

前 言

本标准是在 GB 150—1998 附录 E 的基础上，参照美国 ASME IX 并吸取国内压力容器制造行业多年来的生产经验而编制的。

本标准与 GB 150—1998 附录 E 相比，作了如下变动：

1 适用范围

提出锻焊容器 B 类焊接接头鉴证环的力学性能的检验也可参照本标准的规定。

2 增加了引用标准

3 产品焊接试板制备要求及试板的制备

增加了对多层容器以及堆焊试板的要求和规定。

4 弯曲试验

取消了原标准中弯轴直径和弯曲角随钢种、试样种类，以及焊接采用单面焊或双面焊而异的规定。本标准一律采用弯轴直径 $D=4a$ ，弯曲角为 180° 的规定。

5 冲击试验

5.1 冲击试样的数量

焊缝金属的冲击试样，除沿用原标准在距钢板表面约 2 mm 的最后焊道中截取一组（3 个）外，对于几种特殊情况增加一组（3 个）试样的截取。

5.2 冲击试验的合格指标

取消原标准中常温冲击 $A_{KV} \geq 27 J$ 的统一规定，恢复以钢材抗拉强度分别要求冲击功的规定，且列出低温冲击的要求。增加了奥氏体钢焊缝金属的合格指标，以试样的侧向膨胀量来衡量，其膨胀量应大于 0.38 mm。

6 复验

增加了由于试验不当或未超标缺陷所造成不合格的情况，允许试样作废，重新试验。

本标准自实施之日起，代替 GB 150—1998 中的附录 E。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：合肥通用机械研究所、全国压力容器标准化技术委员会。

本标准主要起草人：李平瑾、胡积胜。

参加本标准编制的工作单位及人员有：

中国石化集团公司咨询公司：杨国义。

中国通用机械工程总公司：秦晓钟。

合肥通用机械研究所：李景辰。

兰州石油机械厂：王增新。

南京化学工业（集团）公司化机厂：陈寿万。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会负责解释。

中华人民共和国行业标准

钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验

JB 4744—2000

Mechanical property tests of product welded
test coupons for steel pressure vessels

1 范围

- 1.1 本标准适用于设计温度不低于 -196°C 的各类钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验。包括拉伸、弯曲和冲击试验的试样制备、试验方法、合格指标以及复验等要求。
- 1.2 若产品的图样另有规定或有附加要求，除符合本标准外，还应符合图样规定。
- 1.3 锻焊容器B类焊接接头鉴证环力学性能的检验也可参照本标准的规定。

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/T 228—1987 金属拉伸试验方法
GB/T 229—1994 金属夏比缺口冲击试验方法
GB/T 232—1988 金属弯曲试验方法
JB 4730—1994 压力容器无损检测

3 符号

- L ——试板长度，mm；
 B ——试板宽度，mm；
 δ_s ——试板厚度，mm；
 l ——试样长度，mm；
 b ——试样宽度，mm；
 a ——试样厚度，mm；
 h_k ——焊缝宽度，mm；
 D ——弯心直径，mm；
 l_1 ——夹持部分长度，根据试验机夹具而定，mm；
 δ_{s1} ——复合板材基层的厚度，mm；
 δ_{s2} ——复合板材复层的厚度，mm；
 σ_{b1} ——复合板基层材料标准抗拉强度下限值，MPa；
 σ_{b2} ——复合板复层材料标准抗拉强度下限值，MPa。

4 产品焊接试板制备的要求

- 4.1 从所制容器原筒体材料中选择同钢号、同厚度、同热处理状态、同炉号的材料制作产品焊接试板。
- 4.2 产品焊接试板应设置在 A 类纵向焊接接头的延长部位，与壳体同时施焊。
- 4.3 产品焊接试板应做识别标记，包括：
 - a) 工作令号或容器编号；
 - b) 材料钢号；
 - c) 焊工钢印号。
- 4.4 对于多层容器，其内筒及层板应分别制备产品焊接试板。
 - a) 内筒和层板的试板位于第一节内筒和第一层层板纵缝延长部位，与产品同时焊接；
 - b) 层板的试板应采用相同材料作垫板，垫板的厚度应大于 3 mm。

5 产品焊接试板试样的制备

- 5.1 试板尺寸和试样毛坯的截取
 - 5.1.1 试板焊缝应进行外观检查 and 无损检测（按 JB 4730），然后在合格部位截取试样。
 - 5.1.2 试板的长度和宽度以满足试验所需的试样类别和数量的截取为宜。但对接接头试板 $L \geq 300$ mm， $B \geq 250$ mm；堆焊试板 $L \geq 300$ mm， $B \approx 200$ mm，（堆焊方向与试板长度 L 的方向平行；采用手工堆焊时， L 可适当减少）。试样的截取如图 1（对接接头试板）和图 2（堆焊试板）所示。

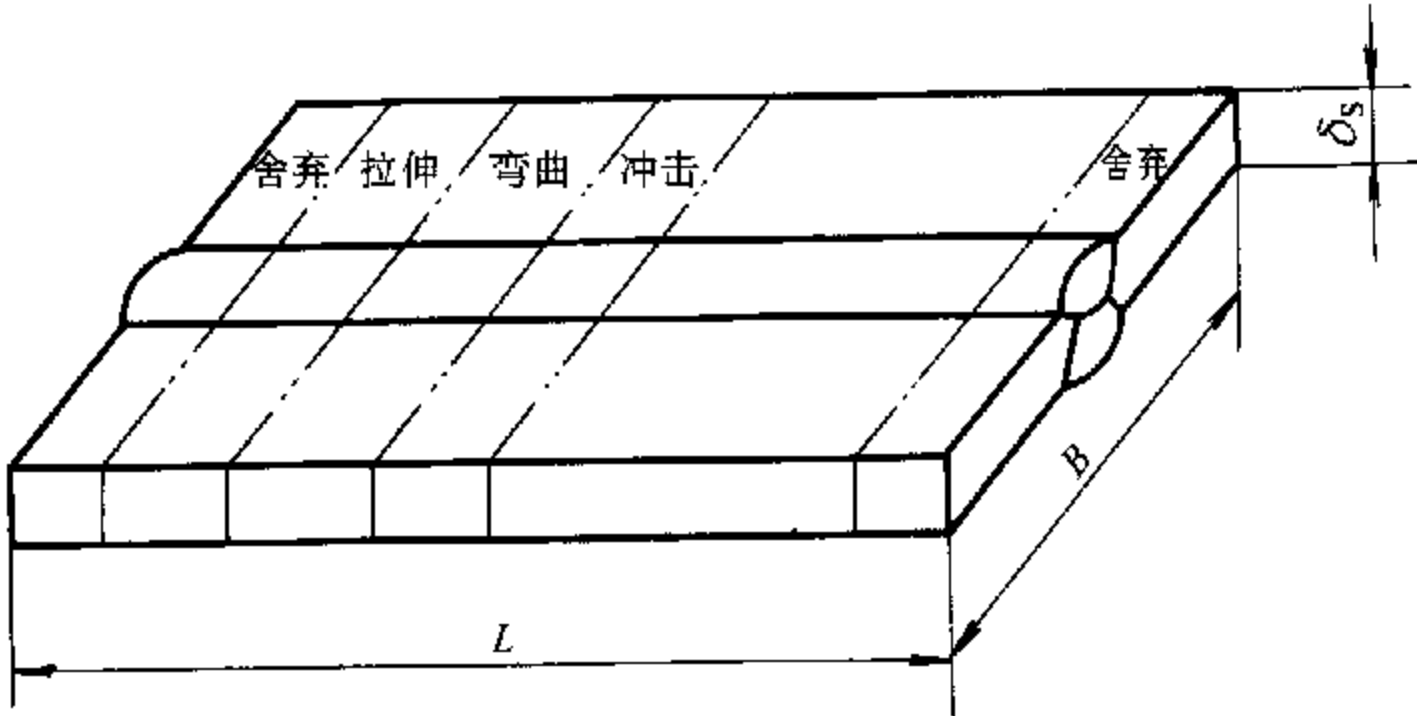


图 1 对接接头试板

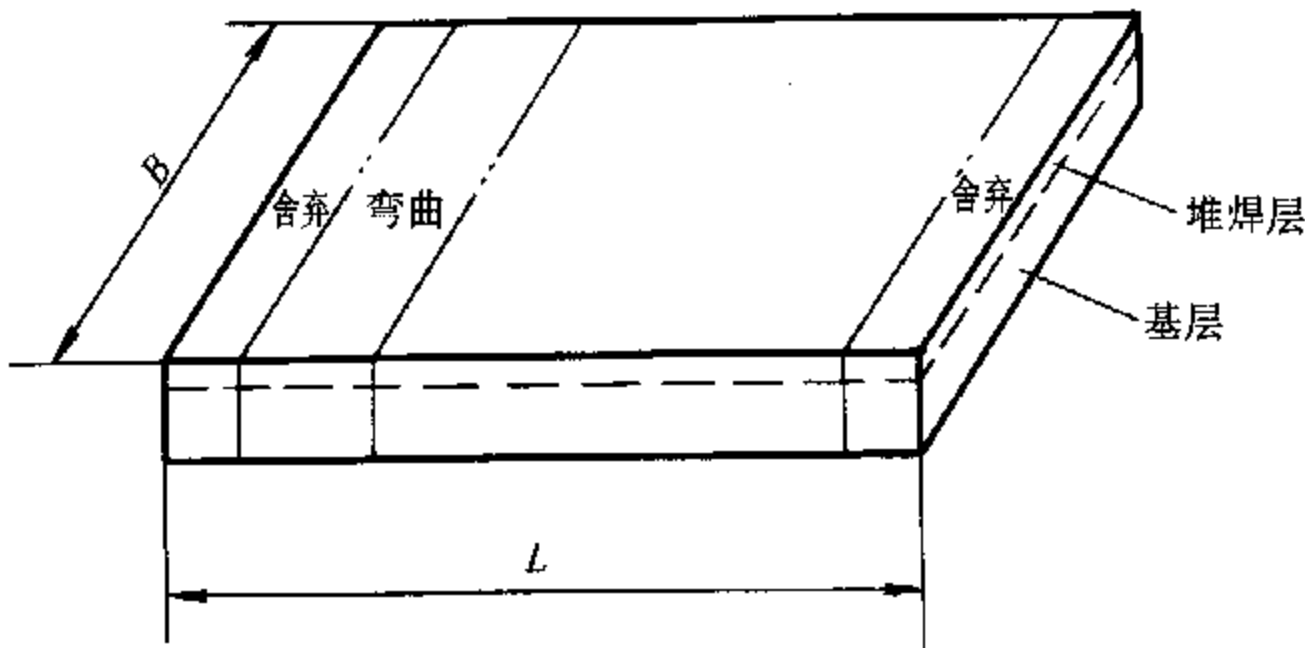


图 2 堆焊试板

- 5.1.3 试板两端舍弃部分长度随焊接方法和板厚而异，一般手工焊不小于 30 mm；自动焊和电渣焊不小于 40 mm。如有引弧板和引出板时，也可以少舍弃或不舍弃。
- 5.1.4 试样毛坯的截取一般采用机械切割法，也可用激光或线切割的方法，但应去除热影响区。

- 5.1.5 必要时，也可直接从焊件上截取试样。
- 5.1.6 根据不同项目的试验要求，对试样进行加工，经检验合格后，打上钢印或其它永久性的标志。
- 5.2 试样的类别和数量

试样的类别和数量应符合表 1 的规定。

表 1 试样的类别和数量

试样类别	拉 伸	弯 曲			冲 击	
		$\delta_s \leq 20$		$\delta_s > 20$	焊缝金属	热影响区
		面 弯	背 弯	侧 弯		
试样数量	1	1	1	2	3 (或 6*)	3

注

1 当试板厚度 $\delta_s \leq 30$ mm 时，应采用全板厚单个试样；当 $\delta_s > 30$ mm 时，根据试验条件可采用全板厚的单个试样，也可用多片试样。采用多片试样时，应将焊接接头全厚度的所有试样组成一组作为 1 个试样。

2 试板厚度 δ_s 为 10~20 mm 时，可用 1 个面弯、1 个背弯也可用 2 个侧弯代替面弯和背弯。

3 * 标准抗拉强度下限 $\sigma_b > 540$ MPa 的钢材和 Cr-Mo 钢，且试板厚度 $\delta_s > 60$ mm，以及设计温度低于 -30°C ，且 $\delta_s > 40$ mm 的低温钢，焊缝金属冲击试样数量为 6 个。

4 一般只进行焊缝金属的冲击试验，但对设计温度等于或低于 -20°C 的低温设备，还应增加热影响区的冲击试验。

6 拉伸试验

6.1 拉伸试验的试样尺寸如图 3 所示。试样宽度 $b \geq 25$ mm。

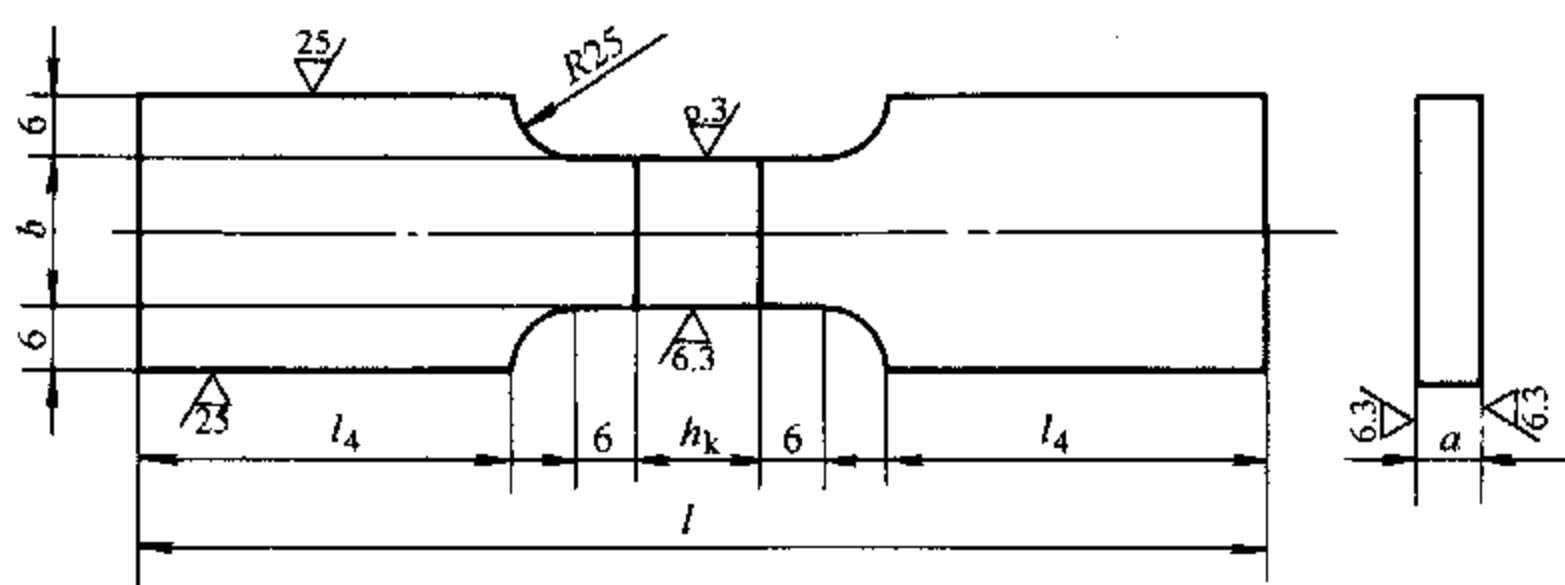


图 3 拉伸试样

6.2 试样的分割与加工

6.2.1 试样的分割

当因试验机能力限制而不能进行全板厚的拉伸试验时，则沿试板厚度方向，分割成近似相等的若干等分，以此作为试样厚度，该试样厚度应较接近于试验机所能试验的最大厚度。因切口损耗造成的厚度减薄应属正常，即分割后若干试样叠加的厚度可以小于原试板的全板厚。

6.2.2 试样的加工

- a) 拉伸试样表面焊缝的余高应采用机械方法去除，使之与母材齐平。
- b) 对具有复合层的材料，当复层计入设计厚度时，拉伸试样包括基层及复层；当复层不计入设计厚度时，拉伸试样可去除复层后制取。
- c) 采用多种方法施焊时，试样的受拉面应包括每一种焊接方法（或焊接工艺）的焊缝金属。

6.3 试验方法

拉伸试验按 GB/T 228 的有关规定进行，在确认已读出拉伸试样的最大载荷后，允许不拉断试样，以避免噪声和对机器的损伤。

6.4 合格指标

拉伸试样的抗拉强度 (σ_b) 应大于或等于下列规定之一：

- a) 产品图样的规定值;
- b) 钢材标准抗拉强度下限值;
- c) 对不同强度等级的钢材组成的焊接接头, 则为两种钢材标准抗拉强度下限值中的较小者;
- d) 若采用分割后的多片试样, 则将该多片试样组成一组, 并对每片进行试验。同时, 焊接试板全厚度焊接接头的拉伸试验结果为该组试样的平均值, 其平均值应符合上述要求。如果断在焊缝或熔合线外的母材上, 该组单片试样的最低值不得低于钢材标准抗拉强度下限值的 95% (碳素钢) 或 97% (低合金钢和高合金钢);
- e) 对复层计入设计厚度的试样, 其 σ_b 不得低于复合板材标准规定的计算结果, 即

$$\sigma_b \geq \frac{\sigma_{b1} \delta_{s1} + \sigma_{b2} \delta_{s2}}{\delta_{s1} + \delta_{s2}}$$

7 弯曲试验

7.1 弯曲试样尺寸

7.1.1 横向面弯和背弯试样尺寸按图 4 及表 2 的规定。

表 2 弯曲试样尺寸 mm

厚度 a	长度 l	宽度 b
δ_s	$6.5a + 100$	38

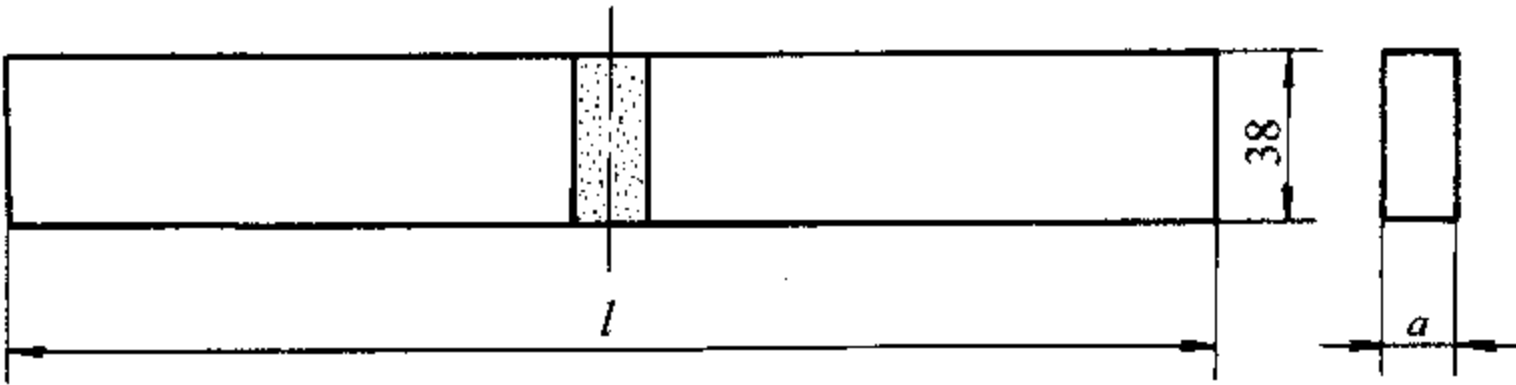


图 4 横向弯曲试样

7.1.2 纵弯试样尺寸按图 5 及表 2 的规定。但当焊缝较宽时, 试样宽度可相应增大。

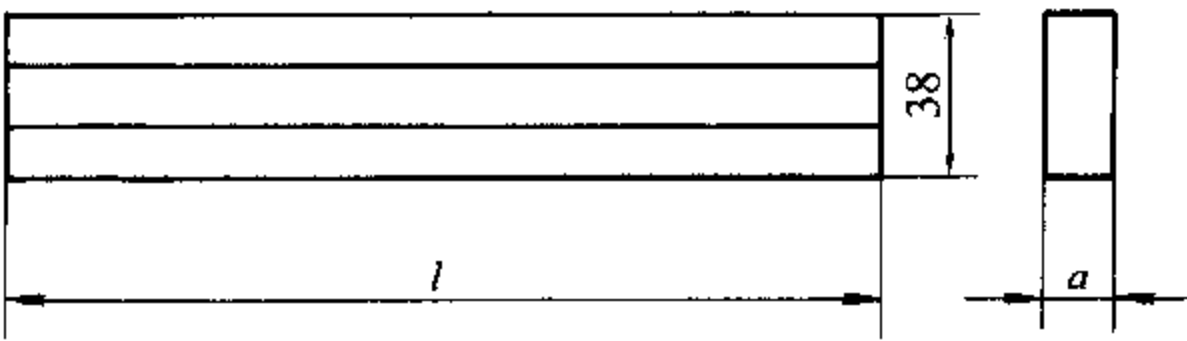


图 5 纵向弯曲试样

7.1.3 对接试板侧弯试样尺寸按图 6, 试样宽度为试板厚度 ($b = \delta_s$)。当试板厚度超过试验机压头的宽度 (或支辊的长度), 可沿板厚方向切成能在试验机上试验的多片试样, 并对每片试样进行侧弯试验。堆焊试板侧弯试样尺寸按图 7 的规定, 考核堆焊过渡层熔合状况的试样宽度 b 可取 38 mm。

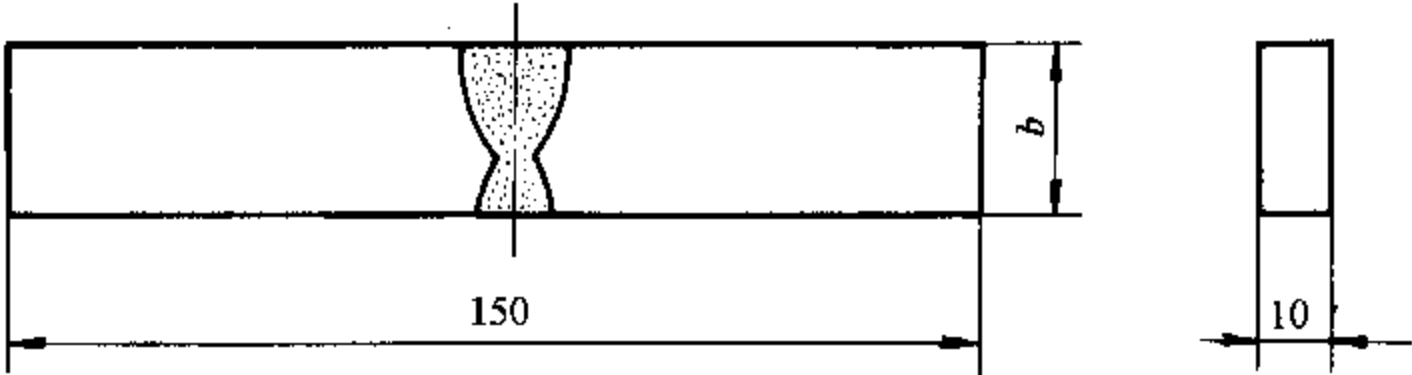


图 6 侧弯试样

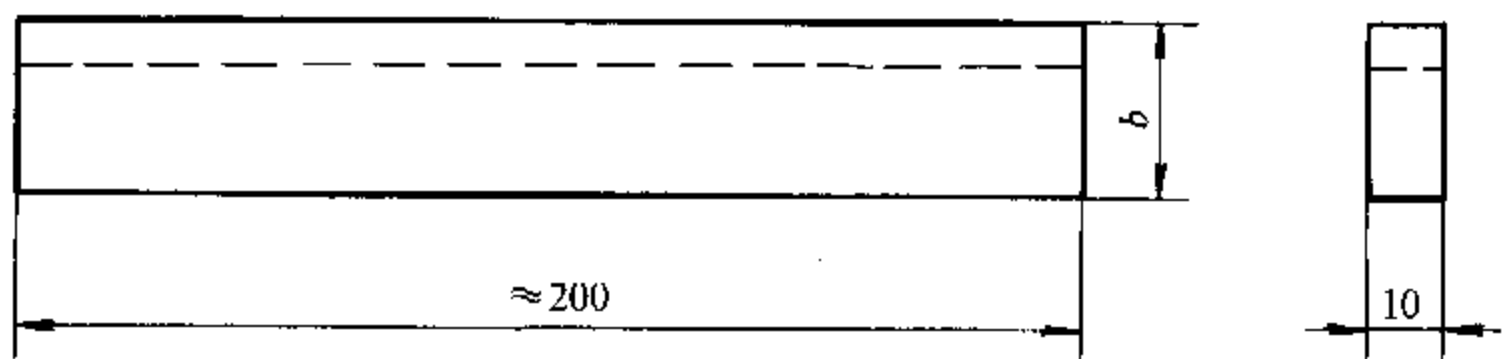


图 7 堆焊试板侧弯试样

7.2 试样加工

弯曲试样上的焊缝余高或垫板应采用机械方法去除，试样拉伸表面应齐平，试样棱角应倒圆，圆角半径不得大于 2 mm。当 δ_s 为 10~20 mm，且采用面弯和背弯试样时，试样的厚度为试板的厚度，即 $a = \delta_s$ 。

7.3 试验方法

7.3.1 弯曲试验按 GB/T 232 的有关规定，试样的焊缝和热影响区应包括在弯曲变形范围内，横向弯曲试样的弯轴中心应对准焊缝中央。

7.3.2 当焊接接头两侧的母材或母材与熔敷金属的强度相差较大或延伸率明显不同时，可用纵弯试样进行试验。

7.3.3 复合钢板和耐蚀堆焊的接头弯曲试验，取 2 个侧弯试样进行试验。

7.4 合格指标

7.4.1 试样按表 3 的要求弯曲到规定的角度后，其受拉面上沿任何方向不得有单条长度大于 3 mm 的裂纹或缺陷。试样的棱角开裂不计，但确因夹渣或其他焊接缺陷引起试样棱角开裂的长度应计入。

当采用多片试样时，将多片试样组成一组，并对每片试样进行试验，均应满足本条的规定。

7.4.2 对耐腐蚀堆焊层的焊道及熔合线，堆焊层不得有大于 1.5 mm 的任意裂纹或缺陷；熔合线上不得有大于 3 mm 的任一裂纹或缺陷。

表 3 弯曲试验参数

试样厚度, mm	弯心直径 D , mm	支座距离, mm	弯曲角度 α , (°)
a	$4a$	$6a + 3$	180

8 冲击试验

8.1 冲击试样的形式和尺寸

冲击试样的形式和尺寸按 GB/T 229 的规定。

8.2 试样的截取和试样缺口的方位

8.2.1 冲击试样应垂直于焊接方向截取，试样缺口的轴线应垂直于试板表面。焊缝金属的冲击试样的缺口位于焊缝中央。

8.2.2 对于复合板材，除图样和用户有特殊要求外，一般只制取基层的冲击试样。

8.2.3 当钢材标准抗拉强度下限 $\sigma_b \leq 540$ MPa 时，在最后焊道的焊缝侧，以距钢板表面 1~2 mm 为冲击试样的上表面，取一组焊缝金属的冲击试样（图 8 中的 I 组）。

8.2.4 钢材标准抗拉强度下限 $\sigma_b > 540$ MPa 和 Cr-Mo 钢，且试板厚度 $\delta_s > 60$ mm，以及设计温度低于 -30°C ，且 $\delta_s > 40$ mm 的低温钢，取两组焊缝金属的冲击试样。一组在最后焊道侧距钢板表面 1~2 mm 处；一组在钢板另一侧表面和 1/2 板厚之间（即以另一侧 1/4 板厚处为冲击试样的纵轴）截取（如图 8 中的 I 和 II 两组）。

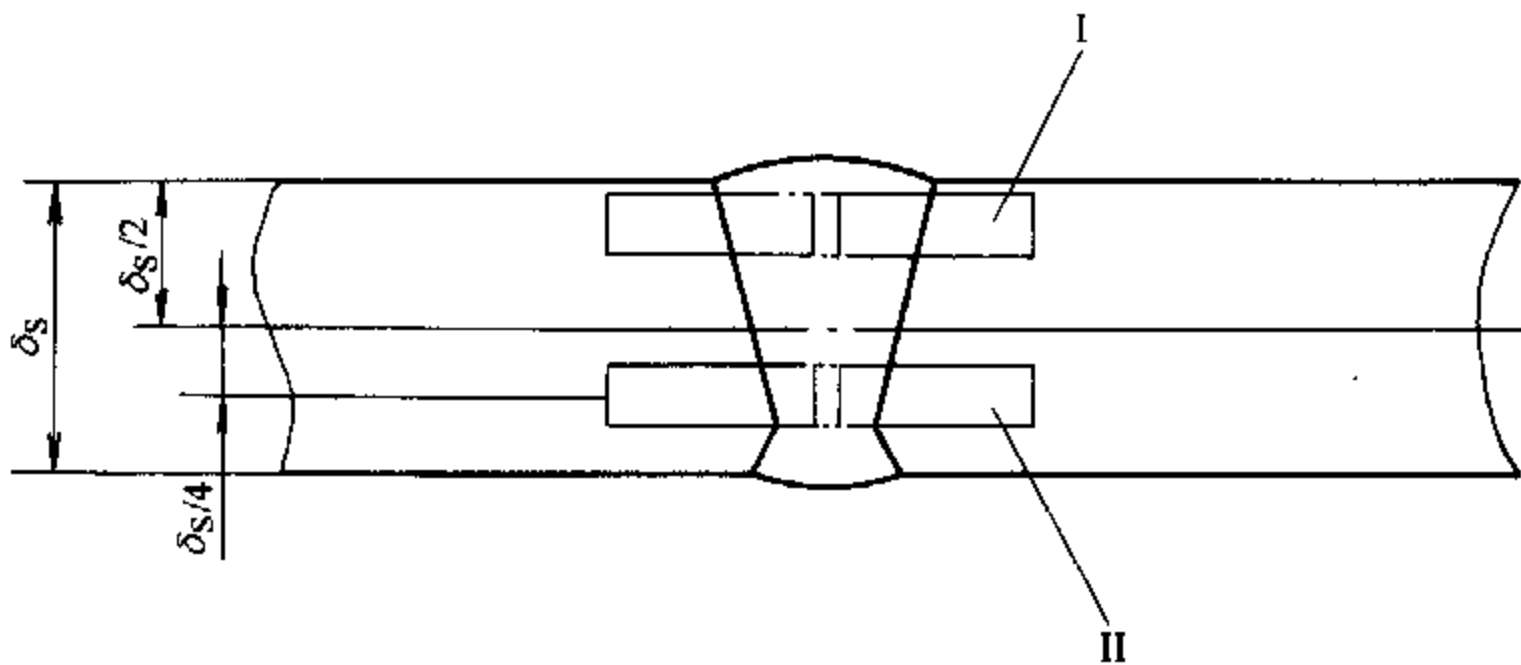


图 8 焊缝金属冲击试样的截取

8.2.5 热影响区冲击试样的缺口位置如图 9 所示。缺口轴线至试样轴线与熔合线交点的距离（S）大于零，且应尽可能多的通过热影响区。

8.3 试验方法

根据图样要求进行常温或低温冲击，其试验方法按 GB/T 229 的有关规定，若低温冲击合格，可免做常温冲击。

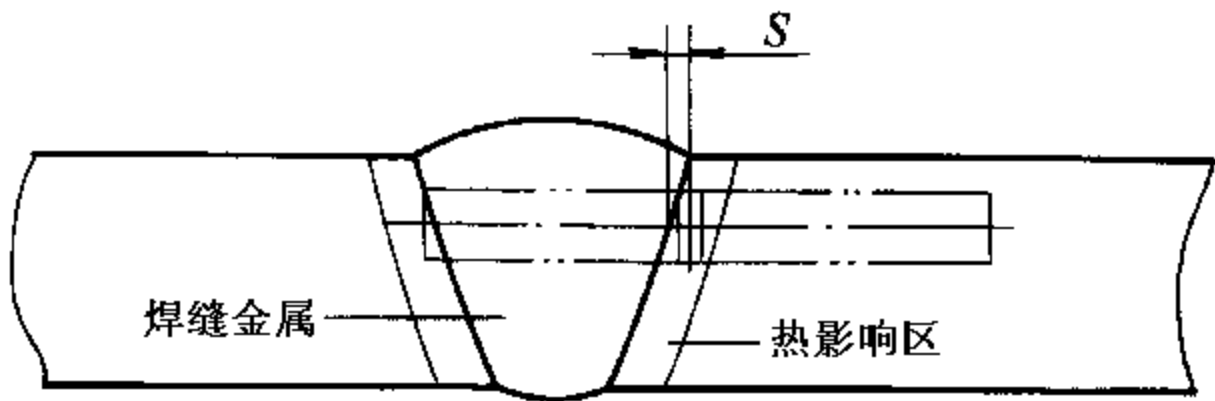


图 9 热影响区冲击试样的截取

8.4 合格指标

8.4.1 常温冲击功规定值按图样或有关技术文件规定，但 3 个试样冲击功的平均值不得小于 27J（对 10 mm×10 mm×55 mm 试样）或 14J（对 5 mm×10 mm×55 mm 试样）。

8.4.2 低温冲击在规定的试验温度下，对碳钢和低合金钢按钢材的抗拉强度下限值确定；对奥氏体不锈钢按试样的侧向膨胀量衡量。均应符合表 4 的规定。

表 4 低温夏比（V 型缺口）冲击试验最低冲击功和侧向膨胀量

钢材抗拉强度下限值 σ_b MPa	3 个试样冲击功的平均值 A_{KV} , J		试样的侧向膨胀量 mm
	10 mm×10 mm×55 mm	10 mm×5 mm×55 mm	
≤450	18	9	
>450~515	20	10	
>515~650	27	14	
奥氏体钢焊缝金属			0.38

试验温度下 3 个试样冲击功平均值不得低于表 4 中的规定值，其中 1 个试样的冲击功可小于规定值，但不得小于规定值的 70%。

9 复验

9.1 焊接产品试板的拉伸、弯曲试验如不合格，允许复验。对不合格的项目取双倍试样进行复验（若面弯不合格，再取 2 个试样作面弯），合格指标应分别符合 6.4 和 7.4 的要求。

9.2 冲击试验结果若不能满足 8.4 的规定时，允许复验。对不合格的项目（例如焊缝或热影响区；I 组或 II 组）再取一组（3 个）试样进行试验。合格指标为：前后两组 6 个试样的冲击功平均值不得

低于规定值，允许有 2 个试样小于规定值，但其中小于规定值 70% 的只允许有 1 个。

9.3 若某项试验不合格的原因是由于试验条件不佳或操作不当造成的，则该项试验作废，允许重新试验。

9.4 若冲击试样断口表面，由于存在无损检测允许（未超标）的缺陷而导致冲击功不合格，则该试样作废，允许重新试验。
