

## 目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 总则.....	1
4 试件准备.....	2
5 试件力学性能检验类别和取样.....	3
6 检验方法和合格指标.....	4
7 复验.....	10
附录A（规范性附录） 钢制焊接气瓶产品焊接试件力学性能检验.....	12

## 前 言

本标准对 JB 4744—2000 进行修订。

本标准依据 JB 4744—2000 实施以来所取得的经验，参照国际同类标准进行了下列变动。

1. 将产品焊接试板改名为产品焊接试件。
2. 适用范围从压力容器扩大到锅炉、压力容器、气瓶和压力管道。
3. 增加铝制、钛制产品焊接试件，增加管状试件。
4. 撤消 JB 4744—2000 中第 3 章“符号”，增加“总则”。
5. 第 4 章修改试件准备。
6. 第 5 章修改试件力学性能检验类别、取样数量和位置。
7. 第 6 章修改拉伸试验方法和合格指标；修改弯曲试样尺寸和试验方法；修改冲击试验取样位置、数量和检验项目。
8. 第 7 章修改复验要求。
9. 增加附录 A（规范性附录）“钢制焊接气瓶产品焊接试件力学性能检验”。

本标准从实施之日起，代替 JB 4744—2000。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本标准负责起草单位；

本标准主要起草人；

参加本标准编制工作的单位及人员有；

本标准于 2000 年 8 月首次发布。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）负责解释。

# 承压设备产品焊接试件的力学性能检验

## 1 范围

本标准规定了承压设备（锅炉、压力容器、气瓶和压力管道）产品焊接试件准备、试样制备、检验方法和合格指标。

本标准适用于承压设备产品焊接试件的力学性能检验。

产品焊接试件包含产品焊接试板、产品检查试件，模拟环和鉴证环。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 228	金属拉伸试验方法
GB/T 229	金属夏比缺口冲击试验方法
GB 2653	焊接接头弯曲及压扁试验方法
GB 6397	金属拉伸试验取样
JB 4708	承压设备焊接工艺评定

## 3 总则

- 3.1 产品焊接试件的力学性能检验除符合本标准外，还应符合图样和相关技术文件规定。
- 3.2 试件用材料应与所代表的承压设备元件材料同代号、同规格、同热处理状态。
- 3.3 焊接试件的焊工和焊接工艺过程应与所代表的承压设备元件相同。
- 3.4 承压设备产品焊接试件分为板状试件和管状试件。管状指管道、环和瓶体。
  - 3.4.1 板状试件应置于承压设备元件纵向接头的延长部位，与所代表的承压设备元件同时施焊。
  - 3.4.2 管状试件在所代表的承压设备元件焊接过程中施焊。
- 3.5 试件焊缝允许焊接返修，返修工艺应与原焊缝的返修工艺相同。
- 3.6 试件经外观检验和无损检验后，在无缺陷部位制取试样。
- 3.7 试样去除焊缝余高前允许对试样进行冷校平。
- 3.8 当试件采用两种或两种以上焊接方法，或重要因素、补加因素不同的焊接工艺时，所有焊接方法或焊接工艺所施焊的焊缝金属及热影响区都应受到力学性能检验。
- 3.9 试件应做下列识别标记：
  - a) 工作令号或承压设备元件编号；
  - b) 焊接工艺规程编号；
  - c) 焊工代号。

#### 4 试件准备

4.1 试件尺寸与数量以满足切取所需（包括复验用）的试样类别和数量为宜，试样也可以直接在焊件上切取。

4.2 试件尺寸：板状试件长度 $\geq 300$  mm，宽度 $\geq 250$  mm；管状试件长度 $\geq 250$  mm。试件尺寸参见图1、图2。

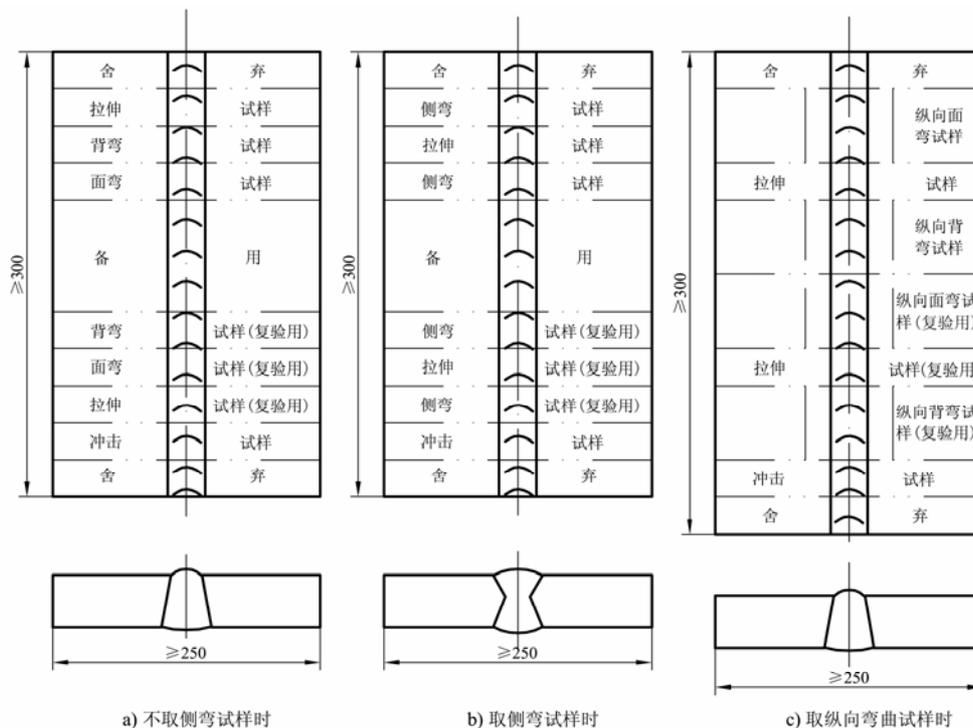
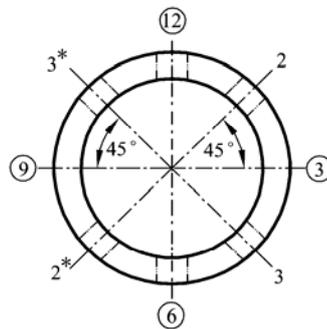
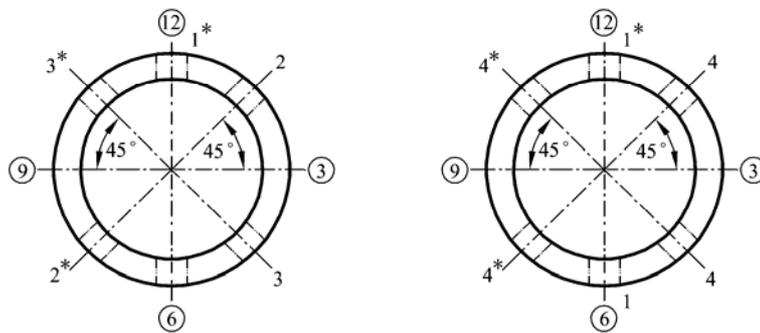


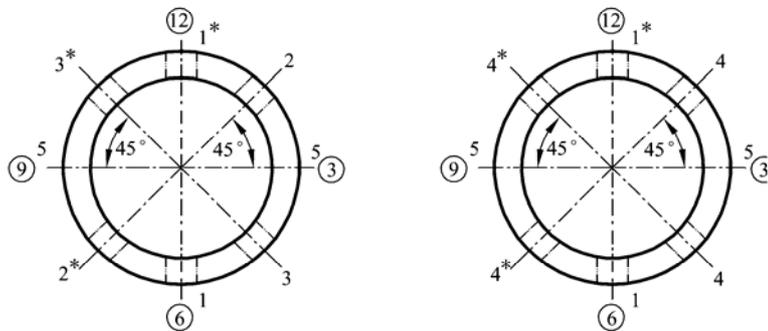
图1 板状试件尺寸和试样位置图



a) 拉伸试样为整管时弯曲试样位置



b) 不要求冲击试验时



c) 要求冲击试验时

1 —拉伸试样；2 — 面弯试样；3 —背弯试样；4—侧弯试样；5 —冲击试样；\* —复验用试样

③⑥⑨⑫钟点记号，为水平固定位置焊接时的定位标记

图2 管状试件的试样位置图

## 5 试件力学性能检验类别和取样

### 5.1 力学性能检验类别和数量见表1。

表 1 试件力学性能检验类别和取样数量

试件母材的 厚度 $T$ mm	检验类别和取样数量, 个					
	拉伸试验	弯曲试验			冲击试验	
	拉伸试样	面弯试样	背弯试样	侧弯试样	焊缝区试样	热影响区试样
$T < 1.5$	1	1	1	—	—	—
$1.5 \leq T \leq 10$	1	1	1	—	3	3
$10 < T < 20$	1	1	1	—	3	3
$T \geq 20$	1	—	—	2	3	3

注 1: 1 根管接头全截面试件作为 1 个拉伸试样。  
注 2: 当试件焊缝两侧的母材之间、或焊缝金属与母材之间的弯曲性能有显著差别时, 可改用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验。  
注 3: 当  $10\text{mm} < T < 20\text{mm}$  时, 可以用 2 个横向侧弯试样代替 1 个面弯试样和 1 个背弯试样。复合金属试件、组合焊接方法 (或焊接工艺) 完成的试件取 2 个侧弯试样。  
注 4: 当焊缝两侧母材的钢号不同时, 每侧热影响区都应取 3 个冲击试样。  
注 5: 当无法制备  $5\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$  小尺寸冲击试样时, 免做冲击试验。  
注 6: 复合金属除图样规定外, 一般只在基层制取冲击试样。  
注 7: 碳素钢、16MnR 和铬镍奥氏体钢试件允许免做热影响区冲击试验。  
注 8: 镁含量超过 3% 的铝镁合金, 只取焊缝区冲击试样。

## 5.2 试样位置

5.2.1 板状试件取样位置按图 1 所示, 复验用冲击试样位置不变。

5.2.2 管状试件取样位置按图 2 所示。

5.3 试件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 30mm; 机械焊和自动焊不小于 40mm。如有引弧板和引出板时, 也可以少舍弃或不舍弃。

5.4 试样毛坯采用冷加工法切取, 也可用热加工方法, 但应去除热影响区。

5.5 试样加工后, 经检验合格, 打上钢印或永久性的标志。

## 6 检验方法和合格指标

### 6.1 拉伸试验

#### 6.1.1 取样和加工要求

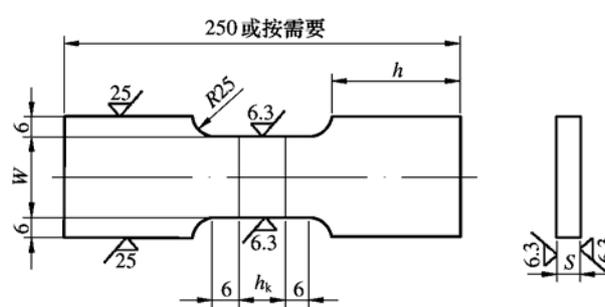
- 拉伸试样应包括试件上每一种焊接方法 (或焊接工艺) 的焊缝金属和热影响区。
- 对于复合金属, 当覆层厚度参与复合板的设计强度计算时, 拉伸试样包括覆层和基层; 当覆层厚度不参与复合板的设计强度计算时, 拉伸试样则去除覆层。
- 试样的焊缝余高应以冷加工法去除, 使之与母材齐平。试样厚度应等于或接近试件母材厚度  $T$ 。
- 厚度小于或等于 30mm 的试件, 采用全厚度试样进行试验。
- 当受试验机能力限制不能进行全厚度的拉伸试验时, 则可将试件在厚度方向上均匀分层取样, 等分后制取试样厚度应接近试验机所能试验的最大厚度。等分后的两片或多片试样试验代替一个全厚度试样的试验。

#### 6.1.2 试样形式

- 紧凑型板接头带肩板形拉伸试样 (见图 3), 适用于所有厚度板状试件。
- 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 I (见图 4) 适用于外径大于 76mm 的所有壁厚管状试

件。

- c) 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II (见图 5) 适用于外径小于或等于 76mm 的管状试件。
- d) 管接头全截面拉伸试样 (见图 6) 适用于外径小于或等于 76mm 的管状试件。



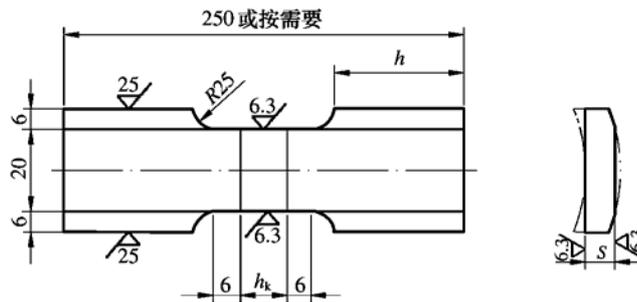
$S$  — 试样厚度, mm;

$W$  — 试样受拉伸平行侧面宽度, 大于或等于 20mm;

$h_k$  — 焊缝最大宽度, mm;

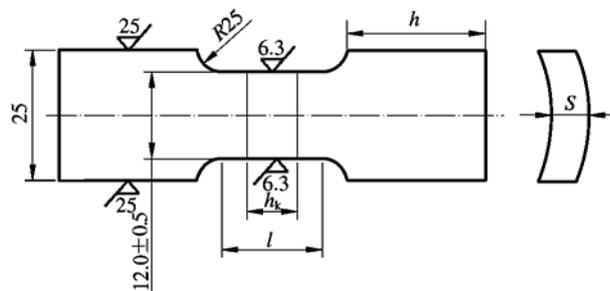
$h$  — 夹持部分长度, 根据试验机夹具而定, mm

图 3 紧凑型板接头带肩板形拉伸试样



注: 为取得图中宽度为 20mm 的平行平面, 壁厚方向上的加工量应最少。

图 4 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 I



$l$  — 受拉伸平行侧面长度, 等于或大于  $h_k + 2S$ , mm

图 5 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II

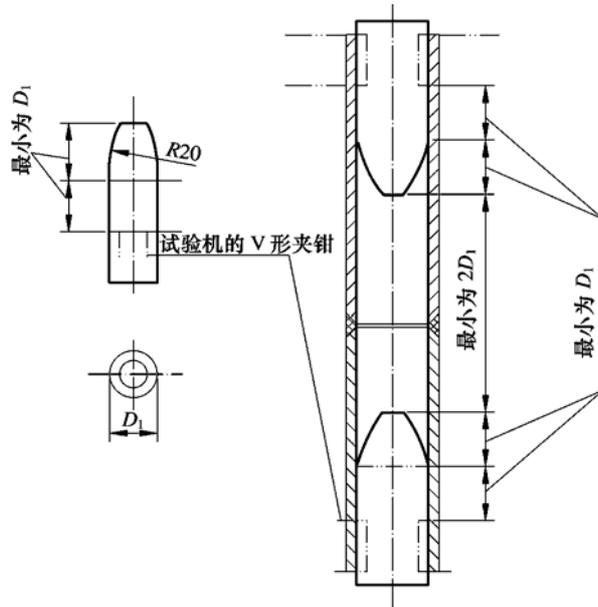


图 6 管接头全截面拉伸试样

### 6.1.3 试验方法

拉伸试验按 GB/T 228 规定的试验方法测定焊接接头的抗拉强度。

### 6.1.4 合格指标

- 试样母材为同一材料代号时，每个（片）试样的抗拉强度应不低于母材标准规定值的下限值。
- 试样母材为两种材料代号时，每个（片）试样的抗拉强度应不低于两种材料代号标准规定值下限的较低值。
- 覆层厚度参与复合板的设计强度计算的试样，每个（片）试样抗拉强度 $\sigma_b$ 应满足：

$$\sigma_b \geq \frac{\sigma_{b1}t_1 + \sigma_{b2}t_2}{t_1 + t_2}$$

式中：

$\sigma_{b1}$ ——覆材抗拉强度标准下限值，MPa；

$\sigma_{b2}$ ——基材抗拉强度标准下限值，MPa；

$t_1$ ——覆层厚度；

$t_2$ ——基层厚度。

- 若规定使用室温强度低于母材的焊缝金属，则每个（片）试样的抗拉强度应不低于焊缝金属标准规定值的下限值。
- 上述试样如果断在焊缝或熔合线以外的母材上，其最低值不得低于母材标准规定值下限的 95%，可认为试验满足要求。

## 6.2 弯曲试验

6.2.1 试验要求：弯曲试样的受拉面应包括每一种焊接方法（或焊接工艺）的焊缝金属和热影响区。

### 6.2.2 试样形式和加工

- 试样的焊缝余高应采用冷加工法去除，面弯、背弯试样的拉伸表面应齐平，试样受拉伸表面

不得有划痕和损伤。

b) 面弯和背弯试样见图 7 和表 2。

1) 属于表 2 中序号为 1 的母材类别：

当  $T > 3\text{mm}$  时，取  $S = 3\text{mm}$ ，从试样受压面去除多余厚度；

当  $T \leq 3\text{mm}$  时， $S$  尽量接近  $T$ 。

2) 属于表 2 中序号为 2、3、4、5 的母材类别：

当  $T > 10\text{mm}$  时，取  $S = 10\text{mm}$ ，从试样受压面去除多余厚度；

当  $T \leq 10\text{mm}$  时， $S$  尽量接近  $T$ 。

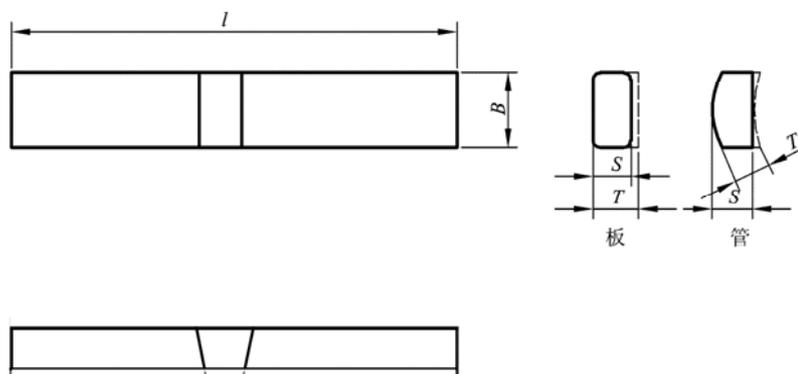
c) 横向侧弯试样见图 8。

当试件厚度  $T$  为  $10\text{mm} \sim 38\text{mm}$  时，试样宽度  $B$  接近或等于试件厚度。

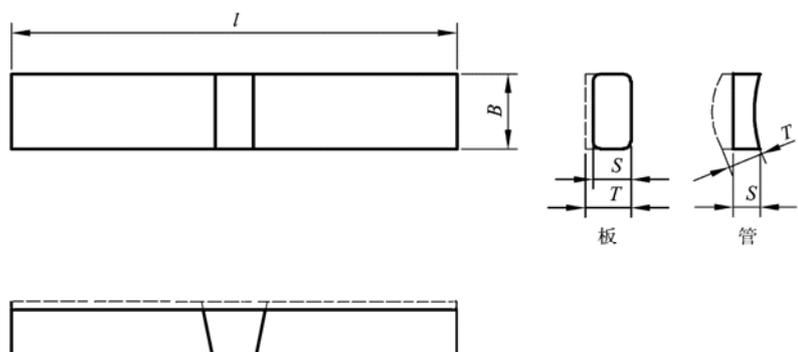
当试件厚度  $T$  大于  $38\text{mm}$  时，允许沿试件厚度方向分层切成宽度为  $20\text{mm} \sim 38\text{mm}$  等宽的两片或多片试样的试验代替一个全厚度侧弯试样的试验。

表 2 弯曲试验规定

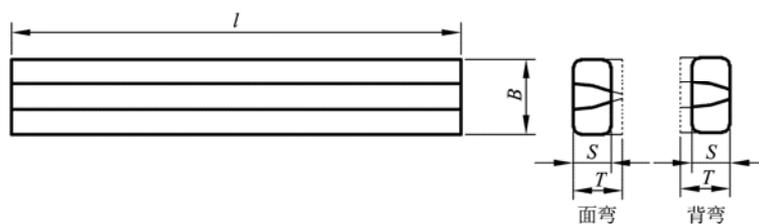
序号	焊缝两侧的母材类别	试样厚度 $S$ mm	弯心直径 $D$ mm	支承辊之间距离 mm	弯曲角度 ( $^{\circ}$ )
1	(1) Al-3 与 Al-1、Al-2、Al-3、Al-5 相焊	3	50	58	180
	(2) Al-1、Al-2、Al-3、Al-5 各自焊接或相互焊接时，用铝硅焊丝 (SAISi-1, SAISi-2)	$< 3$	$16S$	$18S+1.5$	
2	Al-5 与 Al-1、Al-2、Al-5 相焊	10	66	89	
		$< 10$	$6.6S$	$8.6S+3$	
3	Ti-1	10	80	103	
		$< 10$	$8S$	$10S+3$	
4	Ti-2	10	100	123	
		$< 10$	$10S$	$12S+3$	
5	除以上所列类别母材外，伸长率标准规定值下限 $\geq 20\%$ 的母材类别	10	40	63	
		$< 10$	$4S$	$6S+3$	
注：表内的母材类别按 JB 4708 规定。					



a) 板状和管状试件的面弯试样



b) 板状和管状试件的背弯试样



c) 纵向面弯和背弯试样

注 1: 试样长度  $l \approx D + 2.5S + 100$ , mm。

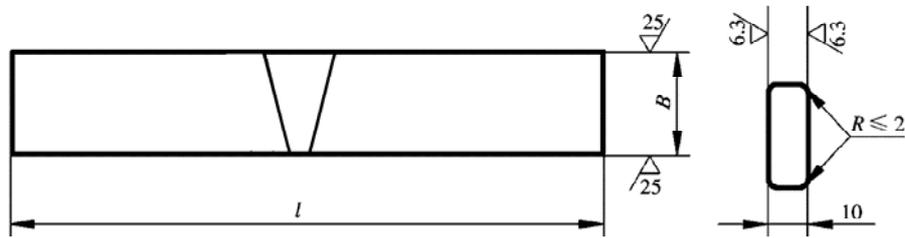
注 2: 板状及外径  $\phi > 100$ mm 管状试件, 试样宽度  $B = 38$ mm; 当管状试件外径  $\phi$  为 50mm~100mm 时, 则

$B = (S + \frac{\phi}{20})$  mm, 且  $10 \text{ mm} \leq B \leq 38 \text{ mm}$ ;  $25 \text{ mm} < \phi < 50 \text{ mm}$  时, 则  $B = (S + \frac{\phi}{20})$  mm, 且最小为 10 mm;

或  $\phi \leq 25 \text{ mm}$ , 则将试件在圆周方向上四等分取样。

注 3: 试样拉伸面棱角  $R \leq 2 \text{ mm}$ 。

图 7 面弯和背弯试样



注 1:  $B$ ——试样宽度 (此时为试件厚度方向), mm。

注 2:  $l=D+105$ , 最小为 150mm。

图 8 横向侧弯试样

### 6.2.3 试验方法

- 弯曲试验按 GB 2653 和表 2 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性。
- 试样的焊缝中心应对准弯心轴线。侧弯试验时, 若试样表面存在缺陷, 则以缺陷较严重一侧作为拉伸面。
- 弯曲角度应以试样承受载荷时测量为准。
- 除表 2 所列的母材外, 当伸长率  $\delta$  标准规定值下限小于 20% 时, 若按表 2 规定的弯曲试验

不合格, 而其实测值小于 20%, 则允许加大弯心直径重新进行试验, 此时弯心直径  $D$  等于

$$\frac{S(200-\delta)}{2\delta} \quad (\delta \text{ 为伸长率的规定值下限}), \text{ 支承辊之间距离等于弯心直径加上 } (2S+1.5) \text{ mm}。$$

- 横向试样弯曲试验时, 焊缝金属和热影响区应完全位于试样的弯曲部分内。

### 6.2.4 合格指标

试样弯曲到规定的角度后, 其拉伸面上沿任何方向不得有单条长度大于 3mm 的开口缺陷, 试样的棱角开口缺陷一般不计, 但由夹渣或其他焊接缺陷引起的棱角开口缺陷长度应计入。

若采用两片或多片试样时, 每片试样都应符合上述要求。

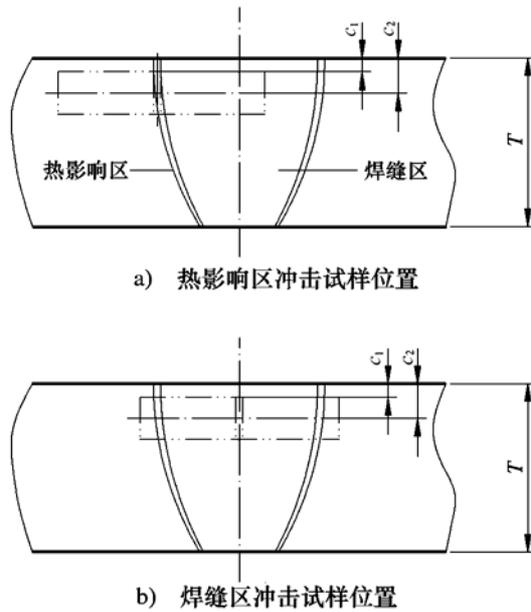
对轧制法、爆炸轧制法、爆炸法生产的复合金属, 侧弯试样复合界面未结合缺陷引起的分层、裂纹, 允许重新取样试验。

## 6.3 冲击试验

6.3.1 对每一种焊接方法 (或焊接工艺) 的焊缝区和热影响区都要经受夏比 V 型缺口冲击试验。

### 6.3.2 试样

- 试样取向: 试样纵轴应垂直于焊缝轴线, 夏比 V 型缺口轴线垂直于母材表面。
- 取样位置: 在试件厚度上的取样位置见图 9。



注 1:  $T \leq 40\text{mm}$  (调质高强度钢  $T \leq 25\text{mm}$ ) 时,  $c_1 \approx 0.5\text{mm} \sim 2\text{mm}$ ; 当  $T > 40\text{mm}$  (调质高强度钢  $T > 25\text{mm}$ ) 时,  $c_2 = T/4$ 。  
 注 2: 双面焊时,  $c_2$  从焊缝背面的材料表面测量。

图 9 冲击试样位置图

c) 缺口位置: 焊缝区试样的缺口轴线应位于焊缝中心线上。

热影响区试样的缺口轴线至试样轴线与熔合线交点的距离大于零, 且应尽可能多的通过热影响区。

6.3.3 试样形式、尺寸和试验方法应符合 GB/T 229 的规定, 根据本标准 and 图样要求进行常温或低温冲击试验。

6.3.4 标准试样合格指标

- a) 冲击试验温度: 低于或等于最低设计温度。
- b) 钢制试样常温冲击试验合格指标: 每个区 3 个试样为一组的冲击吸收功平均值应符合图样或相关技术文件规定, 且不得小于 27J, 至多允许有一个试样的冲击吸收功低于规定值, 但不低于规定值的 70%。
- c) 钢制试样低温冲击试验合格指标: 每个区 3 个试样为一组的冲击吸收功平均值不低于表 3 中的规定值, 至多允许有一个试样的冲击吸收功低于规定值, 但不低于规定值的 70%, 铬镍奥氏体钢试样还应提供侧向膨胀量。

表 3

材料类别	抗拉强度标准规定值下限 MPa	冲击吸收功平均值 J
碳钢和低合金钢	$\leq 450$	18
	$> 450 \sim 515$	20
	$> 515 \sim 650$	27
铬镍奥氏体钢		31

d) 含镁量超过 3% 的铝镁合金冲击试验合格指标: 每个区 3 个试样为一组的冲击吸收功平均值应

符合图样或相关技术文件规定，且不得小于 20J，至多允许有一个试样的冲击吸收功低于规定值，但不低于规定值的 70%。

## 7 复验

7.1 力学性能检验有某项目不合格时，允许从原试件上对不合格项目取样复验。

7.1.1 复验项目分为：拉伸试验、面弯试验、背弯试验、侧弯试验、焊缝区冲击试验和热影响区冲击试验。

7.1.2 拉伸试验和弯曲试验的复验试样数量为原数量的双倍。

7.1.3 冲击试验的复验试样数量为一组 3 个。

7.2 复验试样的切取位置、试样制备、检验方法、拉伸试验和弯曲试验的合格指标仍按本标准的规定。复验试样全都合格，才认为复验合格。否则该项目判为不合格。

冲击试样的合格指标为，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%的只允许有一个。

## 附录 A

### (规范性附录)

#### 钢制焊接气瓶产品焊接试件力学性能检验

##### A.1 总则

A.1.1 本附录规定了气瓶产品试件的母材和焊接接头力学性能检验的试件准备、试样制备、检验方法和合格指标。

A.1.2 气瓶产品试件焊接接头的力学性能检验除遵守本附录外，还应遵守标准正文中的规定。

##### A.2 试件准备

A.2.1 试件形式分为瓶体试件和板状试件。

A.2.2 板状试件用钢板应和受试气瓶同一炉批号，与受试气瓶的纵向接头同时焊成。

##### A.3 试件力学性能检验类别和取样

###### A.3.1 力学性能检验类别和数量

A.3.1.1 瓶体试件和板状试件力学性能检验类别和数量见标准正文 5.1 条表 1 的规定。

当瓶体试件的环向接头与纵向接头的焊接工艺不同时，环向接头也要进行力学性能检验。

###### A.3.1.2 瓶体试件的母材拉伸试验

A.3.1.2.1 只有一道环焊缝的气瓶取母材拉伸试样一个。

A.3.1.2.2 有二道环焊缝的气瓶取母材拉伸试样二个。

###### A.3.2 试样位置

A.3.2.1 瓶体试件环向接头取样位置与标准正文 5.2.2 条管状试件相同。

A.3.2.2 瓶体试件纵向接头和板状试件取样位置与标准正文 5.2.1 条板状试件相同。

A.3.2.3 瓶体试件母材拉伸试样位置。

A.3.2.3.1 只有一道环焊缝的瓶体，从圆柱形筒体部份沿纵向取一个试样，当筒体部分长度不够时，则从封头凸形部分取一个试样，详见图 A.1。

A.3.2.3.2 有二道环焊缝的瓶体，从圆柱形筒体部分离纵焊缝 180° 沿纵向取一个试样，再从封头凸形部分取一个试样，详见图 A.2。

A.3.2.4 母材拉力试样的制备和试验应分别符合 GB 6397 和 GB 228 的规定。

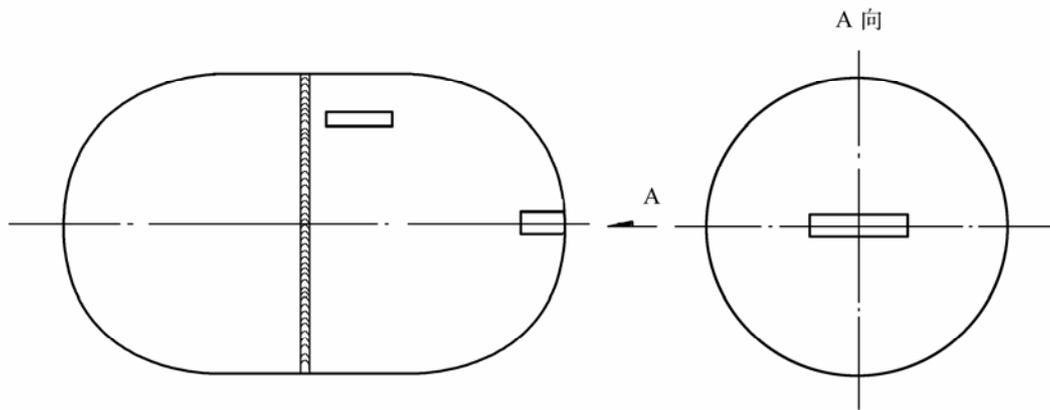


图 A.1 只有一道环焊缝的瓶体母材试件位置图

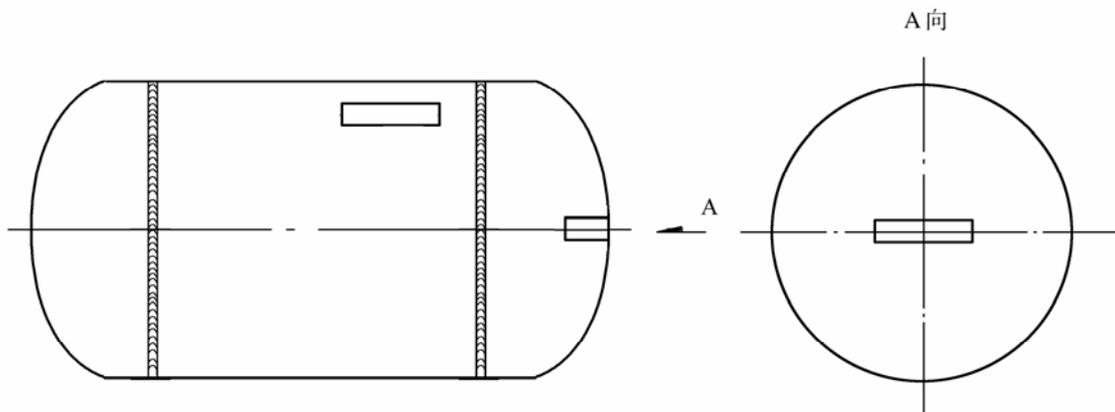


图 A.2 二道环焊缝的瓶体母材试件位置图

## A.4 检验方法与合格指标

A.4.1 用作瓶体试件的气瓶应经射线照相和逐只检验合格。

板状试件应经外观检验和 100%射线照相，结果应符合气瓶相关技术条件规定。

## A.4.2 拉伸试验

## A.4.2.1 瓶体试件母体拉伸试验

A.4.2.1.1 试验方法：按 GB 6397 和 GB 228 的规定。

## A.4.2.1.2 合格指标

- a) 抗拉强度实测值 $R_m$ 不得小于母材标准规定值的下限。
- b) 伸长率 A 不小于表 A.1 的规定。

表 A.1 瓶体试件母体拉伸试验合格指标

瓶体名义壁厚 $S_n$ mm	实测抗拉强度 $R_m$	
	$\leq 490$ MPa	$> 490$ MPa
	A, %	
$< 3$	22	15
$\geq 3$	29	20

## A.4.2.2 焊接接头力学性能试验

- a) 拉伸试验按标准正文 6.1 条的规定。
- b) 弯曲试验按标准正文 6.2 条的规定。
- c) 冲击试验除合格指标外，按标准正文 6.3 条的规定。

表 A.2 钢制焊接气瓶产品焊接试件冲击试验合格指标

瓶体名义壁厚 $S_n$ , mm	试样规格, mm	试验温度, °C	冲击吸收功 $A_{kv}$ , ≥, J
6~10	5 × 10 × 55	常温	15
		-40	14
10	10 × 10 × 55	常温	27
		-40	20

合格指标按表 A.2 的规定。当气瓶在-20℃以下的环境温度使用时，若在使用温度下，按气瓶内压力计算的一次拉伸薄膜应力大于常温下材料标准屈服点的 1/6，则应做-40℃夏比 V 型缺口冲击试验。