等级定为综合评定等级。

5.5.3.2 在评定视野内,同时存在两个以上相同等级缺陷时,其缺陷点数、长度和面积超过该级规定的中间值时,其综合评定等级应降低一级。但已定 6 级者综合评定等级仍为 6 级。

5.5.3.3 在 1 级要求的底片上,其评定视野内出现气孔或夹砂和夹渣性质的缺陷,其单个缺陷大小已超过表 12 或表 14 的规定,但其点数总值又不超过 1 级规定的数值,在此情况下如在此评定视野内出现其他类似一种定为 2 级缺陷,则综合评定的等级仍为 2 级。

5.6 探伤记录

射线透照时要做如下记录。

5.6.1 铸钢件名称、订货号、图号、炉号、件号(序号)、材料、厚度。

5.6.2 探伤仪器名称、焦点、焦距、管电压、管电流及曝光时间、射源种类和强度。

5.6.3 探伤灵敏度和底片的黑度。

5.6.4 胶片的种类,增感方式,显影、定影条件。

5.6.5 等级分类的结果。

5.6.6 探伤编号及日期,探伤者签名,评片者签名。

5.7 探伤报告

按照探伤委托单位要求,根据探伤记录撰写探伤报告。

6 磁粉探伤及其质量等级

6.1 对探伤件的要求

- 6.1.1 磁粉探伤之前,应清除检验区域表面的油脂、砂泥、粘砂、氧化皮层、油漆和其他干扰磁粉探伤操作和磁痕显示及辨别的物质。
- 6.1.2 铸钢件表面可以通过喷丸、喷砂、打磨或机械加工,达到相应的表面粗糙度。表 18 列出了各质量等级要求的表面粗糙度 R_a 的最大值。

表 18 铸钢件磁粉探伤的质量等级

质量等级		01	1	2	3	4	5											
表面粗糙度 R_a 最大值 μm		3.2	6.3	12.5	25	50	100											
不考虑的缺陷最大尺寸 mm		0.5	1.5	2	3	5	5											
非线性缺陷	最大长度 mm	1	2	4	6	10	10											
	框内最大总面积 或缺陷数 个	10 个	10 mm ²	35 mm ²	70 mm ²	200 mm ²	500 mm ²											
线性缺陷和点线性缺陷的最大长度、总长度 mm	铸钢件 厚度范围 δ mm	线性或 点线性	总长	线性	点线性	总长	线性	点线性	总长	线性	点线性	总长	线性	点线性	总长	线性	点线性	总长
	≤ 16	1	2	2	4	6	4	6	10	6	10	16	10	18	28	18	25	43
	$>16\sim 50$	1	2	3	6	9	6	12	18	9	18	27	18	27	45	27	40	67
	>50	2	4	5	10	15	10	20	30	15	30	45	30	45	75	45	70	115
应用范围		航空或航天用铸钢件、精密铸造铸钢件、特殊用途铸钢件			其他铸钢件,根据使用状况和表面粗糙度状况,选择质量等级													

- 6.1.3 为增强磁痕与表面的反差,允许在检验区域涂布反差增强剂。
- 6.1.4 干法检验时,铸钢件探伤表面应是干燥的。
- 6.2 探伤器材
- 6.2.1 磁粉探伤设备应符合 GB 3721 的规定。允许按被检验铸钢件的形状、尺寸,选择适用的磁化设备。
- 6.2.2 荧光磁粉探伤时,黑光灯的紫外线波长应为 320~400 nm,距黑光灯滤光板 400 mm 处的黑光辐射照度应不低于 800 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。
- 6.2.3 为保证设备的可靠性,应进行下列校验:
- a) 电流表在正常情况下,至少半年校验一次;磁化电流值相对于额定值的改变不得大于 10%。
 - b) 当电磁轭极间距为 200 mm 时,交流电磁轭至少应有 44 N 的提升力;直流电磁轭至少应有 177 N 的提升力。
 - c) 黑光灯的照度应按 GB/T 5097 的要求,每年进行一次测定。
- 6.2.4 为了保证磁粉探伤工作正常进行,最好备有下列辅助设备:
- a) 磁场强度计;
 - b) A 型试片、磁场指示器(八角试片);

- c) 磁悬液浓度测定管;
- d) 2~10 倍放大镜;
- e) 光照度计;
- f) 紫外线强度计。

6.2.5 磁粉

- a) 磁粉应具有高导磁率和低剩磁性质,且磁粉之间不应相互吸引;
- b) 各类磁粉应具有下列磁性称量:干法和湿法用磁粉应大于 7 g;荧光磁粉应大于 4 g;
- c) 各类磁粉应具有一定的粒度:干法用磁粉的粒度应在 300~80 μm ;湿法用磁粉的粒度不大于 80 μm ;荧光磁粉的粒度不大于 50 μm ;
- d) 磁粉的颜色与被探铸钢件表面颜色应有较高的对比度;
- e) 磁粉应在阴凉干燥处保存,不得有结块、变质现象发生。使用前磁粉的性能应进行鉴定;

6.2.6 磁悬液

6.2.6.1 磁悬液的载液可用水剂、无味煤油或煤油与变压器油的混合物。载液不得与磁粉发生化学作用而降低磁粉的使用性能,载液应具有防锈、润湿、消泡的能力,并对人体无毒害、挥发性低、闪点高的特性。

6.2.6.2 磁悬液的磁粉与载液的体积比为:荧光磁粉磁悬液 0.1%~0.3%;普通磁粉磁悬液 1.3%~3.0%。

6.2.6.3 磁粉检验时,应经搅拌使磁粉在载液中均匀悬浮。

6.2.6.4 循环使用的磁悬液使用中磁粉浓度降低时,应及时补充适量的磁粉。

6.2.6.5 凡下列情况之一者,应更换磁悬液:

- a) 磁悬液因混入泥砂、污物、纤维等,妨碍探伤操作和观察鉴别缺陷;
- b) 长期搁置,磁粉结块;
- c) 荧光磁粉磁悬液中,荧光磁粉的发光强度明显降低或载液发生荧光;
- d) 水磁悬液中混入油脂被污染。

6.2.7 标准试片

6.2.7.1 磁粉探伤使用的 A 型标准试片的材料、尺寸应符合 ZB J04 006 的规定。

6.2.7.2 A 型标准试片有三种规格:A-60/100、A-30/100、A-15/100,其灵敏度依次增高。各检验区域所用标准试片的规格由供需双方商定。

6.2.7.3 使用 A 型标准试片时,先用两片胶纸贴在试片边缘,但不得贴住背面有人工槽的部位。再把试片上有人工槽的一侧与探伤面紧贴到一起。最后,按选择的磁化方法和显示方法进行检验。如果在定向磁化的整个有效检验范围内,试片上显示的磁痕总长均达到人工槽圆周长度的 75%以上,则认为满足该试片上反映灵敏度要求。采用综合磁化法、旋转磁场磁化法检验时,试片上应能显示整个人工槽圆周的磁痕。

6.2.7.4 标准试片使用完毕,应用绒布或脱脂棉擦净,晾干后置于干燥处保存。

6.2.7.5 经对比试验证明与 A 型试片等效的其他类型试片或试块,允许用于磁粉探伤灵敏度监测。

6.3 探伤方法

6.3.1 磁化

常用磁化方法有:通电法、穿棒法、支杆法、磁轭法、线圈法、感应电流法、综合磁化法、旋转磁场磁化法。

6.3.1.1 考虑铸钢件的形状、最易发生缺陷的方向、仪器设备条件等,选用合适的磁化方法。

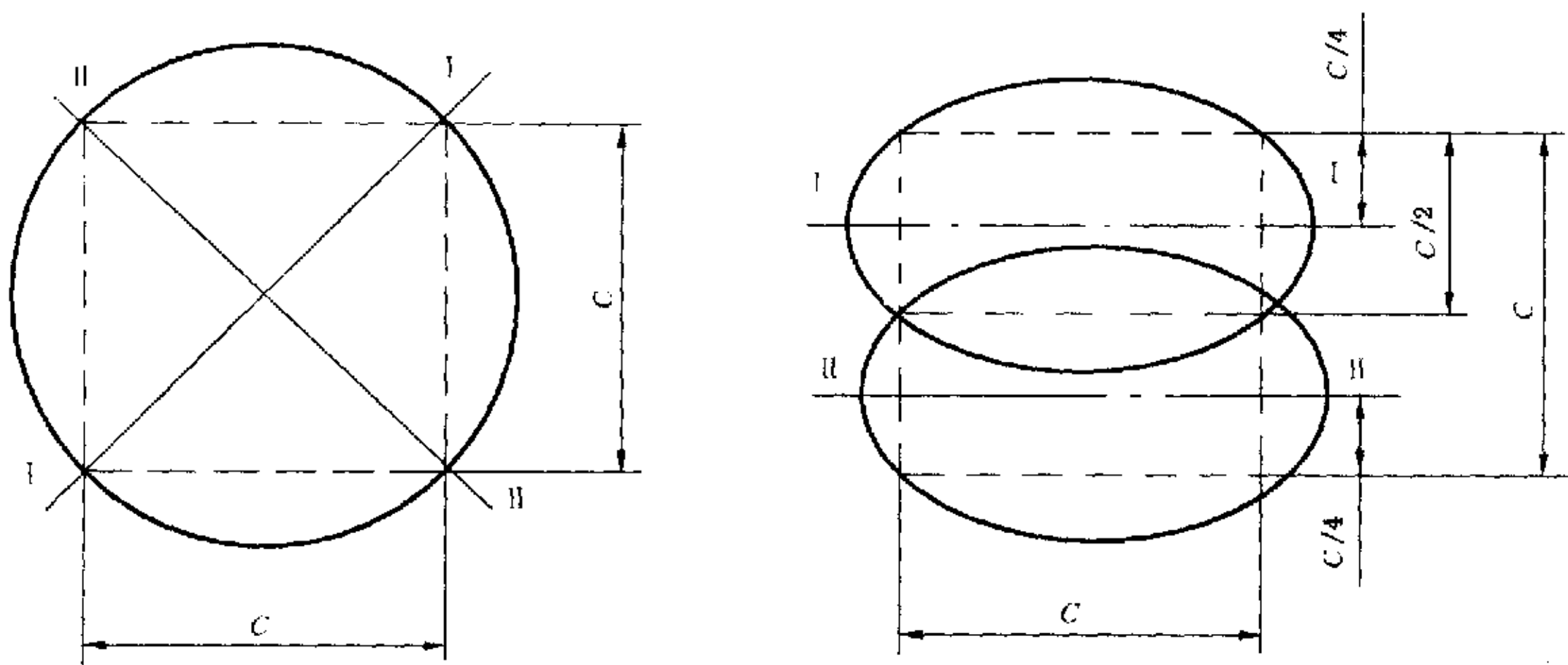
6.3.1.2 连续法显示时,不论用哪种磁化方法,都必须使用标准试片试验,达到要求的灵敏度后,方可进行铸钢件的检验。

6.3.1.3 除综合磁化法和旋转磁场法外,一般应在相互垂直的两个方向施加磁场。采用支杆法、磁轭

法分段磁化时,可用对角线法确定其有效检验范围。采用支杆法时,电极间距控制在 75~200 mm 之间。通电时间不应太长,电极与工件之间的接触应保持良好的,以免烧伤工件。

如供需双方商定只在一个方向磁化和检验,则只在规定的方向施加磁场。采用支杆法、磁轭法分段磁化时,可用双矩形确定其有效检验范围。

对角线法和双矩形法的有效检验范围见图 5。



a) 对角线法(正方形法)

b) 双矩形法

I、II—第一次、第二次磁化的接触点; $C \times C$ —有效检验范围

图 5 对角线法和双矩形法的有效检验范围

6.3.1.4 铸钢件的磁粉探伤区域,应由各次局部磁化检验的有效检验范围完全覆盖而不得遗漏。

6.3.1.5 为防止磁粉探伤时烧损铸钢件表面,可以选用不直接通电的磁化方法,如磁轭法、穿棒法等。如采用支杆法检验,应先将支杆触头与表面紧密接触,再接通电流。通电完毕之后,移开触头。

6.3.2 显示

6.3.2.1 允许用湿法或干法施加磁粉,进行缺陷磁痕显示。一般采用连续法。只有满足如下要求时,方可采用剩磁法。

- a) 铸钢件材料的最大剩磁应等于或大于 0.8 T,矫顽磁力应等于或大于 0.8 kA/m;
- b) 磁化时,应使铸钢件接近或达到磁饱和,磁化磁场强度应等于或大于 8 kA/m;
- c) 要求发现任何延伸方向缺陷的铸钢件,必须在相互垂直的两个方向分别完成磁粉检验的全过程操作,不得使用综合磁化法或旋转磁化法磁化;
- d) 必须供需双方同意。

6.3.2.2 连续法湿法显示:在磁化的同时,用浇淋或喷洒的方式施加磁悬液。磁悬液应能在检验表面缓缓流过。施加磁悬液结束后,应再进行一两次磁化。

磁化之前,用磁悬液润湿检验表面,有助于缺陷磁痕的迅速显示。

为避免磁悬液在坑凹处积存,可使铸钢件倾斜,或在磁化时用弱气流吹出积存的磁悬液。

6.3.2.3 连续法干法显示:在磁化之前或磁化的同时,用喷撒或散落的方式施加干磁粉。磁粉应撒布均匀。如在磁化过程中施加干磁粉,施加磁粉结束后,应再进行一两次磁化。

磁化过程中,用微弱气流吹拂检验部位或轻微振动铸钢件,有利于磁粉移动。

干法显示不得在有强大气流或大风场所进行。

6.3.2.4 剩磁法湿法或干法显示:在铸钢件磁化后进行,剩磁法施加磁悬液或干磁粉的方法与连续法

相同,湿法显示还可以将铸钢件浸入磁悬液施加磁粉。

铸钢件磁化后应尽快进行显示,并且不得接触高温、撞击敲打或接近强磁场。

6.3.3 观察

6.3.3.1 一般用目视观察。为了判断细小缺陷磁痕,可借助放大镜观察。

6.3.3.2 使用非荧光磁粉时,在可见光下进行观察。检验表面可见光的照度应不小于 500 lx。使用荧光磁粉时,必须在紫外线灯下观察。检验表面紫外线灯的辐射照度应不小于 8 W/m^2 。紫外线波长范围应在 330~400 nm,中心波长为 365 μm 。

6.3.3.3 观察时,应对磁痕的真伪作出正确的判断。伪磁痕显示可以因以下原因发生:磁写、材料导磁率的急剧改变、划痕、棱缘、表面附着物等。可通过仔细检查铸钢件外观、重复检验或退磁后重新检验来辨别。必要时,也可以利用渗透检验或金相检验来辨别磁痕显示的真伪。

6.3.4 退磁

6.3.4.1 经磁粉探伤的铸钢件如果在以后的生产工序中不能有效地消除剩磁而影响其加工、测试或使用,必须进行退磁。要求进行退磁的铸钢件,应由供需双方规定,并在探伤报告中说明。

6.3.4.2 退磁时,将铸钢件置于方向交替反向、强度逐渐降低至零的磁场中来完成。

6.3.4.3 退磁后应对剩磁进行测试,以确定退磁的效果。

6.4 质量等级

6.4.1 缺陷类型

按磁粉探伤时缺陷显示磁痕的尺寸和分布,将缺陷分为三大类:线性缺陷、非线性缺陷和点线性缺陷。

6.4.1.1 缺陷磁痕的长度 L 与宽度 I 之比等于或大于 3,该缺陷为线性缺陷,以符号 L_m 表示。线性缺陷的长度 L 为该缺陷磁痕的最大长度距离值。

6.4.1.2 缺陷磁痕的长度 L 与宽度 I 之比小于 3,该缺陷为非线性缺陷,以符号 S_m 表示。非线性缺陷的长度 L 为该缺陷磁痕的最大长度距离值。非线性缺陷的面积为该缺陷的长度尺寸和长度相垂直方向的最大缺陷磁痕尺寸之积。

6.4.1.3 凡缺陷磁痕间距小于 2 mm 的三个或更多个缺陷形成的缺陷群,不论各个缺陷磁痕的大小和类型,被视为一个缺陷。围绕这个缺陷群磁痕的周界为这个缺陷群的缺陷范围。

当缺陷范围的长度 L 和宽度 I 之比等于或大于 3,称为点线性缺陷,以符号 A_m 表示。点线性缺陷的长度 L 为这个缺陷范围的最大长度距离值。

当缺陷范围的长度 L 与宽度 I 之比小于 3,该缺陷为非线性缺陷,仍以符号 S_m 表示。其面积等于缺陷范围的长度尺寸和与长度相垂直方向的缺陷范围的最大尺寸之积。

6.4.1.4 不论缺陷磁痕长度大小,凡具有连贯趋势而间距小于 2 mm 的两条线性缺陷,视为一个点线性缺陷(A_m)。其长度 L 等于该缺陷磁痕最大长度距离值。

间距小于 2 mm 的两个非线性缺陷、一个线性缺陷和一个非线性缺陷、两个没有连贯趋势的线性缺陷,均分别以两个单独的缺陷计。

6.4.2 评定

6.4.2.1 评定框

以边长分别为 105 mm 和 148 mm 的矩形作为评定框。将评定框分别置于铸钢件磁粉探伤显示的线性缺陷和点线性缺陷、非线性缺陷最严重的位置,计算评定框内缺陷的尺寸。

处于评定框边缘线上的缺陷,只计算框内部分的尺寸。

6.4.2.2 不予考虑的缺陷

各级不予考虑的缺陷最大尺寸应符合表 18 的规定。小于或等于不予考虑的缺陷最大尺寸的各种类型缺陷,均不计入评定框内的总尺寸。

6.4.2.3 质量等级的划分

铸钢件磁粉探伤的质量等级分为六级,见表 18。

线性缺陷和点线性缺陷、非线性缺陷应按表 18 的规定分别评级。

对于铸钢件同一检验区域,允许分别规定线性缺陷和点线性缺陷、非线性缺陷不同的合格等级。如未分别规定,某质量等级的铸钢件则要求线性和点线性缺陷、非线性缺陷均满足该级的要求。

6.4.2.4 非线性缺陷的评级

根据非线性缺陷磁痕最长方向的尺寸和评定框内非线性缺陷磁痕的总面积或个数,按表 18 评定等级。

6.4.2.5 线性缺陷和点线性缺陷的评级

a) 按铸钢件的厚度 δ ,根据线性缺陷、点线性缺陷磁痕长度以及评定框内缺陷的总长度,按表 18 评定等级;

b) 线性缺陷和点线性缺陷凡被确认为裂纹,则为不合格。

6.4.2.6 实用中评定框的改变

如检验区域的边长小于 105 mm,允许用以这个检验区域边长为短边而面积仍与评定框面积 ($15\ 540\text{ mm}^2$) 相等的矩形作为评定框。

6.4.2.7 缺陷总长度和总面积的折算

如检验区域的面积小于评定框的面积,应按两者面积之比,以正比例对各级的非线性缺陷的总个数或面积、线性和点线性缺陷的总长度予以折算。但是,折算值分别以各级线性缺陷允许 2 个或最大长度的平方值、线性缺陷的最大长度值为下限。个数折算按四舍五入取整数计。

6.4.3 缺陷的记录

6.4.3.1 按铸钢件质量等级要求,属于不合格的所有缺陷磁痕的类型、位置和大小,应予记录。

6.4.3.2 记录缺陷磁痕可用透明胶纸粘贴、照相或绘图方法。采用绘图方法时,不予考虑的缺陷可不绘出。

6.5 探伤报告

磁粉探伤报告应包括以下内容:

6.5.1 委托探伤的单位、探伤报告编号、签发探伤报告的日期。

6.5.2 铸钢件的名称、编号、材质、热处理状态、探伤面的表面状况、检验区域的厚度。

6.5.3 磁粉探伤使用的设备型号、磁化方法、显示方法、使用的 A 型标准试片规格和代用试片的类型。

如果采用剩磁法,只在一个方向磁化探伤或铸钢件检验后已退磁应在报告中说明。

6.5.4 在铸钢件草图上,标明检验区域和评定框放置的位置。

6.5.5 发现缺陷的类型、尺寸、位置。

6.5.6 评定的质量等级及探伤结论。

6.5.7 探伤单位盖章,检验和审核人员签名。

7 渗透探伤及其质量等级

7.1 基本要求

7.1.1 采用本篇时,设计人员或供需双方根据铸钢件使用的要求和探伤操作可行性,确定探伤部位及范围,选择本标准的某一级为合格级别。允许在同一铸钢件的不同部位,或同一探伤部位对不同类型的缺陷,规定各自的合格等级或制订专用标准。

7.1.2 探伤之前铸钢件表面的型砂、涂料、铁锈、氧化皮、焊接飞溅、毛刺以及各种妨碍探伤的表面异物必须清理干净。

7.1.3 探伤部位表面粗糙度应达到相应的等级要求,各质量等级对表面粗糙度 Ra 最大值的要求见表 22。局部探伤时,表面粗糙度的准备范围应从规定的探伤部位四周向外扩展 25 mm。

7.1.4 安全防护。因渗透探伤过程中有妨碍人体健康的挥发性气体产生,进行荧光渗透探伤时,还要

使用产生紫外线荧光灯,因此,必须有相应的安全防护措施。

7.2 探伤器材

7.2.1 渗透探伤剂

渗透探伤剂包括渗透剂、乳化剂、清洗剂、显像剂。不同型号渗透探伤剂不能混用。并且渗透剂、显像剂的质量必须进行控制。

7.2.1.1 渗透剂的控制

- a) 参比渗透剂:每一批新的渗透剂中取 500 mL 作为样品。贮藏在密封的玻璃容器中,贮存温度为 16~52℃,并避免阳光照射。
- b) 各种渗透剂的比重应根据制造厂说明书的规定经常校验并保持其比重不变。校验方法是采用比重计测定。
- c) 各种渗透剂的浓度应根据制造厂说明书规定经常校验。
- d) 着色渗透剂的浓度的校验方法:将 100 mL 校验的渗透剂和参比渗透剂分别注入到盛有 90 mL 无色煤油或其他惰性溶剂的量筒中,搅拌均匀。然后把两种试剂分别放在比色计纳式试管中进行颜色浓度的比较。如果被校验渗透剂与参比渗透剂的颜色浓度差超过 20%,就应作为不合格。
- e) 对正在使用的渗透剂应做外观检验。如发现有明显的混浊或沉淀物、变色或难以清洗,应予报废。
- f) 对荧光渗透剂的荧光性能也应经常校验,其荧光效率不得低于 75%。校验的方法按 GB 5097—85 的附录 A 测定。
- g) 对渗透剂中氯、氟、硫含量需加以限制时,可由制造厂和用户双方协商决定。
- h) 各种渗透剂用对比试块与参比渗透剂进行性能对比试验,当被检渗透剂显示缺陷的能力低于参比渗透剂时,应报废。

7.2.1.2 显像剂的控制

- a) 对于干式显像剂应经常检查,如发现粒子凝聚,有显著残留荧光,性能低下者要废弃;
 - b) 显像剂的浓度应保持在制造厂规定的工作浓度范围内,其比重也应经常进行校验。
- 渗透剂必须装在密封容器中,放在低温暗处保存。显像剂和快干显像剂必须装在密闭容器中保存。

7.2.2 对比试块及其应用

7.2.2.1 对比试块分镀铬对比试块和铝合金对比试块两种。

- a) 镀铬对比试块的规格和尺寸见图 6。在铜或钢表面上进行电镀,然后将电镀后的试块施加适当的应力,直到镀层产生裂纹。用参比渗透剂对试块进行渗透探伤并照相或复制其结果。
- b) 铝合金对比试块按 ZB J04 003 的规定。

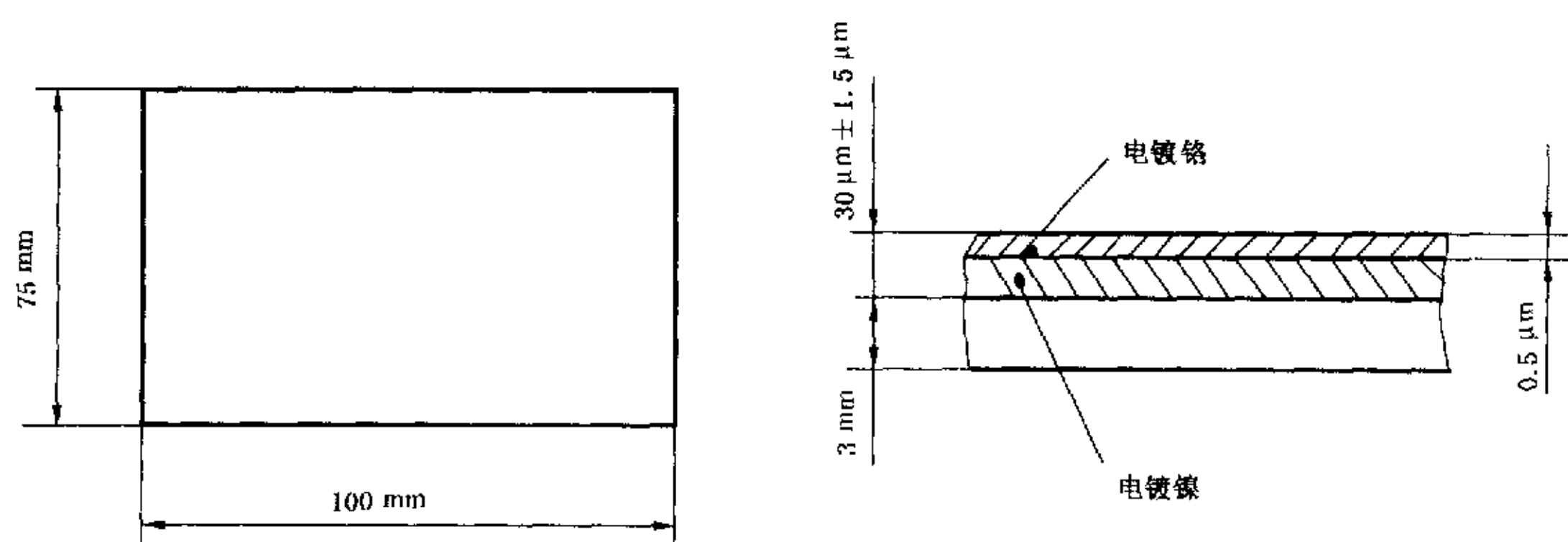


图 6 镀铬对比试块

7.2.2.2 对比试块的应用

- a) 在相同试验条件下用对比试块来检验渗透探伤剂的性能和操作方法是否合适及其显示缺陷的痕迹的能力。每次探伤前或操作条件发生变化时,都应使用对比试块进行验证。
- b) 做过着色探伤的对比试块,一般情况下不能再做荧光探伤试验。
- c) 对比试块使用后必须彻底清洗,清除试块表面残留的渗透剂,清洗后将其放在丙酮溶液中浸渍 30 min,晾干后置于密闭容器中保存。

7.3 渗透探伤方法

7.3.1 探伤方法的分类

探伤前应考虑铸钢件表面出现的缺陷类型和大小、铸钢件的用途、表面粗糙度、数量和尺寸以及探伤剂的性质,按表 19 和表 20 选择探伤方法,并可将表 19 和表 20 的符号组合起来表示探伤方法。

例如:FA-W 表示用水洗性荧光渗透液和湿式显像剂的方法。

表 19 按渗透剂种类分类的探伤方法

名 称	方 法	符 号
荧光渗透探伤	水洗性荧光渗透液方法	FA
	后乳化性荧光渗透液方法	FB
	水洗性着色渗透液方法	FC
着色渗透探伤	水洗性着色渗透液方法	VA
	溶剂去除性着色渗透液方法	VC
注:后乳化性荧光渗透液的乳化剂有油基和水基两种。		

表 20 按显像方法分类的探伤方法

名 称	方 法	符 号
干式显像法	干式显像剂方法	D
湿式显像法	湿式显像剂方法	W
	快干式显像剂方法	S
无显像法	不用显像剂方法	N

7.3.2 渗透探伤方法的选用

7.3.2.1 渗透探伤方法的选用可根据被检工件的表面粗糙度、要求达到的探伤灵敏度、探伤批量大小和探伤现场的水源、电源等条件来决定。

7.3.2.2 对于表面光洁且探伤灵敏度要求高的工件宜采用后乳化型着色法或后乳化型荧光法,也可采用溶剂去除型荧光法。

7.3.2.3 对于表面粗糙且探伤灵敏度要求低的工件宜采用水洗型着色法或水洗型荧光法。

7.3.2.4 对于现场无水源、电源的场所,探伤方法宜采用溶剂去除型着色法。

7.3.2.5 对于大型工件的局部探伤,宜采用溶剂去除型着色法或溶剂去除型荧光法。

7.3.2.6 对于批量大的探伤件,宜采用水洗型着色法或水洗型荧光法。

7.3.2.7 荧光渗透法比着色渗透法有较高的探伤灵敏度。

7.3.3 探伤操作

根据不同的探伤方法按表 21 确定探伤操作程序。

表 21 探伤操作程序

所使用的渗透剂和显像剂种类	探伤方法符号	探 伤 操 作 程 序										
		前处理	渗透	乳化	清洗	去除	干燥	显像	干燥	观察	后处理	
	FA-D	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
水洗性荧光渗透液或水洗性着色渗透液-湿式显像剂	EA-W VA-W	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
水洗性荧光渗透液或水洗性着色渗透液-快干式显像剂	FA-S VA-S	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
水洗性荧光渗透液-不用显像剂	FA-N	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
后乳化性荧光渗透液-干式显像剂	FB-D	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
后乳化性荧光渗透液-湿式显像剂	FB-W	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
后乳化性荧光渗透液-快干式显像剂	FB-S	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
溶剂去除性荧光渗透液-干式显像剂	FC-D	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
溶剂去除性荧光渗透液或溶剂去除性着色渗透液-湿式显像剂	FC-W VC-W	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
溶剂去除性荧光渗透液或溶剂去除性着色渗透液-快干式显像剂	FC-S VC-S	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○
溶剂去除性荧光渗透液-不用显像剂	FC-N	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○

7.3.3.1 前处理

- a) 铸钢件表面在施加渗透前,必须彻底清除妨碍渗透剂渗入缺陷的油脂及污物等附着物,以及残留在缺陷中的油脂及水分;
- b) 根据附着物的种类、污染程度不同,可分别采用溶剂清洗、蒸汽清洗、涂膜剥离、碱洗和酸洗等方法进行清除处理;
- c) 铸钢件渗透探伤前不宜喷丸。如喷丸,渗透前必须进行酸洗处理;
- d) 铸钢件表面进行局部探伤时,前处理范围应从要求探伤部位向外扩展 25 mm;
- e) 处理后铸钢件表面上残留的溶剂、清洗剂和水分等必须充分干燥。

7.3.3.2 渗透处理

- a) 渗透处理可根据铸钢件的数量、尺寸、形状及渗透剂的种类选用浸渍、喷洒和涂刷等方法,要求探伤部位必须全部被渗透剂湿润,渗透要充分。
- b) 渗透时间取决于渗透剂的种类、渗透方式,在 16~52℃ 范围内渗透时间通常在 5~25 min 之内。渗透时间不应少于渗透剂制造厂推荐的时间。
- c) 在进行乳化或清洗处理前,铸钢件表面所附着的残余渗透剂尽可能滴干。

7.3.3.3 乳化处理

- a) 乳化处理前先用水予以清洗,然后采用浸渍、喷洒等方法将乳化剂施加于铸钢件表面,乳化必须均匀。
- b) 乳化时间取决于乳化剂和渗透剂的性能及铸钢件的表面粗糙度。规定乳化时间是指便于清洗处理的最长时间,原则上用油基乳化剂的乳化时间在 2 min 之内,用水基乳化剂的乳化时间在 5 min 之内。

7.3.3.4 清洗处理及去除处理

a) 清洗处理是为了除去附着在被检物表面的残余渗透剂,在处理过程中既要防止处理不足而造成对缺陷显示迹痕识别的困难,也应防止处理过度而使渗入缺陷中的渗透剂也被洗掉。用荧光渗透剂时,可在紫外线照射下观察清洗程度。

b) 水洗性及后乳化性渗透液均用水清洗。使用喷嘴时的水压不大于 340 kPa,水温最好为40~50℃。

c) 采用清洗剂去除渗透液时应使用蘸有清洗剂的布或纸按同一方向擦拭,不得将被检件浸于清洗剂中或过量地使用清洗剂。

7.3.3.5 干燥处理

a) 铸钢件表面的干燥温度应在 52℃以下,干燥时间通常为 5~10 min。

b) 使用干式或快干式显像剂时,干燥处理应在显像处理前进行。

c) 用清洗剂时,应自然干燥或用布、纸按同一方向擦干,不得加热干燥。

7.3.3.6 显像处理

a) 用干式显像剂时,把铸钢件埋在显像剂中或者喷成粉雾均匀地覆盖在整个铸钢件表面上,并保持一定时间。

b) 用湿式显像剂时,铸钢件经过清洗处理后可直接浸入湿式显像剂中,也可选用喷洒和涂刷的方法。显像后应使附着于铸钢件表面的显像剂迅速干燥。

c) 用快干式显像剂时,干燥后再喷洒或涂刷显像剂,但不可把清洗后的铸钢件浸于显像剂中。喷涂上显像剂后应进行自然干燥或用室温空气吹干。

d) 用湿式及快干式显像剂时,显像剂应喷涂薄而均匀,以略能看出铸钢件表面为宜,不要在同一部位上反复涂敷。

e) 显像时间取决于显像剂的种类、预计的缺陷种类和大小以及处理的温度等因素。在 16~52℃范围内一般显像时间 7~15 min,但不能低于显像剂制造厂家所规定的显示时间。

7.3.3.7 观察

a) 观察显示的迹痕应在显像剂施加后 7~30 min 内进行。如显示迹痕的大小不过分扩大,则可超过上述时间观察。

b) 荧光渗透探伤时,在黑光灯下进行观察,观察前要有 5 min 以上时间使眼睛适应暗室环境。黑光灯的紫外线波长应为 320~400 μm,距黑光灯滤光板 400 mm 处的黑光辐射照度应不低于800 μW/cm²。

c) 着色渗透探伤时,被检表面可见光照度不少于 500 lx。

d) 当出现显示迹痕时,必须确定此迹痕是真缺陷还是假缺陷显示。必要时应使用 5~10 倍放大镜进行观察。如无法确定,则应进行复验或用其他方法进行验证。

7.3.3.8 复验

发现下列情况从前处理开始重新进行检验:

a) 发现探伤过程中操作方法有错误;

b) 难以确定迹痕是真缺陷还是假缺陷;

c) 如果对缺陷显示迹痕,难于按标准进行等级分类时,也必须通过复验或用其他适当的方法加以验证;

d) 经返修后的部位;

e) 探伤结束时,用对比试块验证渗透剂已失效;

f) 其他的必要进行复验的部位。

7.3.3.9 后处理

a) 观察后,为了防止残留的渗透剂和显像剂对铸钢件表面产生腐蚀或影响其使用,应采用 7.3.3.4 方法给予清除;

b) 铸钢件加工表面去除显像剂后工件应予以干燥,必要时加以防腐保护。

7.4 缺陷显示迹痕的评级

7.4.1 缺陷显示迹痕评级的应用

铸钢件缺陷显示迹痕的评级系指交货时的铸钢件渗透探伤质量等级。

允许焊补的铸钢件在焊补后,仍按本标准的规定进行检验和评级。

7.4.2 缺陷显示迹痕的种类

缺陷显示迹痕按其形状及间距分为三种。

7.4.2.1 点状缺陷显示迹痕:点状缺陷(Sr): $L<3I$, L 为缺陷显示长度, I 为缺陷显示宽度。

7.4.2.2 线状缺陷显示迹痕:线状缺陷(Lr): $L\geq 3I$ 。

7.4.2.3 点线状缺陷显示迹痕:点线状缺陷(Ar): $d<2\text{ mm}$ 至少包含3个缺陷, d 为两个缺陷间距。

7.4.3 缺陷显示迹痕的分级

缺陷显示迹痕根据缺陷迹痕大小和分布分为六个等级,见表22。当线状缺陷和点线状缺陷确认为裂纹时,应定为不合格。

表 22 铸钢件渗透探伤质量等级

质量等级		01	1	2	3	4	5											
表面粗糙度 Ra 最大值 μm		3.2		6.3		12.5												
观察缺陷的方法 放大倍数		放大镜或目视 <3		目视 1														
不考虑点状缺陷的最大长度 mm		0.5	1.5	2	3	5												
点状缺陷	最大数量	5	8		12	20	32											
	最大长度 mm	<1	<3 ¹⁾	<6 ¹⁾	<9 ¹⁾	<14 ¹⁾	<21 ¹⁾											
不考虑线状或点线状缺陷的 最大长度 mm		0.5	1.5	2		3												
线状缺陷 或点线 状缺陷最 大尺寸 mm	铸 钢 件 厚度范围 T mm	线状或 点线状	总 长	线 状	点 线 状	总 长	线 状	点 线 状	总 长	线 状	点 线 状	总 长	线 状	点 线 状	总 长	线 状	点 线 状	总 长
	<16	1	2	2	4	8	4	6	12	6	10	20	10	18	36	18	25	50
	>16~50	1	2	3	6	12	6	12	24	9	18	36	18	27	54	27	40	80
	>50	2	4	5	10	20	10	20	40	15	30	60	30	45	90	45	70	140
应用实例		飞 机 或 航 天 飞 船 装 备、精 密 铸 造、特 殊 应用		其他铸钢件,根据表面状态和应用情况														

1) 在多数情况下,允许有两个最大长度的缺陷。

7.4.4 评定框

采用 105 mm×148 mm 的矩形作为评定框。进行缺陷显示迹痕评级时,应将评定框放置在被检铸钢件表面缺陷最严重的位置上,计算缺陷个数时,也包括评定框边线上的缺陷。线状、点线状缺陷只计算评定框以内缺陷的长度。当被检面积小于评定框时,点状缺陷个数及线状、点线状缺陷总长应按比例缩小。当缩小后的缺陷总长小于单个线状、点线状缺陷长度时,应以单个缺陷长度为限。

7.4.5 点线缺陷评级示意图

点线缺陷评级示意图见附录 C(提示的附录)。

7.5 探伤结果的标识与探伤报告

7.5.1 缺陷显示迹痕可根据需要分别用照相、示意图或描绘等方法记录。

7.5.2 探伤后的合格铸钢件表面如需标明时,记作 P 符号的永久标记。

7.5.3 探伤报告

渗透探伤报告应包括以下内容:

7.5.3.1 铸钢件名称、编号、形状尺寸、材质、热处理状态、表面粗糙度、要求合格级。

7.5.3.2 探伤方法及操作程序,探伤剂的种类及牌号。

7.5.3.3 操作条件:

- a) 渗透时间和渗透温度;
- b) 乳化时间;
- c) 清洗水温度和压力;
- d) 干燥温度和时间;
- e) 显像时间及观察时间。

7.5.3.4 探伤结果

- a) 探伤区域、评定框的位置及缺陷迹痕示意图;
- b) 缺陷的类型;
- c) 缺陷显示迹痕的等级。

7.5.3.5 操作人员资格及签名、签发日期。

附录 A
(标准的附录)
铸钢件的横波检验

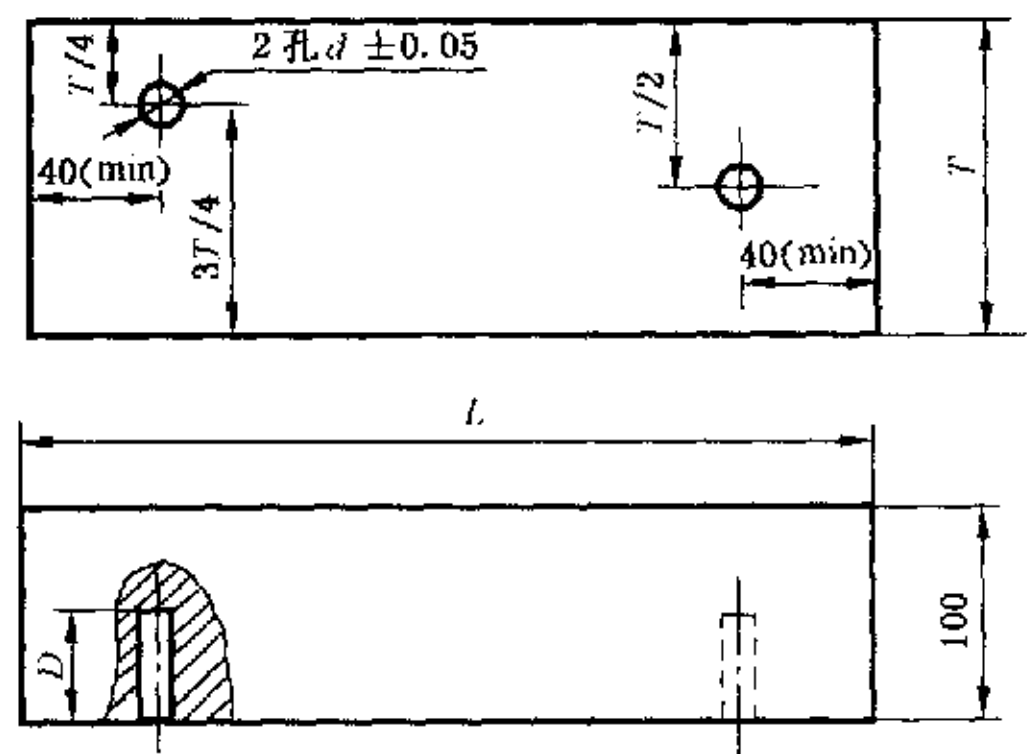
本附录的横波检验要求只有在需方特别提出经供方同意,或产品设计人员特别提出经工艺制造部门同意时才采用。主要用于由于铸钢件的设计结构或缺陷取向的原因,使铸钢件关键区域可能不能用纵波来进行有效检验的部位。

A1 设备

A1.1 检验仪器 检验应采用发生频率至少在 1~5 MHz 范围的脉冲反射超声波仪进行。仪器的电学特性要求同 4.1 的规定。

A1.2 探头 在钢中折射角为 30°~75°,频率为 1~5 MHz。

A1.3 校正试块 采用图 A1 所示的一套试块,以建立振幅参考线(ARL)。



注: L——试块长度,由探头角度和探测深度决定;
T——基本校正试块厚度(见表 A1);
D——孔的深度(见表 A1)。

图 A1 横波检验用的基本校正试块
表 A1 横波检验校正试块的尺寸

材料公称厚度 t	基本校正试块厚度 T	孔径 d (允差为 ± 0.05)	最小深度 D
≤ 25	25 或 t	2.5	40
$> 25 \sim 50$	50 或 t	3.5	40
$> 50 \sim 100$	100 或 t	5	40
$> 100 \sim 150$	150 或 t	6.5	40
$> 150 \sim 200$	200 或 t	8	40
$> 200 \sim 250$	250 或 t	9.5	40
> 250	t	见注 1	40

注

1 厚度每增加 50 mm 或不足 50 mm,孔径都应增加 1.5 mm。

2 厚度 T 大于 75 mm 的试块,孔与试块端部的距离至少应为 $T/2$,以防止孔和拐角的反射波混淆。如果孔与拐角的反射波容易分辨,就无须变更用最小尺寸 40 mm 制成的试块。

A2 振幅参考线(ARL)的制作和探伤

- A2.1 利用图 A1 所示的基本校正试块上侧面钻孔对斜探头检验的反射情况,建立距离-振幅曲线。
- A2.2 采用斜探头,探出试块的深度位置分别为 $T/4$ 、 $T/2$ 、 $3T/4$ 的横孔,并分别在荧光屏上分别标记出各个波峰点,连接这些点就得到振幅参考线(ARL)。
- A2.3 除衰减器或分度增益控制器外,振幅参考线在建立和使用过程中,探头和仪器的其他所有装置不得改变。
- A2.3.1 衰减器或分度增益控制器在检验期间可以用来改变信号的幅度,使幅度小的信号变大而易于检查。信号评定时,应将衰减器或分度增益控制器调回原始位置后进行。

A3 验收标准

横波探伤部位,一定深度层内的验收质量等级由供需双方或产品设计人员按下列判断标准商定。

- A3.1 缺陷波高于 ARL 线,按表 3 所列某一等级验收。
- A3.2 提出者与制造者双方同意的其他标准。

A4 探伤报告

探伤报告应包括如下内容。

- A4.1 铸件名称,产品编号,材质,炉号,热处理状态,表面情况,耦合剂,委托单位,选用标准,仪器型号,探头规格,探测频率,探伤日期和签字。
- A4.2 等于或大于 100%距离振幅校正曲线的所有显示信号的总数、位置、大小、长度、面积。
- A4.3 用略图表示铸钢件的轮廓,包括因几何形状而未探测的所有区域的尺寸以及重要显示的位置和大小。
- A4.4 “超标”或“未超标”的评定。

附录 B
(标准的附录)
确定射线源到工件最小距离(f)的方法

B1 查图法

B1.1 根据工件被透照厚度从图 B1 查出 f/d 值。

$$f = (f/d) d$$

式中： f ——射线源到工件最小距离，mm；
 d ——射线源有效尺寸，mm。

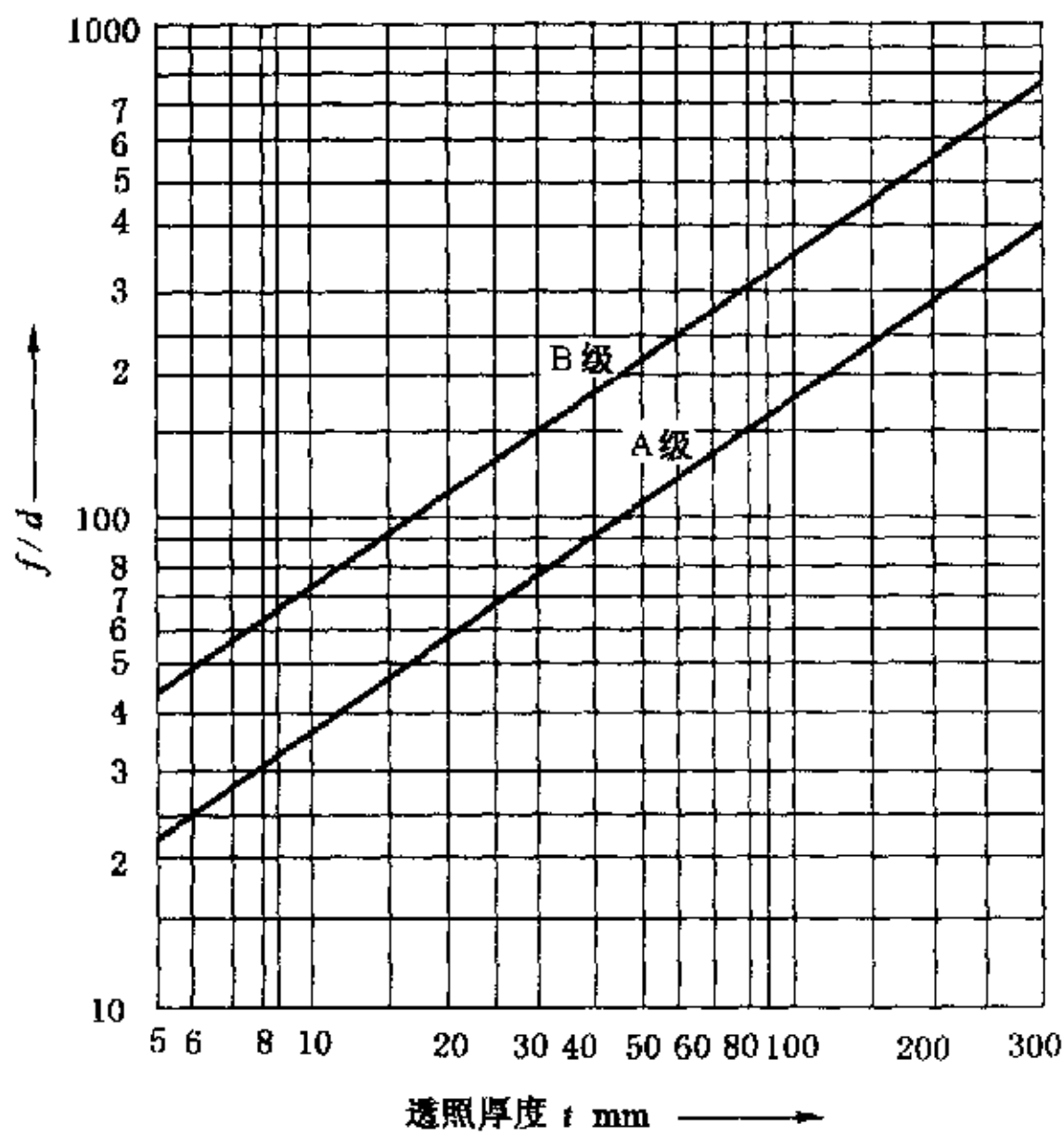


图 B1 透照厚度 t 与最小 f/d 值的关系

B1.2 射线源有效尺寸 d 的计算：

- a) 正方形焦点 $d=a$ (a 是正方形边长)。
- b) 矩形焦点 $d=\frac{a+d}{2}$ (a, d 是矩形边长)。
- c) 椭圆形焦点 $d=\frac{a+d}{2}$ (a, d 是椭圆的长、短轴长)。
- d) 圆形焦点 d 是圆形焦点的直径。

B2 图解法

根据图 B2, 按已知焦点有效尺寸 d 和被透照工件厚度 t , 分 A 和 B 两级, 用图解法求出 f 值。

图例: 已知透照厚度 $t=37$ mm, 射线源有效尺寸 $d=3$ mm。诺模图 d 尺 3 点和 t 尺 37 点连线在 f 尺上交点可确定 f 值。A 级 $f=250$ mm; B 级 $f=500$ mm。

(图例: $d=3$ mm, $t=37$ mm, 则 B 级时 $f=500$ mm)

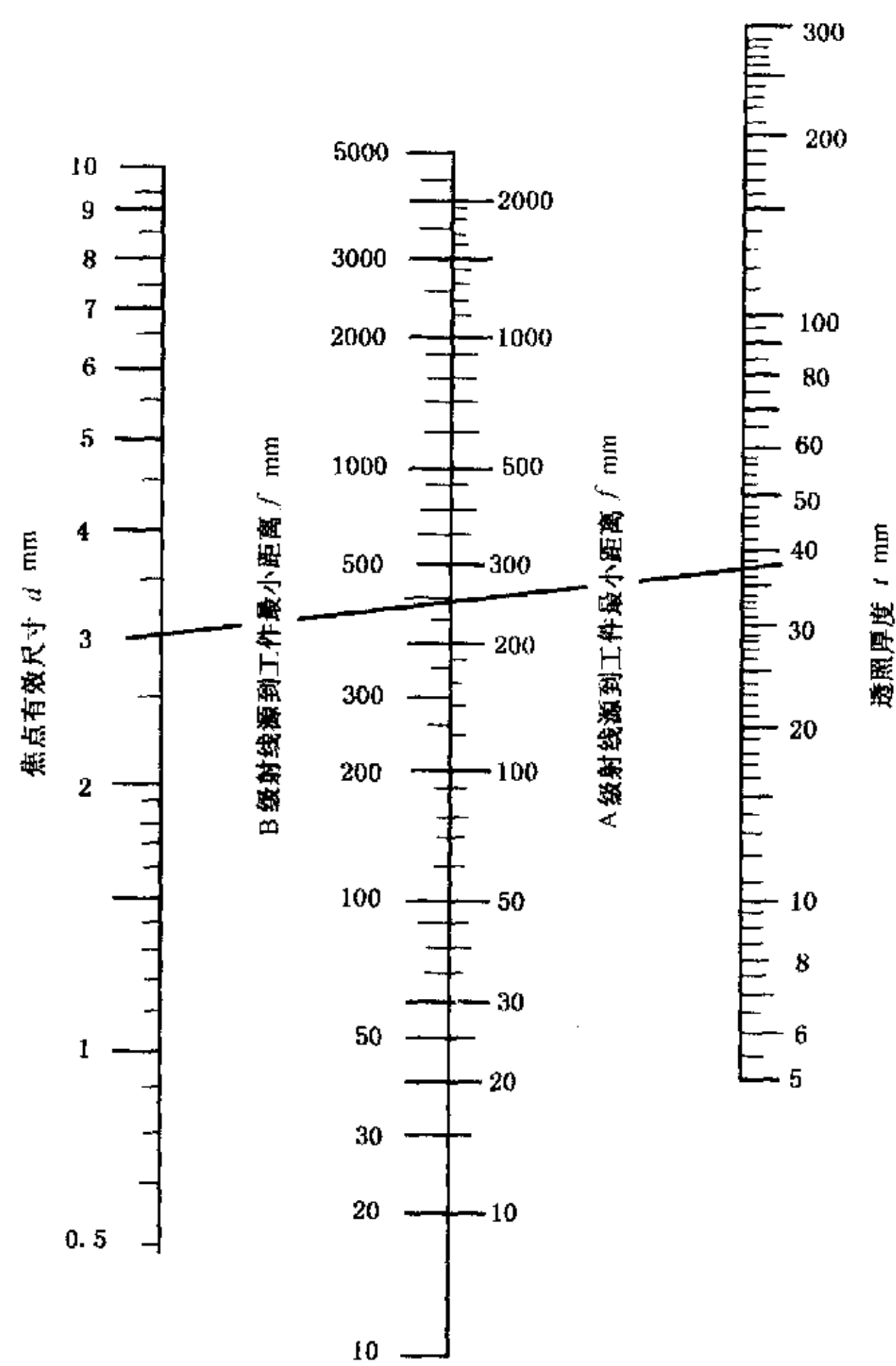


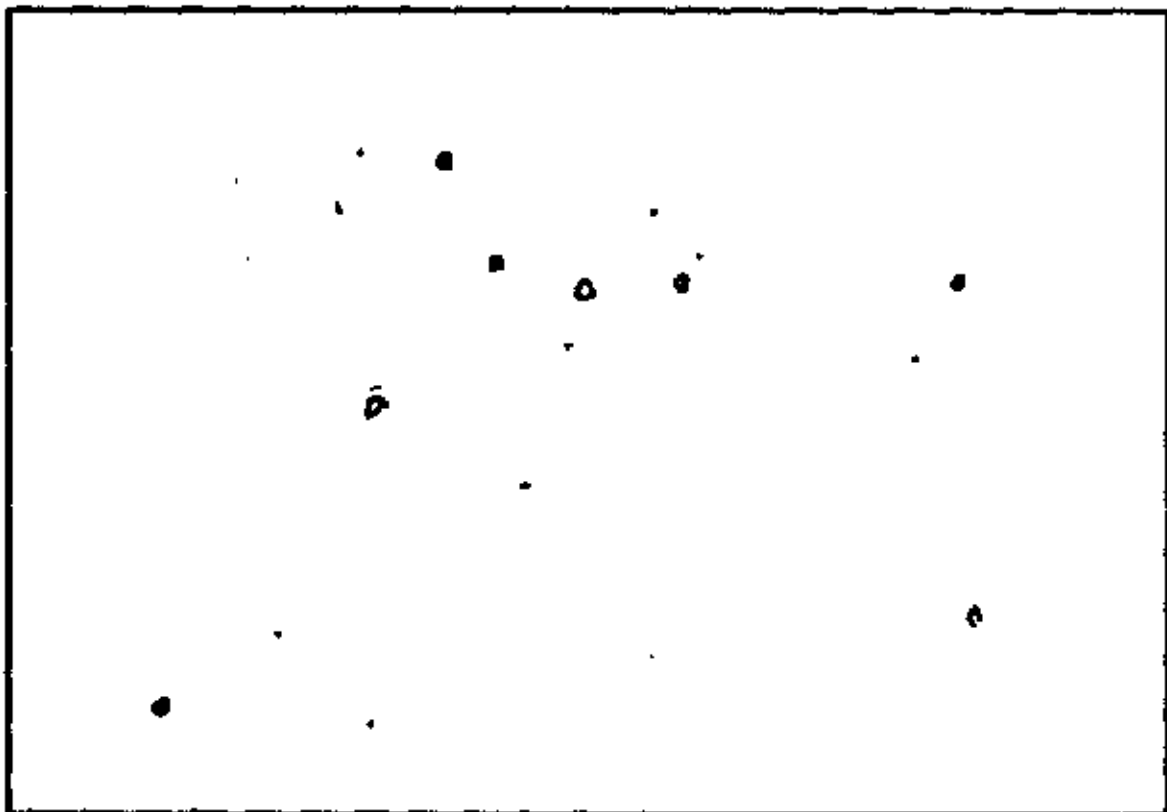
图 B2 射线源到工件最小距离的诺模图

附录 C
(提示的附录)
点状缺陷评级示意图

C1 下列点状缺陷评级示意图仅供参考,在进行点状缺陷评级时,应以表 22 规定为准。

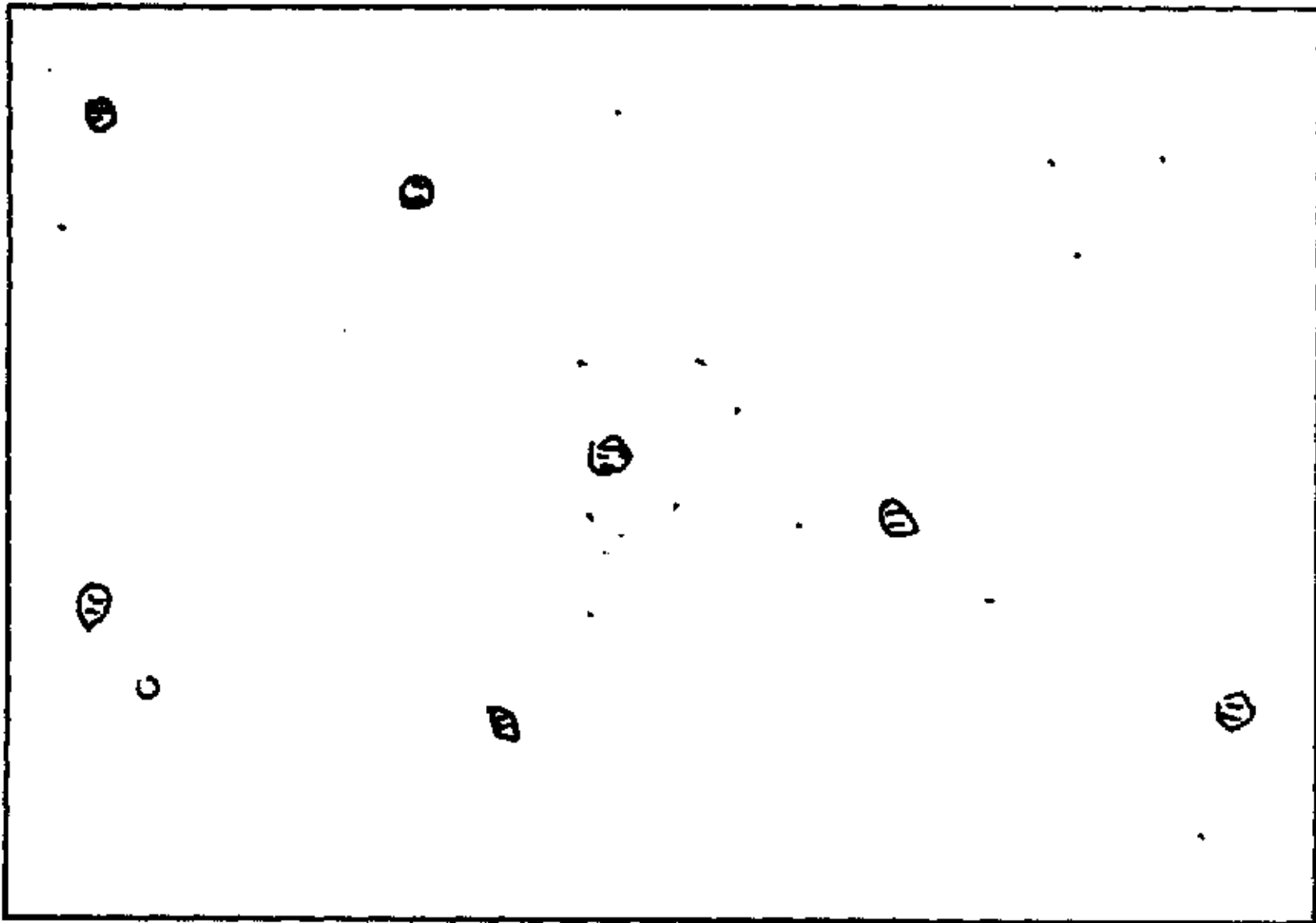
C2 缺陷程度 Sr_1

(8 个点状缺陷 $1.5\text{ mm} \leq D \leq 3\text{ mm}$)
 D 为点状缺陷的最大长度。



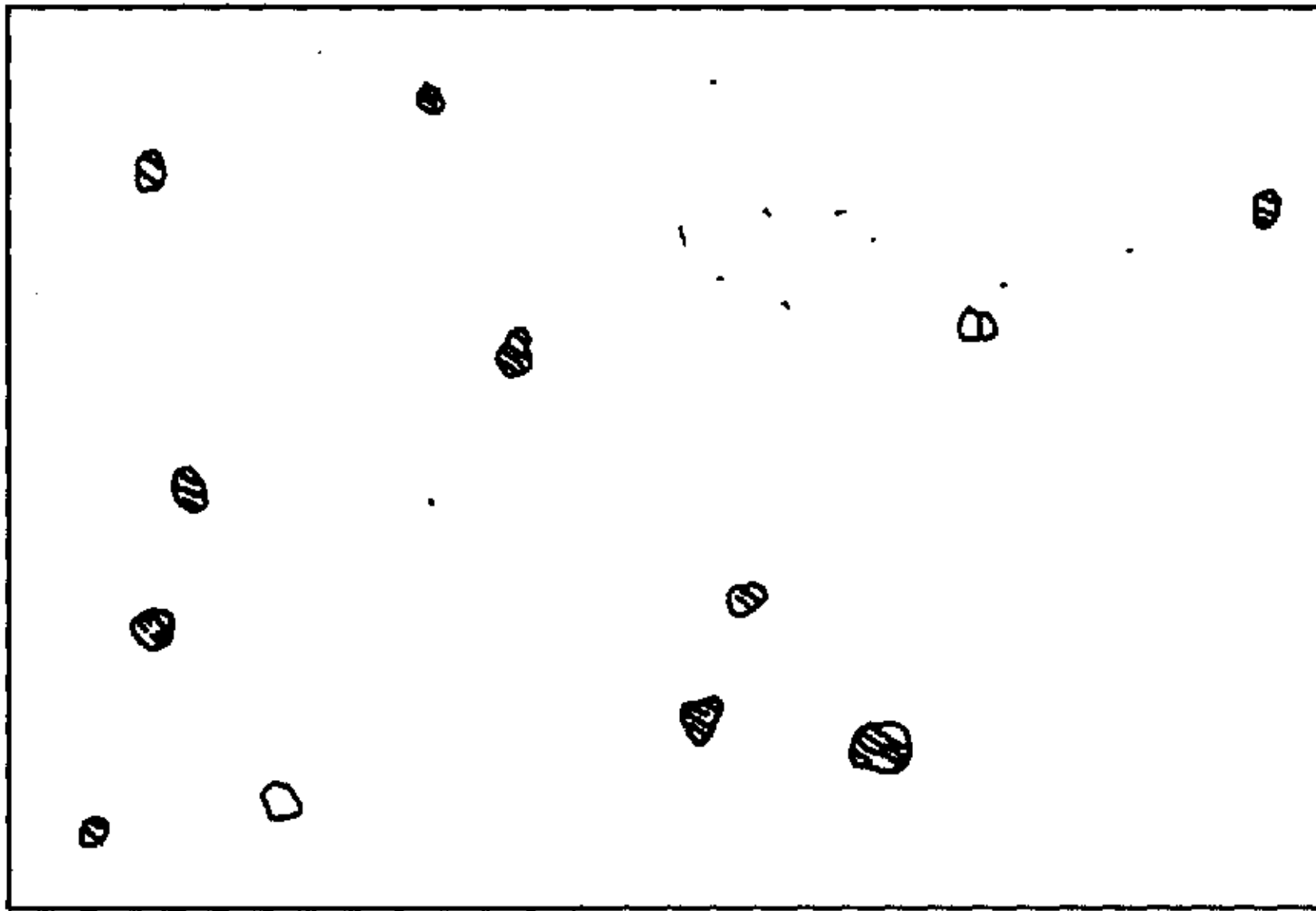
C3 缺陷程度 Sr_2

(8 个点状缺陷 $D \geq 2\text{ mm}$)



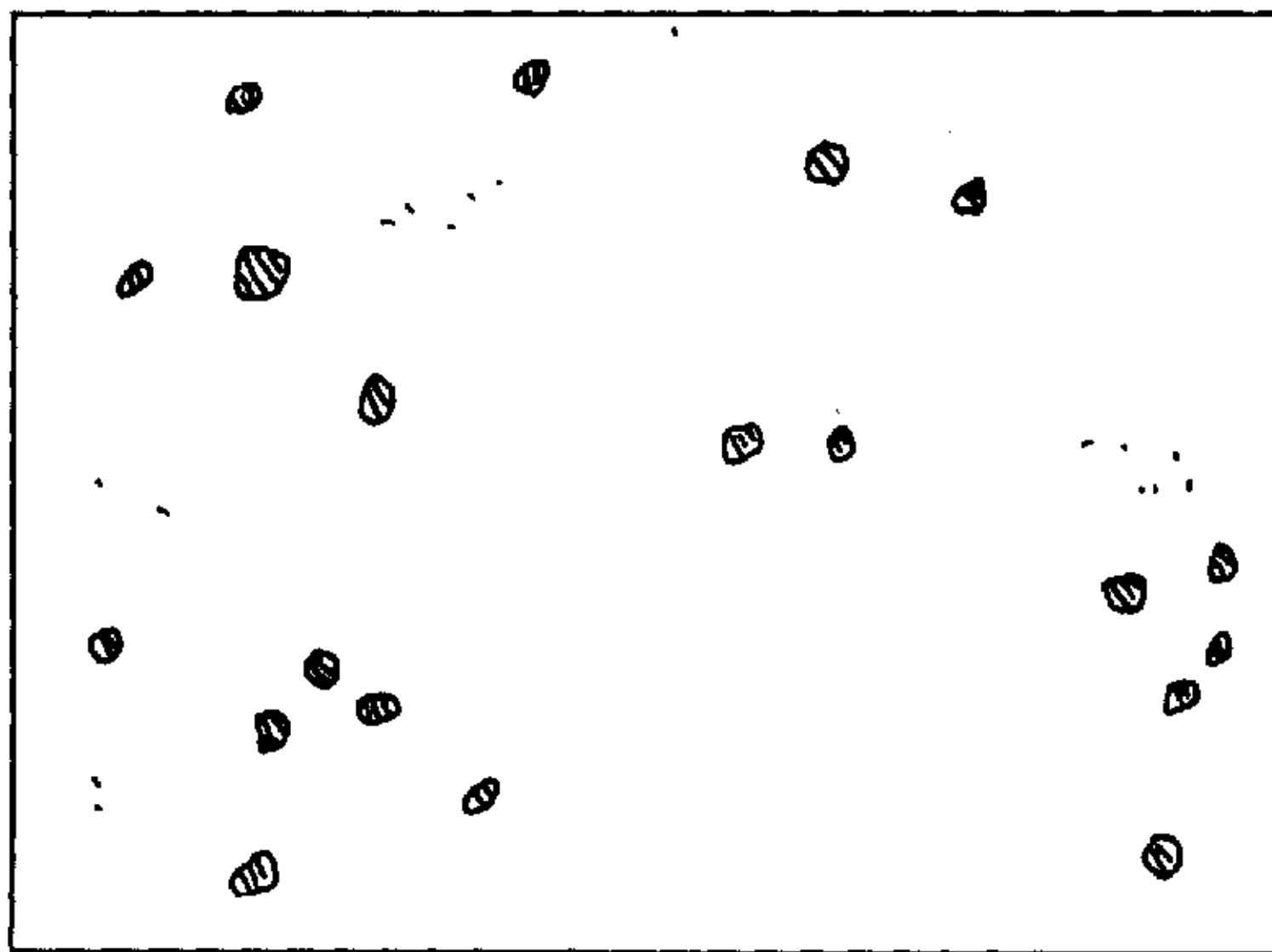
C4 缺陷程度 Sr_3

(12 个点状缺陷 $D > 2 \text{ mm}$)



C5 缺陷程度 Sr_4

(20 个点状缺陷 $D > 2 \text{ mm}$)



C6 缺陷程度 Sr_5

(32 个点状缺陷 $D>2\text{ mm}$)

