

铸钢件超声探伤及质量评级方法

GB 7233—87

Methods for ultrasonic testing and for specifying
quality levels of steel castings

本标准系铸钢件超声探伤的通用标准。

本标准规定了厚度等于或大于30mm的碳钢和低合金钢铸件的超声探伤方法；以及根据超声探伤的结果对铸件进行质量评级的方法。所用的超声探伤方法仅限于A型显示脉冲反射法。

在定货时，由供需双方商定铸钢件超声探伤的以下要求：

- a. 检测的区域及使用的探头；
 - b. 纵波直探头探伤灵敏度；
 - c. 铸钢件质量的合格等级，允许对平面型缺陷和非平面型缺陷提出不同的质量等级要求。
- 本标准不适用于奥氏体不锈钢铸件的检测。

1 术语

1.1 平面型缺陷 (Planar discontinuity)：用本标准规定的方法检测一个缺陷，如果只能测出它的二维尺寸，则称为平面型缺陷。属于这种类型的缺陷有裂纹、冷隔、未熔合等。

1.2 非平面型缺陷 (Non-planar discontinuity)：用本标准规定的方法检测一个缺陷，如果能够测出它的三维尺寸，则称为非平面型缺陷。属于这种类型的缺陷有气孔、缩松、缩孔、夹砂、夹渣等。

1.3 透声性 (Permeability to ultrasound)：超声纵波垂直入射到测试面与其背面平行的无缺陷的铸钢材料中，超声波在其中往返传播一次所引起的声压降。单位为分贝 (dB)。通常用纵波直探头测试的第二次与第一次底面回波幅度所差的分贝数表示。

2 仪器、试块、耦合剂

2.1 仪器

仪器应符合ZB Y 230—84《A型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件》的规定。

2.2 探头

2.2.1 纵波直探头的晶片直径在10~30mm的范围，当被检测铸钢件的探伤面较粗糙时，建议使用有软保护膜的纵波直探头。

2.2.2 应使用在钢中的折射角为45°、60°、70°的横波斜探头，或使用K值为1，1.5，2，2.5，3的横波斜探头。

2.2.3 纵波双晶探头两晶片之间的声绝缘必须良好。

2.3 仪器系统的性能

仪器系统的灵敏度余量和分辨力的测试应符合ZB J 04001—86《A型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法》的规定，并满足下列要求：

- a. 使用2~2.5MHz的探伤频率，纵波直探头测试的灵敏度余量不得小于30dB，横波斜探头测试的灵敏度余量不得小于50dB。
- b. 在相应的探伤频率范围，纵波直探头和横波斜探头测试的分辨力应满足表1的规定。

表1 仪器系统分辨力的下限值

探头种类	纵波直探头			横波斜探头
	< 2	2 ~ 3	> 3	
探伤频率, MHz	< 2	2 ~ 3	> 3	2 ~ 5
分辨力, dB	6	15	20	12

2.4 试块

2.4.1 对比试块用铸造碳钢或低合金钢材料制做, 其超声衰减系数应与被探伤铸钢件材料的衰减系数相同或相近。

制做对比试块的材料必须预先进行超声探伤, 不允许存在等于或大于同声程 $\phi 2$ 当量平底孔的缺陷。

对比试块侧面要标明试块的名称、编号、材质、透声性。

2.4.2 供纵波直探头用的ZGZ系列对比试块见附录A (补充件)。当被探伤铸钢件的厚度大于250mm时, 要制做最大探测距离等于铸钢件厚度的试块。

ZGZ系列对比试块仅在用试块调整纵波直探头探伤灵敏度时才使用。

2.4.3 供纵波双晶探头用的ZGS对比试块见附录B (补充件)。

2.5 耦合剂

通常可选用机油、水溶性耦合剂、机油与黄甘油混合剂、水或浆糊作为耦合剂。

耦合剂不得在铸钢件成品上造成不允许的锈蚀。

调整仪器、校核仪器和检测铸钢件必须使用同种耦合剂。

3 铸钢件

3.1 探伤面

3.1.1 铸钢件应在外观检查合格后进行超声探伤, 铸钢件的探伤面及其背面所有影响超声检测的物质应予清除。

3.1.2 铸钢件探伤面的表面粗糙度应满足以下要求:

- a. 机械加工表面, R_a 等于或小于 $10\mu\text{m}$ 。
- b. 铸造表面, R_a 等于或小于 $12.5\mu\text{m}$ 。

3.1.3 如机械加工之后铸钢件的形状妨碍超声探伤时, 应在加工之前进行检测。

3.2 铸钢件壁厚层次的划分

3.2.1 按交货时铸钢件的外形, 将铸钢件的截面厚度划分为三层: 外层、内层、外层。铸钢件的厚度或截面尺寸小于90mm者, 各层各占厚度或截面尺寸的三分之一。铸钢件的厚度或截面尺寸等于或大于90mm者, 凡是距铸钢件某一表面30mm以内的范围为外层, 其余部分为内层。

3.2.2 经供需双方商定, 允许对铸钢件检测区域规定专门的分层要求, 也允许规定铸钢件的某一厚度范围或某些区域为质量严格要求区, 并提出具体的质量要求。

3.3 透声性

3.3.1 测定铸钢件的透声性时, 将纵波直探头与铸钢件上探伤面和背面平行而无缺陷的部位耦合接触, 仪器的抑制置零。选用与纵波直探头探伤时相同的频率测试, 调整仪器, 使第一次底面回波的幅度达到垂直满刻度的50%, 记录衰减器的读数。再调整衰减器, 使第二次底面回波的幅度达到垂直满刻度的50%, 记录衰减器的读数。两次衰减器读数之差即该测量点的透声性。

在铸钢件厚度相同的区域内, 测量点不得少于三点。以各点透声性的平均值表示铸钢件该区域的透声性。

3.3.2 如铸钢件没有背面与探伤面平行的足够大的探测部位,可以在铸钢件上适当位置预制一处这样的平面,也可以用与生产铸钢件相同的工艺制做平面试块,并以其上测定的透声性代表铸钢件的透声性。

3.4 铸钢件超声探伤适应性的判断

仪器的“抑制”置零,使用2~2.5 MHz中的一种频率测试。在铸钢件的最大探测距离处,用纵波直探头测试。如选定为纵波直探头探伤灵敏度的参考平底孔的回波幅度比同声程噪声信号的幅度高8 dB以上,则该铸钢件适合超声探伤。

如果不能满足上述要求,可降低频率至1 MHz测试,满足要求的,可以用这种频率探伤,并在探伤报告中说明。

如降低频率测试的结果仍不能满足超声探伤适应性的要求,则应采用热处理的方法改善铸钢件的透声性,并在满足超声探伤适应性的要求后进行超声探伤。

4 检测

4.1 仪器的调整

4.1.1 一般调整

“抑制”置零,探测深度取适当值。不论使用哪种探头,都要求调整零点,使时基线原点的示波屏时基线刻度与探测距离成正比。

4.1.2 探伤灵敏度的调整和核查

4.1.2.1 纵波直探头探伤灵敏度的调整

纵波直探头探伤允许采用 $\phi 3$ 、 $\phi 4$ 、 $\phi 6$ 当量平底孔三种灵敏度。供需双方应规定铸钢件每个区域的探伤灵敏度。用下述两种方法之一调整探伤灵敏度:

a. 用AVG曲线板调整。把与检测条件相符的AVG曲线板(设衰减系数为零而绘制的)嵌入示波屏,衰减器预置足够的储备量。将纵波直探头与铸钢件上探伤面和背面平行而无缺陷的部位耦合接触,调整仪器,使第一次底面回波的幅度达到AVG曲线板上“B— $\times \times$ dB”线标明的幅度,按“B— $\times \times$ dB”,减小衰减量 $\times \times$ dB。利用曲线板上被选定作为探伤灵敏度的参考平底孔的距离幅度曲线,进行透声性补偿,画出已经透声性补偿的距离幅度曲线。

透声性补偿方法见附录C(补充件)。

b. 用对比试块调整。利用附录A中具有选定作为探伤灵敏度参考平底孔的一套试块调整。首先,将铸钢件与探测距离等于或最接近于铸钢件厚度的对比试块相比较,求出表面粗糙度补偿值与透声性补偿值的代数和,衰减器预置的储备量不得小于上述代数和的值。其次,在这块对比试块上测试,调整仪器,使平底孔的回波幅度达到垂直满刻度的10%~20%。不改变仪器的参数,对探测距离较小的一系列试块逐一测试,建立距离幅度曲线。在这条曲线上,对透声性予以补偿,得到已经透声性补偿的距离幅度曲线。最后,调整衰减器,进行表面粗糙度和透声性补偿。

透声性补偿方法见附录C。

4.1.2.2 纵波双晶探头探伤灵敏度的调整。衰减器预置的储备量不得小于表面粗糙度补偿量。测试不同探测距离的平底孔,调整仪器,使其中最高的回波幅度达到垂直满刻度的80%。不改变仪器的参数,对探测距离不同的平底孔逐一测试,建立距离幅度曲线。调整衰减器,补偿表面粗糙度损失。

4.1.2.3 横波斜探头探伤灵敏度的调整

将横波斜探头与铸钢件探伤面耦合接触,调整仪器,使噪声信号的幅度达到1~3 mm。

如果仪器在最高灵敏度时,噪声信号幅度仍不足1 mm,则以最高灵敏度探伤。

4.1.2.4 探伤灵敏度的核查

探伤中,应定期核查探伤灵敏度。发现探伤灵敏度改变时,要重新调整,并对前次核查以来完成的探伤工作重新进行探伤。

探伤工作结束时,应核查探伤灵敏度。

4.2 扫查

探伤人员要选择有规律的扫查路径进行探伤,相邻两次扫查应相互重叠约为探头晶片尺寸的15%。扫查时,探头移动的速度不得大于150mm/s。

横波斜探头探伤至少要在探伤面上相互垂直的两个方向扫查,在扫查的同时,应不断偏转探头,偏转角度不得小于15°。

因铸钢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。

4.3 缺陷的检测

采用供需双方规定的探头对铸钢件检测区域进行扫查。

纵波直探头或纵波双晶探头扫查时,采用比4.1.2.1或4.1.2.2项确定的探伤灵敏度高6dB的扫查灵敏度。

凡出现下列任何一种显示情况的位置,都要做上标记:

- a. 缺陷回波幅度等于或大于距离幅度曲线的位置;
- b. 底面回波幅度降低12dB或12dB以上的位置;
- c. 不论缺陷回波幅度的大小,凡出现线状和片状特征缺陷显示的位置。

4.4 缺陷尺寸的测定

按4.1.2款确定的探伤灵敏度,测定4.3条标记的缺陷尺寸。

4.4.1 平面型缺陷尺寸的测定

对于具有线状和片状特征的缺陷显示,用6dB法画出缺陷的范围。按几何原理,确定缺陷的位置、大小和缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸,按表2的规定,计算缺陷的面积。

4.4.2 非平面型缺陷尺寸的测定

4.4.2.1 缺陷回波幅度等于或大于距离幅度曲线者,用6dB法在探伤面上画出缺陷的范围。按表3的规定,计算缺陷的面积。

当使用纵波检测时,缺陷近探伤面一侧的边界和深度,由缺陷回波脉冲前沿的幅度上升到比距离幅度曲线低6dB的位置来确定。当使用横波斜探头检测时,缺陷的边界,由缺陷回波脉冲前沿幅度上升到比同时显示的最大缺陷回波幅度低6dB的位置来确定。

缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸,由不同方向检测所确定的缺陷上部和下部边界而得到。

由于铸钢件几何形状的限制,不能从不同方向检测的缺陷,必须在探伤报告中说明。

4.4.2.2 对于底面回波降低12dB或12dB以上的位置,应核查底面是否倾斜或不平整、耦合接触是否良好。

凡是因在缺陷而使底面回波降低12dB或12dB以上者,以底面回波降低12dB为条件,在探伤面上画出缺陷的范围,按表3注②计算缺陷的面积。

缺陷的深度,由一处连续缺陷回波中最左边的波峰的位置来确定。缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸,由一处连续缺陷回波中最左边的与最右边的两个波峰之间的宽度来确定。

既无底面回波,又无缺陷回波的位置,应提高探伤灵敏度检测,观察是否存在反射面与入射声束倾斜的缺陷。

4.4.3 缺陷范围的修正

探伤面为曲面时,在探伤面上画出的缺陷范围应予修正。修正的方法可用计算法或作图法。

4.4.4 存在疑问的缺陷

对于存在疑问的缺陷显示,允许采用经过验证而行之有效的其它无损检测方法来检验。如仍不能得出结论,则由供需双方协商处理办法。

5 质量等级的评定

铸钢件的质量等级,分别按平面型缺陷和非平面型缺陷来划分。根据平面型缺陷和非平面型缺陷的尺寸,将铸钢件质量等级各分为五级。对于同一类型的缺陷,在相同的探伤条件下,一级质量最好,

二、三、四、五级质量依次降低。评定质量等级时，缺陷尺寸中有一项或几项大于某级的要求，则参加下一级的评定，凡不满足四级要求的评为五级。

评定时，采用 $317 \times 317 \text{ mm}^2$ （面积约 $100\,000 \text{ mm}^2$ ）的评定框。位于评定框边界线上的缺陷，计算缺陷的尺寸时，只计入该缺陷框内部分的尺寸。

5.1 按平面型缺陷评定质量等级时，把评定框置于铸钢件上平面型缺陷最严重的位置。根据评定框内平面型缺陷的尺寸，按表2 评定铸钢件的质量等级。

表2 平面型缺陷质量等级的划分

评定框内，允许的缺陷尺寸的上限	质 量 等 级			
	1	2	3	4
一个缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸，mm	0	5	8	11
一个缺陷的面积， mm^2	0	75	200	360
缺陷的总面积， mm^2	0	150	400	700

注：一个缺陷的面积，等于该缺陷的最大尺寸和与其垂直方向的最大尺寸之积。

5.1.1 凡检测区域内存在裂纹的铸钢件，评为五级。

5.2 按非平面型缺陷评定质量等级时，把评定框置于铸钢件上非平面型缺陷最严重的位置。根据评定框内非平面型缺陷的尺寸和深度，按表3 评定铸钢件的质量等级。

表3 非平面型缺陷质量等级的划分

层	评定框内，允许的缺陷尺寸的上限	质 量 等 级			
		1	2	3	4
外层	一个缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸占外层厚度的百分数，%	20	20	20	20
	一个缺陷的面积， mm^2	250	1 000	2 000	4 000
	缺陷的总面积， mm^2	5 000	10 000	20 000	40 000
内层	一个缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸占铸钢件整个截面厚度的百分数，%	10	10	15	15
	缺陷的总面积， mm^2	12 500	20 000	31 000	50 000

注：① 一个缺陷的最大尺寸大于 320 mm ，则评为五级。

② 一个缺陷的面积，等于该缺陷的最大尺寸和与其垂直方向的最大尺寸之积。

③ 位于外层的间距小于 25 mm 的两个或多个缺陷，在计算一个缺陷的面积时，视为一个缺陷。其“一个缺陷的面积”等于这些缺陷面积之和。

5.3 位于外层和内层界面上的非平面型缺陷，如其大部分在外层，则计入外层。否则，则计入内层。

5.4 如评定框的面积大于一个检测区域的面积，该区域各级别允许的平面型缺陷和非平面型缺陷的总面积，按检测面积与评定框面积之比，以正比例予以折算。但是，缺陷在铸钢件厚度方向的尺寸和一个缺陷的面积仍按表2 和表3 的规定。

如一个检测区域的某一边小于 317 mm ，而其面积等于或大于评定框的面积，则以一个矩形评定框

来评定。矩形框的一边的长度为上述检测区域的边长，另一边长度的确定方法是使这个矩形的面积等于100 000mm²。

5.5 某级铸钢件，系指铸钢件中平面型缺陷和非平面型缺陷均分别满足该级的规定。

5.6 评定探伤面为曲面的铸钢件质量等级时，在缺陷最严重的位置放置评定框。在垂直于评定框平面的方向，对处于评定框投影范围内的缺陷予以评定。缺陷的尺寸按4.4.3款进行修正。注意：不得在同一评定框内对同一缺陷重复计入其尺寸。

5.7 铸钢件焊补部位也可以应用本标准进行探伤和评定。

6 人员资格

6.1 铸钢件超声探伤人员应取得主管资格鉴定机关颁发的超声探伤等级人员的资格证，并从事相应的工作。

6.2 铸钢件超声探伤人员应具有铸钢材料、铸钢工艺、铸造缺陷及热处理等基础知识。

7 探伤报告

探伤报告包括下述内容：

7.1 委托探伤的单位、探伤报告编号、签发探伤报告的日期。

7.2 铸钢件的名称、编号、材质、热处理状态、探伤面的表面粗糙度、透声性。

7.3 超声探伤使用的仪器型号、探头型号、探伤频率、耦合剂、纵波直探头探伤灵敏度。

7.4 在铸钢件草图上，标明检测区域、使用的探头。如有因几何形状限制而未检测的部位，也必须在草图上标明。

7.5 缺陷的类型、尺寸、位置。

7.6 评定的质量等级及探伤结论。

7.7 探伤人员签名。

附录 A
 铸钢件超声纵波直探头探伤用系列对比试块
 (补充件)

A.1 名称和编号

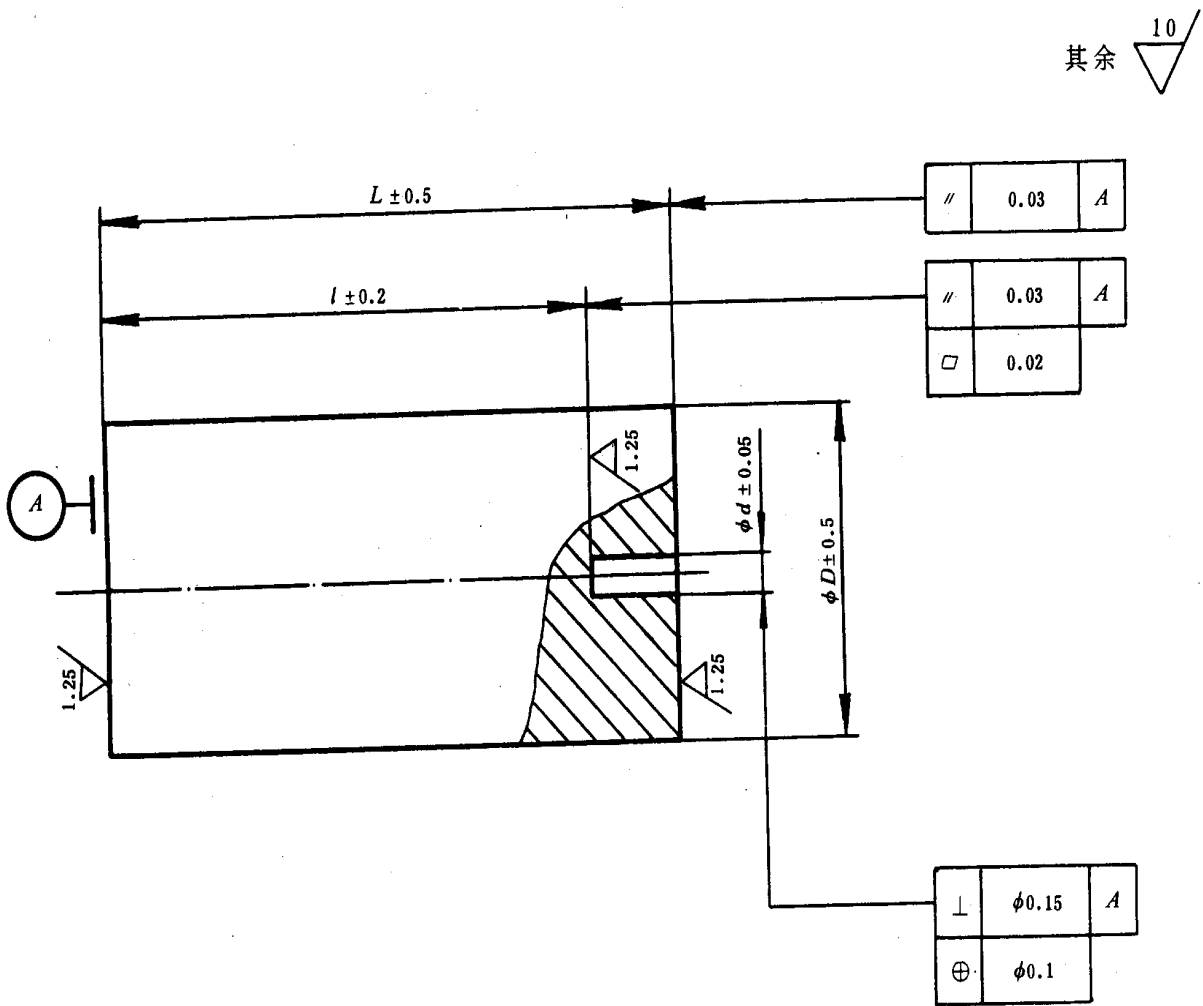
名称为ZGZ 系列对比试块, 编号见表。

A.2 材料

试块材料应符合本标准 2.4.1 款的规定。

A.3 形状和尺寸

形状和尺寸见下图和表。



ZGZ 系列对比试块

ZGZ 系列对比试块尺寸表

试 块 编 号	d	l	L	D
	mm			
3025	3	25	45	50
4025	4			
6025	6			
3050	3	50	70	50
4050	4			
6050	6			
3075	3	75	95	50
4075	4			
6075	6			
3100	3	100	120	75
4100	4			
6100	6			
3150	3	150	170	75
4150	4			
6150	6			
3200	3	200	220	75
4200	4			
6200	6			
3 T	3	T	$T + \frac{T}{10}$	100或 $\frac{T}{4}$, 取较大者
4 T	4			
6 T	6			

注： d ：平底孔直径； l ：探测距离，
 L ：试块全长； D ：试块直径，
 T ：铸钢件厚度（ T 大于250mm）。

附录 B
铸钢件超声纵波双晶探头探伤用对比试块
(补充件)

B.1 名称和编号

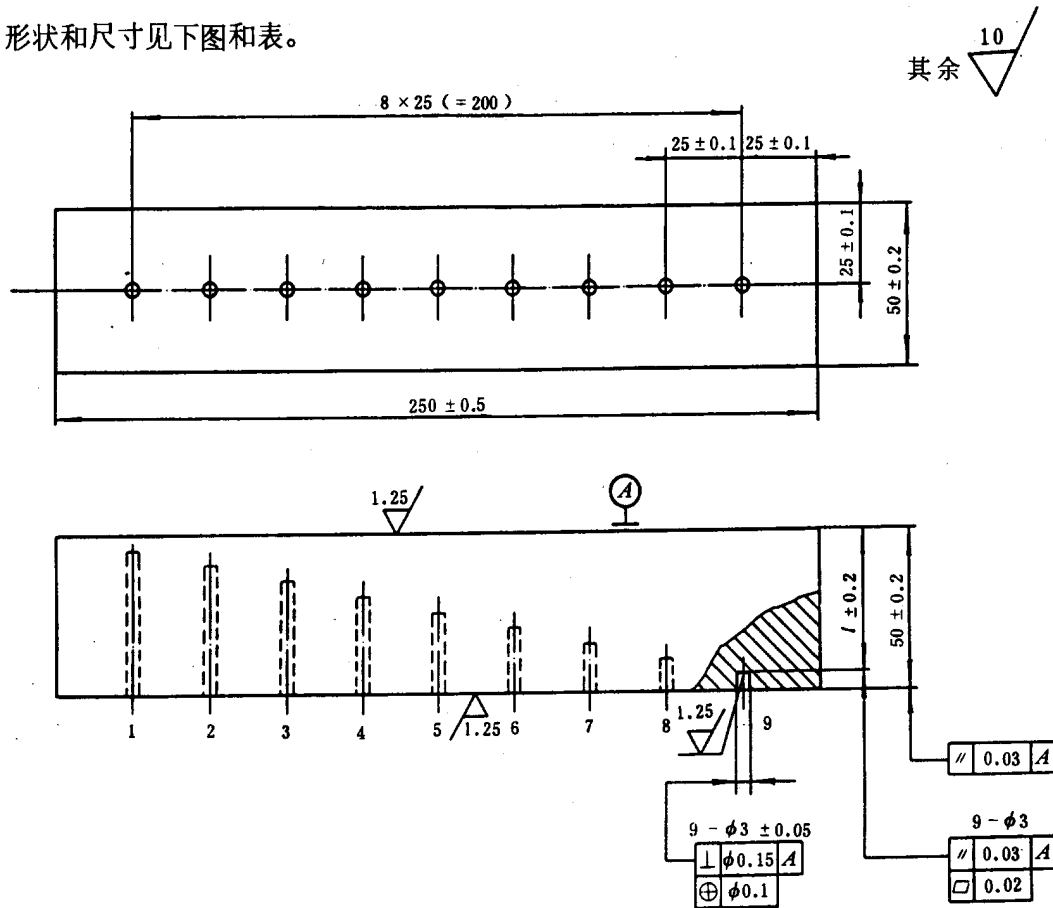
名称为ZGS对比试块, 编号为3。

B.2 材料

试块材料应符合本标准2.4.1款的规定。

B.3 形状和尺寸

形状和尺寸见下图和表。



ZGS 对比试块

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
$l, \text{ mm}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45

附录 C
透声性补偿方法
(补充件)

用试块调整纵波直探头探伤灵敏度时,如果铸钢件的透声性与探测距离等于或最接近于铸件厚度的对比试块的透声性之差的绝对值大于2 dB,或者,用AVG曲线板调整时,如果铸钢件的透声性大于8 dB,必须对透声性予以补偿。

C.1 按纵波直探头探伤灵敏度调整方法,求出铸钢件的透声性与对比物的透声性之差 \bar{P} :

a. 用对比试块调整时, \bar{P} 等于铸钢件的透声性与选定的对比试块的透声性之差。若铸钢件的透声性劣于试块的透声性, \bar{P} 为正值,否则, \bar{P} 为负值。

b. 用AVG曲线板调整时, \bar{P} 等于铸钢件的透声性减6 dB, \bar{P} 恒为正值。

C.2 按 \bar{P} 的绝对值所在的范围,查表C 1,得到 P 、 $\frac{3}{4}P$ 、 $\frac{1}{2}P$ 、 $\frac{1}{4}P$ 的绝对值,其代数值的符号与 \bar{P} 的符号相同。

表 C1

dB

\bar{P}	P	$\frac{3}{4}P$	$\frac{1}{2}P$	$\frac{1}{4}P$
>2~6	4	3	2	1
>6~10	8	6	4	2
>10~14	12	9	6	3
>14~18	16	12	8	4
>18~22	20	15	10	5
>22~26	24	18	12	6
>26~30	28	21	14	7

C.3 查表C 2,得到代数值 P 、 $\frac{3}{4}P$ 、 $\frac{1}{2}P$ 、 $\frac{1}{4}P$ 分别对应的幅度比。

表 C2

dB	正 值									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
幅度比	1.1	1.25	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2
dB	负 值									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
幅度比	0.9	0.8	0.7	0.65	0.6	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
dB	正 值									
	12	14	15	16	18	20	21	24	28	
幅度比	4	5	5.6	6.3	8	10	11	16	25	
dB	负 值									
	12	14	15	16	18	20	21	24	28	
幅度比	0.25	0.2	0.18	0.16	0.13	0.1	0.09	0.06	0.04	

C.4 按采用调整灵敏度的方法，利用AVG曲线板上被选定作为纵波直探头探伤灵敏度的参考平底孔的距离幅度曲线，或者，利用ZGZ系列对比试块测绘的距离幅度曲线，找出对应于 0 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 倍铸钢件厚度的回波幅度值，分别乘以 P 、 $\frac{3}{4}P$ 、 $\frac{1}{2}P$ 、 $\frac{1}{4}P$ 对应的幅度比。底面回波幅度不变，在透明板上分别画出以上五点，平滑地连接这五点而成的曲线，即经过透声性补偿的距离幅度曲线。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械工业部提出，由机械工业部上海材料研究所归口。

本标准由机械工业部沈阳铸造研究所负责起草。

本标准主要起草人覃本德。