



中华人民共和国国家标准

GB/T 33209—2016

焊接气瓶焊接工艺评定

Welding procedure qualification for welded gas cylinders

2016-12-13 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总则	2
5 钢材的分组	3
6 评定规则	3
7 试件的制备	4
8 评定试验项目、试验要求和结果评价.....	5
附录 A (资料性附录) 焊接工艺评定表格推荐格式	20
附录 B (资料性附录) 焊接工艺评定常用英文缩写及代号	24
附录 C (资料性附录) 焊缝位置	25
参考文献	26

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本标准负责起草单位:宁波明欣化工机械有限责任公司、上海容华高压容器有限公司、浙江巨化装备制造有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、北京天海工业有限公司。

本标准主要起草人:裘维平、游卓华、周贵柒、徐维普、张红亮。

焊接气瓶焊接工艺评定

1 范围

本标准规定了焊接气瓶焊接工艺评定的基本要求。

本标准适用于碳素钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢及奥氏体-铁素体不锈钢质焊接气瓶的焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊及等离子弧焊等焊接方法的焊接工艺评定。

本标准不适用于工业用非重复充装焊接钢瓶的焊接工艺评定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法

GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 13005 气瓶术语

GB/T 17925 气瓶对接焊缝 X 射线数字成像检测

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分:射线检测

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 13005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焊接工艺评定 **welding procedure qualification**

为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评价。

3.2

预焊接工艺规程 **preliminary welding procedure specification**

pWPS

为进行焊接工艺评定所拟定的焊接工艺文件。

3.3

焊接工艺评定报告 **welding procedure qualification record**

PQR

记载验证性试验及其检验结果,对拟定的预焊接工艺规程进行评价的报告。

3.4

焊接工艺规程 **welding procedure specification**

WPS

根据合格的焊接工艺评定报告编制的,用于产品施焊的焊接工艺文件。

GB/T 33209—2016

3.5

焊件 weldment

用焊接方法连接的焊接气瓶或其零部件,焊件包括母材和焊接接头两部分。

3.6

试件 test coupon

按照预定的焊接工艺制成的用于试验的焊件(或试样瓶)。

3.7

试样 test specimen

从试件(或试样瓶)上按规定切取的供试验用的样品。

3.8

焊后热处理 post weld heat treatment

PWHT

能改变焊接接头的组织和性能或焊接残余应力的热过程。

3.9

上转变温度 upper transformation temperature

加热期间完成奥氏体转变的相变温度。

3.10

面弯 face bend

试样受拉面为焊缝正面的弯曲。具有较大焊缝宽度的面为正面,当两面焊缝宽度相等则先完成盖面层焊缝一侧为正面。

3.11

背弯 root bend

试样受拉面为焊缝背面的弯曲。

3.12

侧弯 side bend

试样受拉面为焊缝横截面的弯曲。

3.13

替代圆形压头弯曲试验 alternate former-bend test

用专用的弯曲装置进行的搭接或锁底焊接接头的弯曲试验。

3.14

缺欠 imperfection

在焊接接头与母材中,无损检测标准允许存在的不连续部位。

4 总则

4.1 焊接气瓶施焊前,气瓶上的纵、环焊缝,凸面承压封头与筒体连接的焊缝,塞座、阀座等与钢瓶主体焊接的承压双面角焊缝、角接组合焊缝及底座、护罩等与钢瓶主体焊接的非承压角焊缝、熔入上述焊缝的定位焊缝以及上述焊缝的返修焊接工艺都应得到评定。

4.2 公称容积小于或等于 150 L 的焊接气瓶的焊接工艺评定试件采用试样瓶,公称容积大于 150 L 的焊接气瓶的焊接工艺评定可采用试件进行。

4.3 焊接工艺评定应在本单位进行。所用母材与焊接材料应符合相应标准的要求,设备、仪表应处于正常工作状态,由本单位操作技能熟练的焊接人员在相应的焊接气瓶生产线上焊接试件(或试样瓶)。

4.4 焊接工艺评定报告应经气瓶制造单位焊接责任工程师审核,技术负责人批准,经监检人员签字确

认后存入技术档案。

4.5 焊接工艺评定记录、报告(参见附录 A,表格填写中常用英文缩写及代号参见附录 B)等技术档案及焊接工艺评定试样应当保存至该工艺评定失效为止。

4.6 本标准未包括的焊接方法的焊接工艺评定应按相应产品标准的要求,参照本标准的评定规则进行评定。

5 钢材的分组

根据钢材的化学成分和焊接性将焊接气瓶用母材进行分组见表 1。表 1 未列入,但规范和标准准许使用的钢材可按照其化学成分和焊接性归入相应的组别。

表 1 材料的分组

分组	合金组分	化学成分(质量分数)/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	其他元素
I	碳素钢	≤0.20	≤0.45	<1.00	≤0.025	≤0.015	≤0.030	≤0.030	≤0.030	Cu≤0.020; Als≥0.015 或 Alt≥0.020
II	碳-锰钢	≤0.20	≤0.55	1.00 ~1.60	≤0.025	≤0.015	≤0.030	≤0.030	≤0.030	Alt≥0.020; 如钢中加入 Nb、Ti、V 等微量元素,Alt 含量的下限不适用
IV	奥氏体不锈钢	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.020	16.00 ~20.00	8.00 ~14.00	2.00 ~3.00 ^a	Ti≥5C ^a
V	铁素体不锈钢	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.020	11.50 ~14.50	0.60	—	Al:0.10~0.30
VI	奥氏体-铁素体不锈钢	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	18.00 ~23.00	4.50 ~6.50	2.50 ~3.50	N:0.05~0.20

^a 表中 Mo、Ti 的质量分数值系对含 Mo 奥氏体不锈钢及含 Ti 奥氏体不锈钢的要求。

6 评定规则

6.1 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺,适用于气瓶的对接焊缝、角焊缝及其定位焊缝;管(阀座、凸缘等)板组合焊缝试件评定合格的焊接工艺,适用于气瓶的管(阀座、凸缘等)板组合焊缝和角焊缝及其定位焊缝。

6.2 当同一条焊缝使用多种焊接方法或焊接工艺(符合 6.4 中任一条时,即作为不同的焊接方法或不同的焊接工艺)焊接时,可按每种焊接方法或焊接工艺分别进行评定,亦可使用多个焊接方法或焊接工艺进行组合评定,组合评定合格的焊接工艺不适用于单一焊接方法或焊接工艺的焊接。

6.3 气瓶的纵焊缝与环焊缝应分别进行评定。在评定环焊缝焊接工艺时,小直径试样瓶或试件的环缝评定也适用于相同焊接接头型式较大直径气瓶环缝的评定。

6.4 符合下列情况之一时应重新进行焊接工艺评定:

- a) 改变母材的组别;

GB/T 33209—2016

- b) 改变填充金属型号或增加或取消填充金属；
- c) 改变焊剂型号或改变混合焊剂的混合比；
- d) 改变焊接方法；
- e) 改变焊接位置(焊接位置见附录 C)；
- f) 预热温度比评定合格值降低 30 ℃或更多；
- g) 改变焊后热处理种类、热处理规范(其中,热处理温度变化范围不超过±20 ℃)；
- h) 取消或增加垫板；
- i) 每侧多道焊改为单道焊；
- j) 单弧焊改为多弧焊,或反之；
- k) 改变保护气体种类或混合保护气体中任一组分变化大于或等于 15.0%；
- l) 改变电源类别或极性；
- m) 有冲击韧性要求时,焊接使用的热输入超过评定合格值(当经高于上转变温度的焊后热处理或奥氏体母材焊后经固溶处理时除外)；
- n) 改变焊接生产线焊接规范参数的控制方式或减少参数控制。

6.5 试件厚度与焊件厚度应满足以下规定：

6.5.1 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于焊件厚度的有效范围按表 2 的规定。

表 2 对接焊缝试件厚度与焊件厚度的规定

单位为毫米

试件厚度(T^a)	适用于焊件母材厚度的有效范围		适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围
	单道焊	多道焊	
$T < 6$	T		$\leq t^b$
$6 \leq T \leq 12$	$0.8T \sim 1.5T$, 且 $\geq 6, \leq 12$	$0.8T \sim 1.5T$, 且 ≥ 6	$\leq 1.5t^b$
$T > 12$	$0.5T \sim 1.1T$	$0.8T \sim 1.5T^c$	$\leq 1.5t^b$

^a T 取试件的名义厚度, $T < 6$ mm 时, 每种壁厚均需进行焊接工艺评定。
^b t 为试件焊缝金属厚度。
^c 试件中任一焊道的厚度大于 13 mm 时, 则适用于焊件最大厚度为 1.1 T 。

6.5.2 管(阀座、凸缘等)板组合焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于焊件厚度的有效范围按表 2 的规定, 试件的厚度按钢瓶主体材料厚度。

6.5.3 非承压角焊缝试件评定合格的焊接工艺用于非承压角焊缝时, 焊件母材厚度的有效范围不限。

6.5.4 对接焊缝试件或管(阀座、凸缘等)板组合焊缝试件评定合格的焊接工艺用于承压角焊缝时, 焊件的厚度有效范围按 6.5.1 或 6.5.2 的规定; 用于非承压角焊缝时, 焊件母材厚度的有效范围不限。

7 试件的制备

7.1 试件的母材、焊接材料、坡口型式和试件的焊接应符合预焊接工艺规程的要求。

7.2 焊接工艺评定采用试样瓶进行时, 宜为相同壁厚气瓶中的直径最小者。

7.3 焊接工艺评定采用试件进行时, 纵缝的评定采用平板对接焊缝试件; 环缝的评定采用模拟圆筒形板状对接焊缝试件, 试件的直径宜为相同壁厚气瓶中的最小者; 对于公称直径大于 600 mm 的气瓶, 其环缝的评定允许采用平板试件替代模拟圆筒形试件。

7.4 角焊缝的评定应采用板状角焊缝试件, 管(阀座、凸缘等)板组合焊缝的评定应采用管(阀座、凸缘等)板组合焊缝试件。公称容积大于 150 L 时, 允许用平板代替封头制备试件。

7.5 试件的尺寸应满足制备试样的要求。

8 评定试验项目、试验要求和结果评价

8.1 评定项目

8.1.1 评定项目如下：

- a) 对接焊缝试件试验项目：外观检查、无损检测、力学性能试验、弯曲性能试验和压扁（要求时）；
- b) 环向搭接接头角焊缝试件试验项目：外观检查、替代圆形压头弯曲背弯、低倍金相和压扁（要求时）；
- c) 承压双面角焊缝、角接组合焊缝试件试验项目：外观检查、低倍金相试验和硬度试验；
- d) 非承压角焊缝试件试验项目：外观检查、低倍金相试验。

8.1.2 工艺评定试验项目详见表 3。

表 3 工艺评定试验项目和取样数量

接头形式	试验项目	试验目的	试样数量	试验准备方法及试验结果要求
纵、环向对接焊缝 ^a	横向拉伸	强度	2	见 8.2.4
	横向面弯	塑性和完好性	2	见 8.2.5
	横向背弯 ^b	塑性和完好性	2	见 8.2.5
	横向侧弯 ^c	塑性和完好性	4	见 8.2.5
	冲击 ^d	韧性	W:3 H:3	见 8.2.6
	压扁 ^e	塑性和完好性	2	见 8.2.7
环向搭接接头角焊缝	替代圆形压头弯曲背弯	塑性和完好性	2	见 8.2.5
	低倍金相	熔合充分性和完好性	2	见 8.2.8
	压扁 ^e	塑性和完好性	2	见 8.2.7
承压双面角焊缝、角接组合焊缝（凸缘、阀座等与封头、筒体连接的承压组合焊缝）	低倍金相	熔合充分性和完好性	2	见 8.2.8
	硬度 ^f	淬硬性	1	见 8.2.9
非承压角焊缝（护罩、底座等与封头、筒体连接的非承压角焊缝、搭接焊缝）	低倍金相	熔合充分性和完好性	2	见 8.2.8

^a 纵缝与环缝应分别按以上规定的试验项目和数量取样进行试验。

^b 锁底接头的背弯试验允许采用本标准规定的替代圆形压头弯曲试验。

^c 可用 4 个侧弯试样代替 2 个面弯和 2 个背弯试样；当同一条焊缝使用多种焊接方法或工艺进行组合评定，且试件厚度 ≥ 10 mm 时，应采用侧弯。

^d 下列情况之一应进行焊缝(W)、热影响区(H)冲击试验：

——钢瓶主体材料为 I、II、V、VI 组，其名义壁厚 $S_n \geq 6$ mm 时；

——钢瓶主体材料为 IV 组，且采用低温成形工艺时；

——焊接绝热气瓶内胆应进行低温冲击试验；当内胆名义壁厚 $S_n < 3$ mm 时，应采用 3 mm 的试板进行；

——组合评定时，每一种焊接方法（或焊接工艺）的焊缝和热影响区。

^e 压扁试验仅限于规范、标准和设计文件有要求时。

^f IV 组（经低温成形工艺除外）和 VI 组材料制钢瓶可不进行承压角接接头组合焊缝的硬度试验。其他组别材料制钢瓶的瓶壁名义厚度 < 2 mm 时，承压双面角焊缝、角接组合焊缝的硬度试验，瓶壁部位可不进行试验。产品标准或设计文件有规定时，可按产品标准或设计文件的要求作硬度试验。

GB/T 33209—2016

8.2 试验要求和结果评价

8.2.1 外观检查

试件焊接接头表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔、咬边、弧坑、未填满等缺陷，焊缝的尺寸应符合图样及相应产品标准的要求。

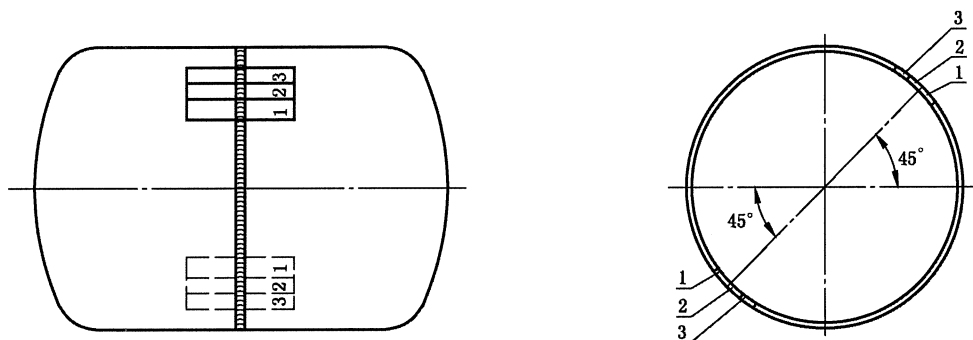
8.2.2 无损检测

厚度大于或等于 2 mm 的对接接头试件应经 100% 射线检测，射线检测按 NB/T 47013.2、GB/T 17925，技术等级不应低于 AB 级，合格级别不应低于 NB/T 47013.2 的 II 级。

8.2.3 力学性能和弯曲性能试验

力学性能和弯曲性能试验的取样要求如下：

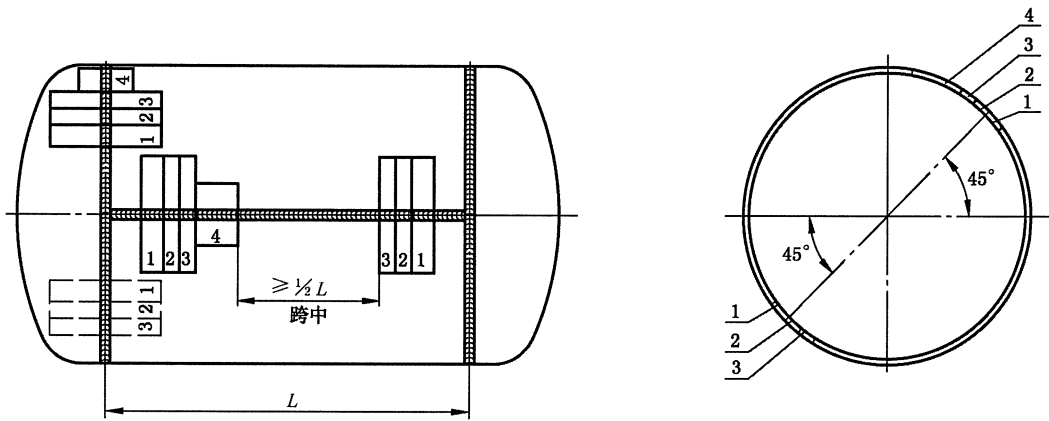
- 在试样瓶上取样时，环缝的每组试样应在相距 180° 的位置上截取；纵缝的每组试样应在相距不少于焊缝长度 50% 的部位截取（见图 1、图 2 和图 3）；
- 在试件上取样时，模拟圆筒形板状试件的每组试样应参照图 2 截取；纵缝试件及采用平板试件替代模拟圆筒形试件的每组试样应按图 4 截取；
- 取样时，一般采用冷加工方法，当采用热加工方法取样时，则应去除热影响区；
- 允许避开焊接缺欠制取试样。



说明：

- 1——拉伸试样；
- 2——面弯试样；
- 3——背弯试样。

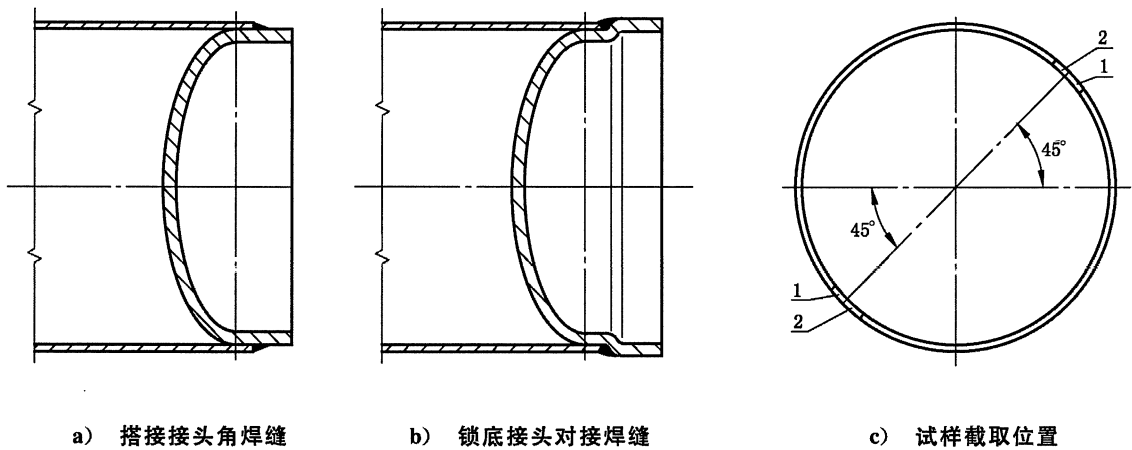
图 1 两部分组成的气瓶上试样位置图



说明：

- 1——拉伸试样；
- 2——面弯试样；
- 3——背弯试样；
- 4——冲击试样。

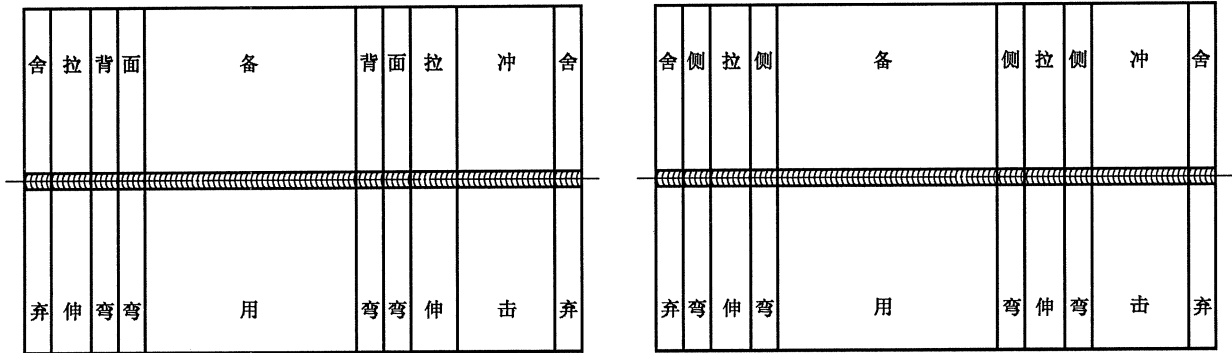
图 2 三部分组成的气瓶上试样位置图



说明：

- 1——替代圆形压头背弯试样；
- 2——低倍金相试样。

图 3 封头凸面承压的气瓶上试样位置图



注：舍弃部分宽度至少为 25 mm，两端带引(熄)弧板时，可不舍弃。

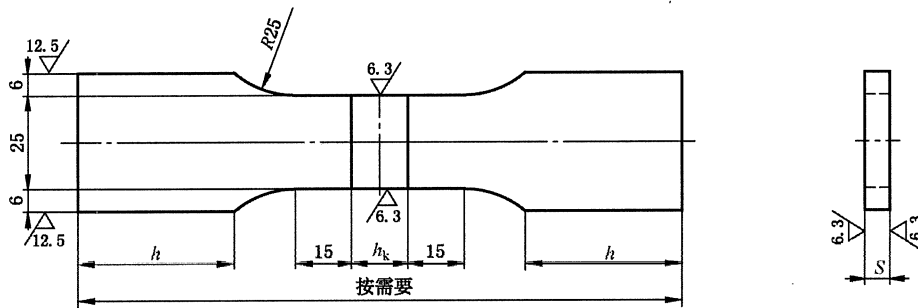
图 4 板状对接焊缝上试样位置图

8.2.4 拉伸试验

8.2.4.1 试样加工要求

试样在加工前允许采用机械方法缓慢施力进行校平，不得采用锤击。试样的焊缝余高应以机械方法去除，使之与母材齐平，尺寸及加工质量应符合图 5 的要求。

单位为毫米



说明：

S —— 试样厚度；

h_k —— 焊缝的最大宽度；

h —— 夹持部分长度，根据试验机夹具而定；对于夹持部分长度不够的小气瓶，允许在试样的夹持端焊接加长。

图 5 拉伸试样

8.2.4.2 试验方法

拉伸试验按 GB/T 228.1 规定的试验方法测定焊接接头的抗拉强度。

8.2.4.3 合格指标

每个试样的抗拉强度应不低于气瓶设计文件规定的瓶体材料抗拉强度保证值。

8.2.5 弯曲试验

8.2.5.1 试样加工要求

8.2.5.1.1 对接接头弯曲试样

试样的焊缝余高应采用机械方法去除，面弯、背弯试样的拉伸表面应加工齐平，尺寸及加工质量应

符合图 6 和图 7 的要求,试样受拉伸表面不得有划痕和损伤。

8.2.5.1.2 锁底接头弯曲试样

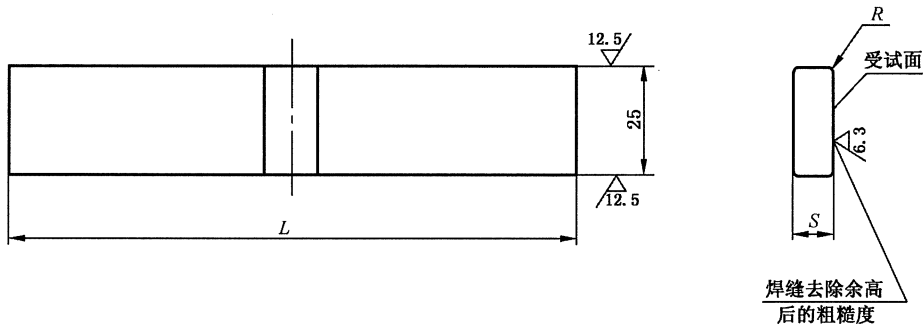
8.2.5.1.2.1 当按 GB/T 2653 的圆形压头弯曲试验方法进行弯曲试验时,锁底接头弯曲试样应去除锁底部分,其余按图 6 的要求。

8.2.5.1.2.2 当采用替代圆形压头弯曲试验方法进行背弯试验时,应去除焊缝余高,试样的加工要求按图 8 中 a)或 b)的要求,试样长度应保证试样能弯曲至 180°。

8.2.5.1.3 搭接接头替代圆形压头弯曲试样

试样的正面和背面表面均不加工,尺寸及加工质量应符合图 9 中 a)或 b)的要求,试样长度应保证试样能弯曲至 180°。

单位为毫米



说明:

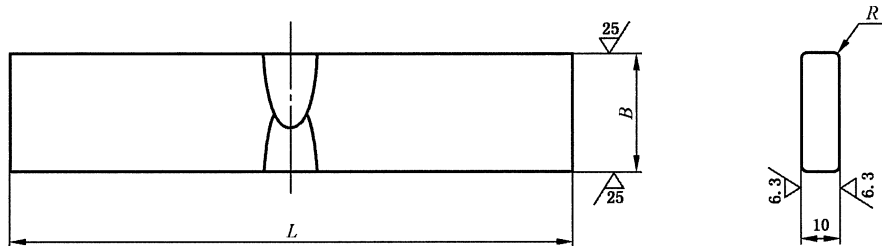
S——试样厚度(试件厚度);

L——试样长度,最小为 150 mm,或按需要;

R——试样拉伸面棱角,不超过 0.2 T,最大为 2 mm。

图 6 横向面、背弯试样

单位为毫米



说明:

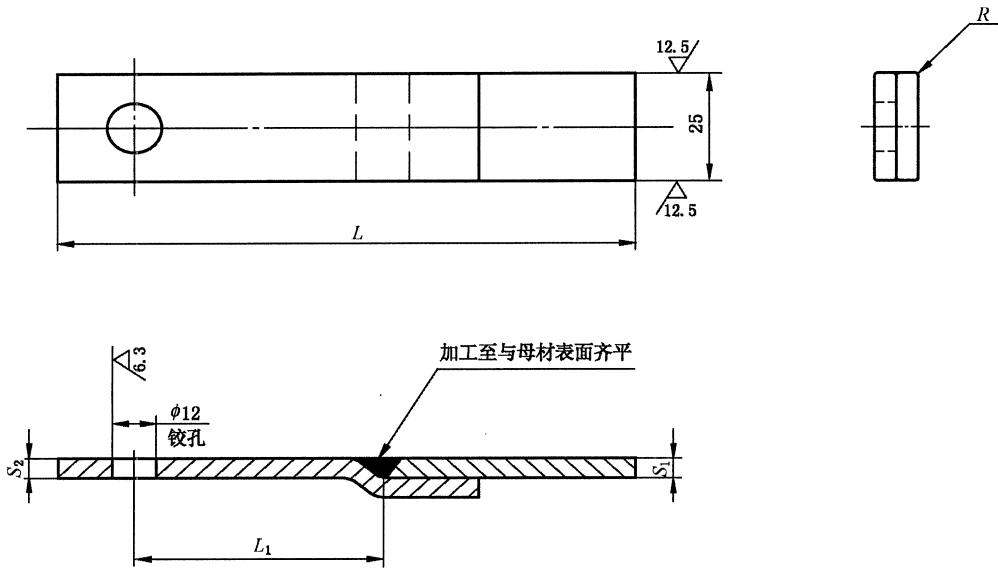
B——试样宽度(此时为试件厚度 T);

L——试样长度,最小为 150 mm,或按需要;

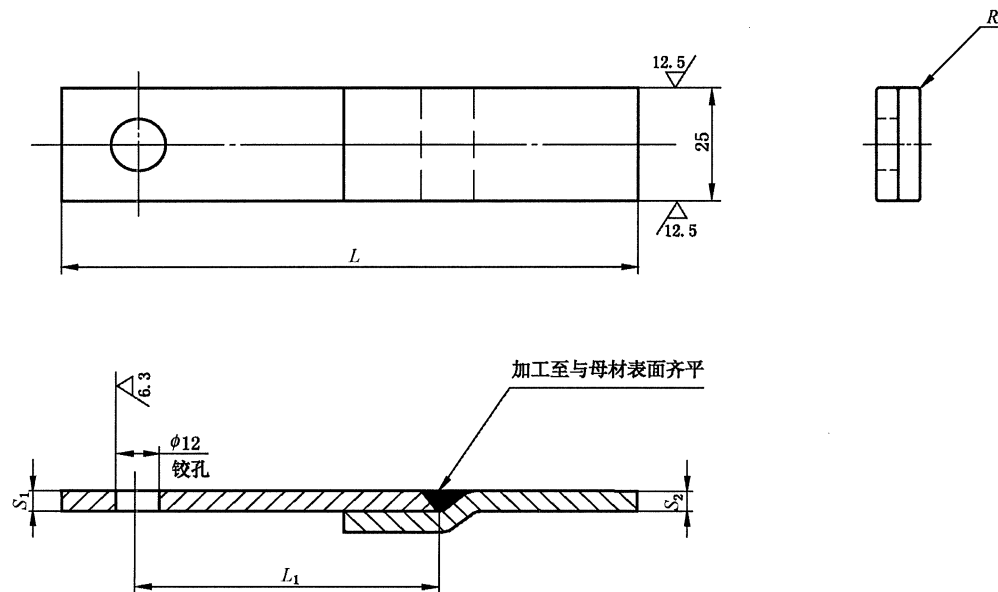
R——试样拉伸面棱角,不超过 0.2 T,最大为 2 mm。

图 7 横向侧弯试样

单位为毫米



a) 以封头母材为定位端的锁底接头替代圆形压头弯曲试样



b) 以筒体母材为定位端的锁底接头替代圆形压头弯曲试样

说明:

S_1 ——试样筒体一侧厚度(试件筒体部分壁厚);

S_2 ——试样封头一侧厚度(试件封头部分壁厚);

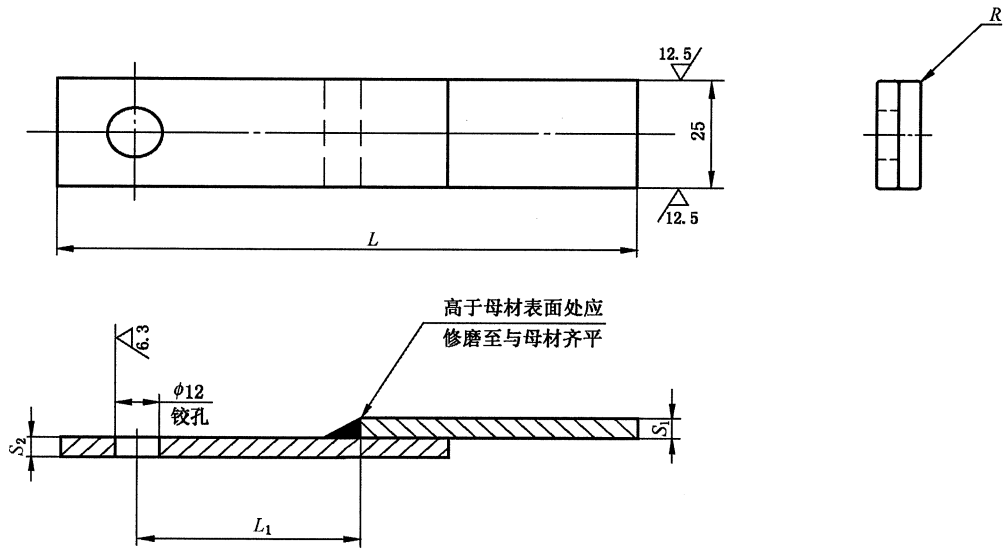
L_1 ——根据试样的厚度、弯心轴直径及替代圆形压头弯曲试验装置确定;

L ——根据 L_1 、弯心轴直径及替代圆形压头弯曲试验装置确定;

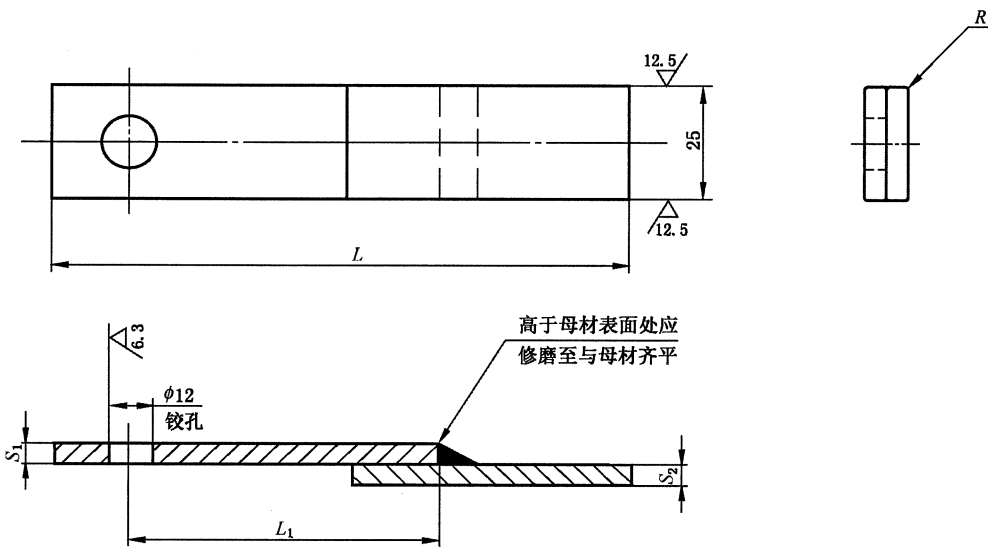
R ——试样拉伸面棱角,最大为 2 mm。

图 8 锁底接头替代圆形压头弯曲试样

单位为毫米



a) 以封头母材为定位端的搭接接头替代圆形压头弯曲试样



b) 以筒体母材为定位端的搭接接头替代圆形压头弯曲试样

说明:

S_1 ——试样筒体一侧厚度(试件筒体部分壁厚),单位为 mm;

S_2 ——试样封头一侧厚度(试件封头部分壁厚),单位为 mm;

L_1 ——根据试样的厚度、弯心轴直径及替代圆形压头弯曲试验装置确定;

L ——根据 L_1 、弯心轴直径及替代圆形压头弯曲试验装置确定;

R ——试样拉伸面棱角,单位为 mm;最大为 2 mm。

图 9 搭接接头替代圆形压头弯曲试样

8.2.5.2 试验方法

8.2.5.2.1 对接接头弯曲试验

对接接头弯曲试验应按以下要求进行：

- a) 采用圆形压头弯曲试验方法,按 GB/T 2653 的规定进行；
- b) 试样的焊缝中心应对准弯心的轴线,压头(弯心)直径按表 4 的规定,弯曲角度为 180°。

8.2.5.2.2 锁底接头弯曲试验

锁底接头弯曲试验应按以下要求进行：

- a) 面弯试验采用圆形压头弯曲试验方法,背弯试验可以采用圆形压头弯曲试验方法,也可以采用替代圆形压头弯曲试验方法；
- b) 采用圆形压头弯曲试验方法时,试验方法按 8.2.5.2.1；
- c) 采用替代圆形压头弯曲试验方法时,试验应在替代圆形压头弯曲试验装置(见图 10)上进行,应保证角焊缝的根部位于弯心轴的中心线上,弯心直径按图 11 及表 4 的规定,试验方法如图 11 a)或图 11 b)所示,均匀转动手柄至极限位置。

8.2.5.2.3 搭接接头弯曲试验

搭接接头弯曲试验应按以下要求进行：

- a) 试验应在替代圆形压头弯曲试验装置上进行,应保证角焊缝的根部位于弯心轴的中心线上,弯轴直径按图 11 及表 4 的规定,当试样两侧厚度不同时,弯心直径按较薄者厚度确定；
- b) 试验方法如图 11 c)或图 11 d)所示,均匀转动手柄,使试样拉伸面上 a 点与 b 点间的伸长率不小于标准或设计文件的规定值。

8.2.5.3 合格指标

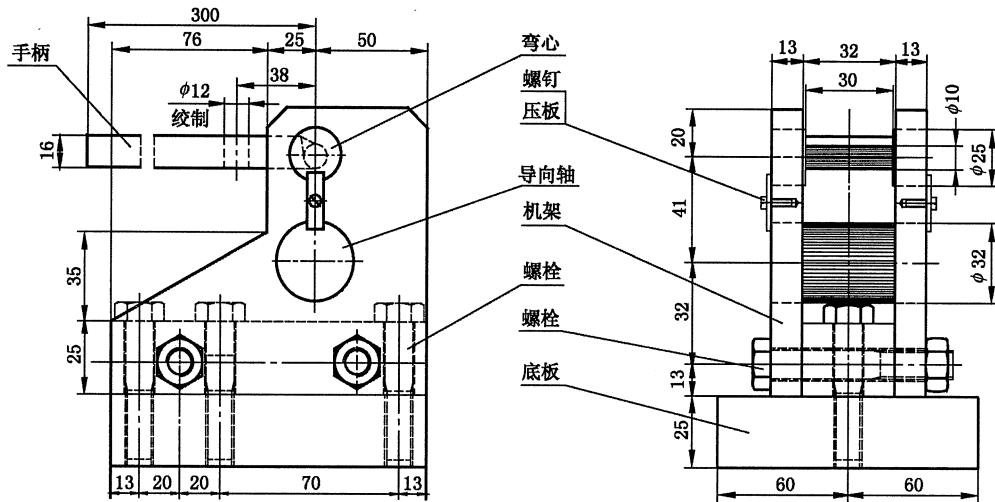
8.2.5.3.1 圆形压头弯曲试验

试样弯曲到 180°后,其拉伸面上的焊缝和热影响区内,不得有开口缺陷,试样的棱角开口缺陷一般不计,但由未熔合、夹渣或其他内部缺欠引起的棱角开口缺陷长度应计入。

8.2.5.3.2 替代圆形压头弯曲试验

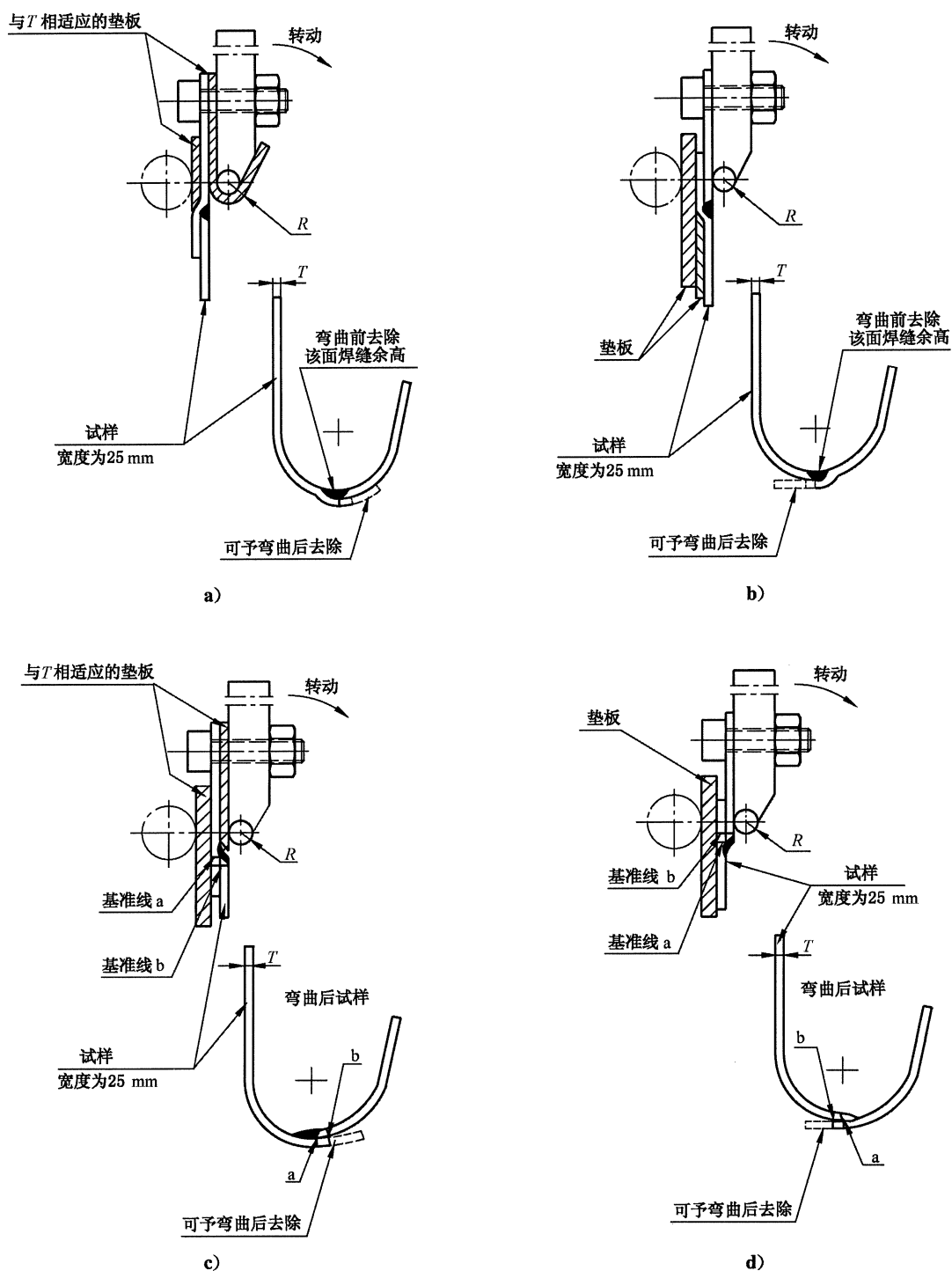
试样弯曲到规定的要求后,用机械方法去除搭接接头的搭接部分或锁底接头的锁底部分(见图 11),其根部焊缝和热影响区内,不得有开口缺陷,试样的棱角开口缺陷一般不计,但由未熔合、夹渣或其他内部缺欠引起的棱角开口缺陷长度应计入。

单位为毫米



注：图示尺寸为参考尺寸。

图 10 替代圆形压头弯曲试验装置



注 1: R 值为弯心半径, 弯心直径按表 4。

注 2: 搭接接头试样上用划针轻轻地划出两条基准线 a 和 b, 其中基准线 a 经焊缝根部 a 点, 一般情况下 a、b 两基准线间距为试样厚度 T (试样两侧厚度不同时, 按较薄者厚度); 当试样厚度较薄, a、b 两基准线之间无法将接头焊接热影响区全部包容时, 则其间距可取 $2T$ 。

图 11 替代圆形压头弯曲试验方法示意图

表 4 弯曲试验压头(弯心)直径和试样厚度比

实测抗拉强度 $R_m/(N/mm^2)$	压头(弯心)直径和试样厚度比 n
<410	2
$410 < R_m \leq 520$	3
$520 < R_m \leq 620$	4
$620 < R_m \leq 700$	5
$700 < R_m \leq 800$	6

注 1: 试样厚度按试样的名义厚度。
注 2: 搭接接头替代圆形压头弯曲试验时,按母材抗拉强度实测值确定 n 值。

8.2.6 冲击试验

8.2.6.1 试样加工要求

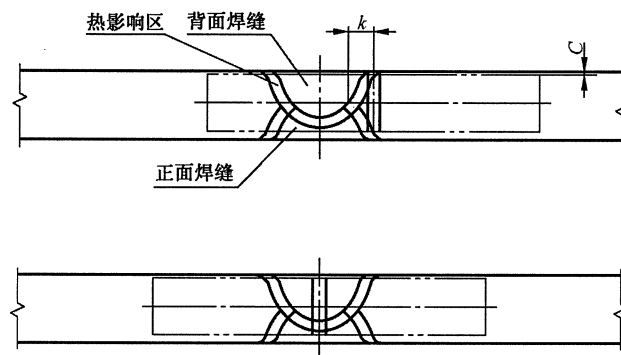
冲击试样按以下要求进行加工:

- 试样取向:试样纵轴应垂直于焊缝轴线,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 12。
- 标准试样的形式、尺寸及加工质量应符合 GB/T 229 的规定;当试件尺寸无法制备标准试样(宽度为 10 mm)时,则应依次制备宽度为 7.5 mm、5 mm 或 2.5 mm 的小尺寸冲击试样。
- 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 k 大于零,且应尽可能多的通过热影响区,见图 12。

8.2.6.2 试验方法

冲击试验按以下要求进行:

- 冲击试验按 GB/T 229 的规定。
- 试验温度应不高于钢材标准规定冲击试验温度;焊接绝热气瓶内胆试样的试验温度应不高于其设计温度。
- 宽度为 2.5 mm 的试样在试验时应有防试样失稳装置,试验方法参照 GB/T 229 的有关规定。



注 1: $C \approx 0.25 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$ 。

注 2: 双面焊时, C 从背面焊缝的材料表面测量。

图 12 冲击试样位置及缺口轴线位置

8.2.6.3 合格指标

以焊接接头每个区 3 个试样为一组, 每组试样的冲击吸收功平均值应符合表 5 的规定, 至多允许有 1 个试样的冲击吸收功低于规定值, 但不低于规定值的 70%。

表 5 焊接接头冲击吸收功平均值

钢材组别	试样规格/mm	试验温度/℃	冲击吸收功 KV_2 不小于/J
I、II	10×5×55	常温	15
		-40	14
	10×10×55	常温	27
		-40	20
IV、V、VI	10×2.5×55 10×5×55 10×7.5×55 10×10×55	设计温度	按相应产品标准或设计文件

8.2.7 压扁试验

8.2.7.1 样瓶的要求

压扁试验样瓶应满足以下要求:

- 样瓶需经耐压试验和气密试验合格;
- 对于圆筒部分长度大于或等于 40 mm 的焊接气瓶, 按圆筒试样进行试验; 对于圆筒部分长度小于 40 mm 的钢瓶, 按球形试样进行试验。

8.2.7.2 试验方法

压扁试验应按以下要求进行:

- 对于圆筒形试样, 使用楔形压头, 压头的顶角为 60° , 圆角半径为 13 mm, 压头长度 L 不小于试验瓶外径的 1.5 倍, 压头部分的高度 l 不小于试验瓶外径的 0.5 倍。
- 对于球形试样, 直接使用两块平行的钢板作为压头, 压头表面粗糙度不低于 $Ra6.3$ 。
- 压扁试验时, 压头的移动速度为 20 mm/min~50 mm/min, 在负荷作用下测量压头间距。对于圆筒试样, 该间距应不大于钢瓶主体焊缝边缘处实测壁厚(焊缝余高不计, 采用永久性垫板或锁底坡口焊接接头时应计入垫板厚度或锁底部分厚度)的 6 倍; 对于球形试样, 该间距应不大于原外径的 50%。
- 压扁试验时, 试样的摆放位置如图 13 所示。

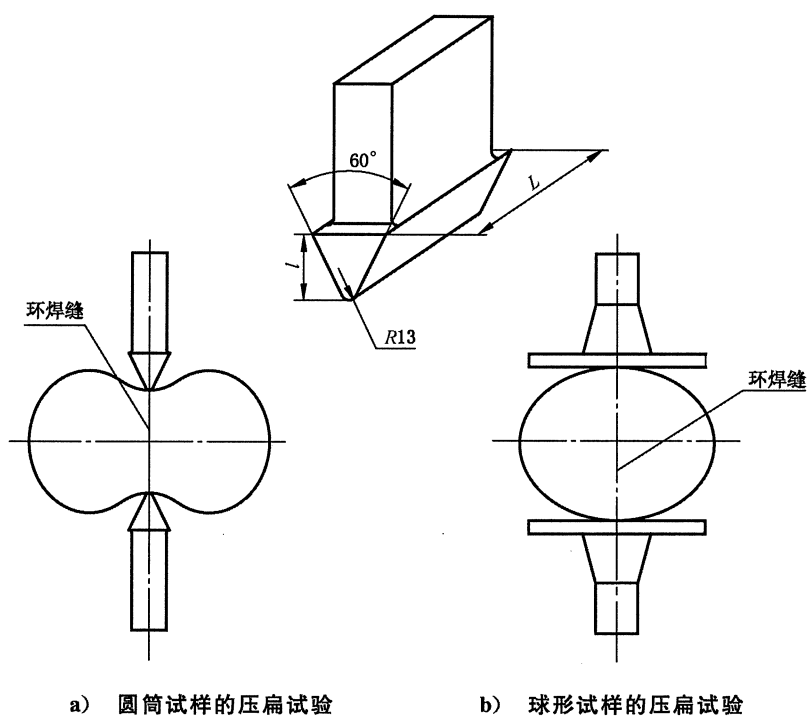


图 13 瓶体压扁试验

8.2.7.3 合格指标

压扁到规定的间距时,压扁部分不得有裂纹。

8.2.8 低倍金相检验

8.2.8.1 试样加工要求

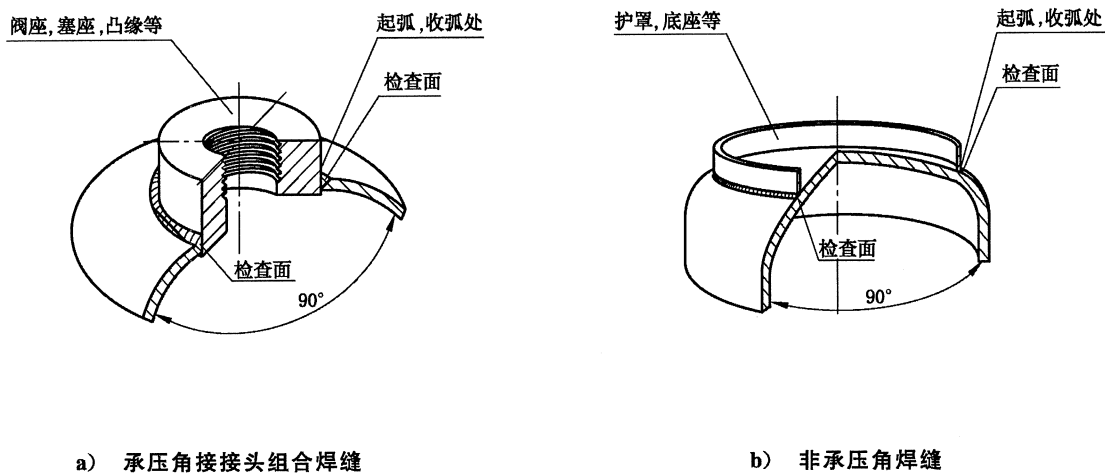
低倍金相试样按以下要求进行加工:

- 将试件等分切取 2 件试样,其中一件试样的切口应在焊缝的起始和终止位置(见图 14);
- 每件试样取一个剖面进行低倍金相检验,其中一件试样的检验面应包括焊缝的起始和终止部位,任意两检验面不得为同一切口的两侧面;
- 试样的尺寸:试样应包括焊缝、熔合区和热影响区,同时至少有任一侧 40 mm 的母材金属;
- 试验面应清晰地显示出熔合线、热影响区、各层焊道和相邻的母材。

8.2.8.2 合格指标

低倍金相试验应符合以下要求:

- 焊缝金属、熔合区和热影响区不得有裂纹、未熔合,焊缝根部应焊透(设计图样规定为部分焊透时,按设计图样的规定);
- 角焊缝的熔深要求,焊缝厚度、焊脚尺寸及两焊脚之差应符合产品标准及图样的规定。产品标准及图样对两焊脚之差未作明确的规定时,两焊脚之差应小于或等于 3 mm。



注：瓶耳试样的切取可参照上图，在两个瓶耳上各切1个试样。

图 14 角接头组合焊缝与角焊缝上试样位置图

8.2.9 硬度检验

8.2.9.1 试样加工要求

硬度试验试样应按以下要求进行加工：

- 试样可单独制备，也可采用低倍金相试样；
- 试样应采用机械方法切取；当采用热切割时，应使用机械加工方法去除切割热影响区；
- 试样的试验面应平直，并经抛光处理，表面粗糙度(R_a)应不大于 $0.4\ \mu\text{m}$ 。试验面不得有氧化皮、污物及油脂；
- 试样的尺寸：应包括焊缝、熔合区和热影响区。

8.2.9.2 试验方法

硬度试样应按以下要求进行：

- 硬度试验按 GB/T 2654 标准要求进行，采用 HV10 维氏硬度试验方法测定焊接接头各部分的硬度；
- 应按图 15 所示在表面以下 2 mm 处及根部区域各打一排压痕，每排压痕应包括焊缝、热影响区和母材；
- 热影响区内第一个压痕与熔合线的距离应小于或等于 0.5 mm，两测点间距离为 1 mm；
- 母材上应有足够的测试点以保证测试的准确性，焊缝上测试点间的距离选择应确保其做出准确的评定。

单位为毫米

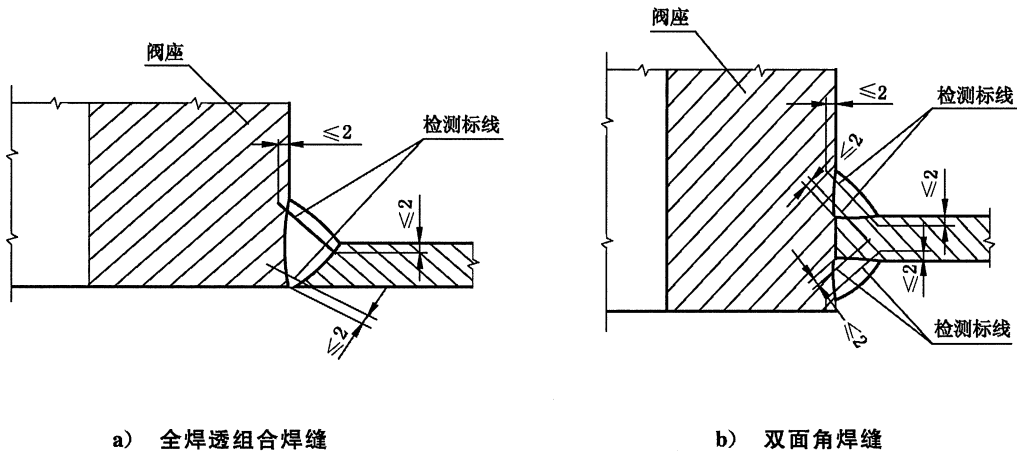


图 15 全焊透组合焊缝和双面角焊缝硬度测试点选取图

8.2.9.3 合格指标

硬度试验的结果应符合表 6 的要求。

表 6 允许的最大硬度值(HV10)

材料组别	未经热处理	经热处理
I、II	380	320
V	允许的最大硬度值由设计文件确定	
VI	允许的最大硬度值由设计文件确定	

附 录 A
(资料性附录)
焊接工艺评定表格推荐格式

A.1 预焊接工艺规程和焊接工艺评定报告要求

表 A.1 为“预焊接工艺规程”推荐格式,表 A.2 为“焊接工艺评定报告”推荐格式,以下两种表格适用于焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊或上述方法的组合。

A.2 焊接工艺规程要求

焊接工艺规程可参照“预焊接工艺规程”进行编制,也可为焊接工艺卡的形式。

A.3 其他要求

其他焊接方法的表格形式可参照表 A.1、表 A.2 拟定。

表 A.1 预焊接工艺规程(pWPS)

单位名称: _____		
预焊接工艺规程编号: _____		日期 _____
焊接工艺评定报告编号: _____		
焊接方法: _____		机械化程度: (手工、机械、自动) _____
焊接接头: _____ 坡口形式: _____ 衬垫(材料及规格) _____ 其他 _____	简图:(接头形式、坡口形式与尺寸、焊层、焊道布置及顺序)	
母材: 组别号 _____ 标准号 _____ 材料代号 _____ 与组别号 _____ 标准号 _____ 材料代号 _____ 相焊 对接焊缝焊件母材厚度范围: _____ 角焊缝焊件母材厚度范围: _____ 其他 _____		
填充金属:		
焊材标准		
焊材型号		
焊材牌号(金属材料代号)		
填充金属尺寸		
其他		
对接焊缝焊件焊缝金属厚度范围: _____		角焊缝焊件焊缝金属厚度范围: _____
注 1:对每一种母材与焊接材料的组合均需分别填表。 注 2:当采用混合焊剂时,注明其配比。		

表 A.1 (续)

<p>焊接位置: 对接焊缝的位置 _____ 角焊缝位置 _____ 立焊的焊接方向:(向上、向下) _____</p>	<p>焊后热处理: 加热方式 _____ 保温温度 /℃ _____ 保温时间范围/h _____</p>																																																																			
<p>预热: 最小预热温度/℃ _____ 最大层间温度/℃ _____ 保持预热时间 _____ 加热方式 _____</p>	<p>气体: 气体种类 混合比 流量/(L/min) 保护气 _____ 尾部保护气 _____ 背面保护气 _____</p>																																																																			
<p>电特性: 电流种类 _____ 极性 _____ 焊接电流范围/A _____ 电弧电压/V _____ 焊接速度(范围) _____ 焊接电流频率 _____ 焊丝送进速度/(cm/min) _____ 钨极类型及直径 _____ 焊接电弧种类 _____ 喷嘴直径/mm _____ (按所焊位置和厚度,分别列出电流和电压范围,记入下表)</p>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">焊道焊层</th> <th rowspan="2">焊接方法</th> <th colspan="2">填充金属</th> <th colspan="2">焊接电流</th> <th rowspan="2">电弧电压/V</th> <th rowspan="2">焊接速度/(cm/min)</th> <th rowspan="2">焊接热输入/(kJ/cm)</th> </tr> <tr> <th>牌号</th> <th>直径/mm</th> <th>极性</th> <th>电流/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		焊道焊层	焊接方法	填充金属		焊接电流		电弧电压/V	焊接速度/(cm/min)	焊接热输入/(kJ/cm)	牌号	直径/mm	极性	电流/A																																																						
焊道焊层	焊接方法			填充金属		焊接电流					电弧电压/V	焊接速度/(cm/min)	焊接热输入/(kJ/cm)																																																							
		牌号	直径/mm	极性	电流/A																																																															
<p>技术措施: 摆动焊或不摆动焊 _____ 摆动参数 _____ 焊前清理和层间清理 _____ 背面清根方法 _____ 单道焊或多道焊(每面) _____ 单丝焊或多丝焊 _____ 导电嘴至工件距离/mm _____ 锤击 _____ 其他 _____</p>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">编制</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">日期</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">审核</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">日期</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">批准</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">日期</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	编制		日期		审核		日期		批准		日期																																																									
编制		日期		审核		日期		批准		日期																																																										

表 A.2 焊接工艺评定报告(PQR)

单位名称: _____ 焊接工艺评定报告编号: _____ 日期 _____ 预焊接工艺规程编号: _____ 焊接方法: _____ 机械化程度: (手工、机械、自动)	
接头简图:(坡口形式、尺寸、衬垫)	预热: 预热温度/℃ _____ 层间温度/℃ _____ 其他 _____
	焊接位置: 焊接方向(向上、向下): _____ 其他 _____
	焊后热处理: 保温温度/℃ _____ 保温时间/h _____
母材: 材料标准 _____ 材料牌号 _____ 组别号 _____ 与组别号 _____ 相焊 厚度 _____ 直径 _____ 其他 _____	保护气体: 保护气体种类(单一、多种) _____ 混合气体成分(配比) _____ 其他 _____ 注: 当采用混合焊剂时,应注明其配比。
填充金属: 焊材类别 _____ 焊材标准 _____ 焊材型号 _____ 焊材牌号 _____ 焊材规格 _____ 其他 _____	电特性: 电流种类 _____ 极性 _____ 钨极尺寸 _____ 焊接电流/A _____ 电弧电压/V _____ 其他 _____
	技术措施: 焊接速度/(cm/min) _____ 摆动或不摆动 _____ 摆动参数 _____ 多道焊或单道焊(每面) _____ 多丝焊或单丝焊 _____ 其他 _____

表 A.2 (续)

拉伸试验							试验报告编号: _____						
试样编号	试样宽度/ mm	试样厚度/ mm	横截面积/ mm ²	断裂载荷/ kN	抗拉强度/ MPa	断裂部位和特征							
弯曲试验							试验报告编号: _____						
试样编号	试样类型	试样厚度/ mm	弯心直径/ mm	弯曲角度/ (°)	试验结果								
冲击试验							试验报告编号: _____						
试样编号	试样尺寸	夏比 V 型 缺口位置	试验温度/ ℃	冲击吸收功/ J	备注								
压扁试验							试验报告编号: _____						
试样瓶编号	焊缝边缘处实测壁/ 厚 mm	压扁间距/ mm	气瓶外径/ mm	压扁间距/ mm	试验结果								
组合焊缝与角焊缝试验							试验报告编号: _____						
外观检验 _____。													
金相检验: 根部(焊透、未焊透) _____, 焊缝(熔合、未熔合) _____, 焊缝热影响区(有裂纹、无裂纹) _____。													
硬度试验 _____。													
检验截面	I		II		III		IV		V				
焊脚差/mm													
无损检验: RT _____ 其他 _____													
其他试验: _____													
结论:本评定按 GB/T 33209—2016 规定焊接试件(试样瓶)、检验试样,测定性能,确认试验记录正确。 评定结果:(合格、不合格) _____													
焊工姓名				焊工代号				施焊日期					
编制		日期		审核		日期		批准		日期			
监检人员													

附 录 B
(资料性附录)

焊接工艺评定常用英文缩写及代号

本附录列出了焊接工艺评定常用英文缩写及代号,适用于焊接工艺评定文件。

预焊接工艺规程	pWPS
焊接工艺规程	WPS
焊接工艺评定报告	PQR
焊后热处理	PWHT
焊条电弧焊	SMAW
埋弧焊	SAW
钨极气体保护焊	GTAW
熔化极气体保护焊	GMAW
药芯焊丝电弧焊	FCAW
等离子弧焊	PAW
交流电源	AC
直流电源反接	DCEP
直流电源正接	DCEN

附录 C
(资料性附录)
焊缝位置

C.1 焊缝位置规定的方法

C.1.1 将坡口焊缝置于水平参考平面上方。

C.1.2 焊缝的倾角为：焊缝轴线与水平参考平面间的夹角；焊缝面的转角为：面对 P 点观察，焊缝中心线环绕焊缝轴线顺时针旋转的角度。

C.2 焊缝位置规定的范围

焊缝位置规定的范围见图 C.1 及表 C.1。

表 C.1 坡口焊缝位置表

位置	参考图	夹角	转角
平位	A	0°~15°	150°~210°
横位	B	0°~15°	80°~150° 210°~280°

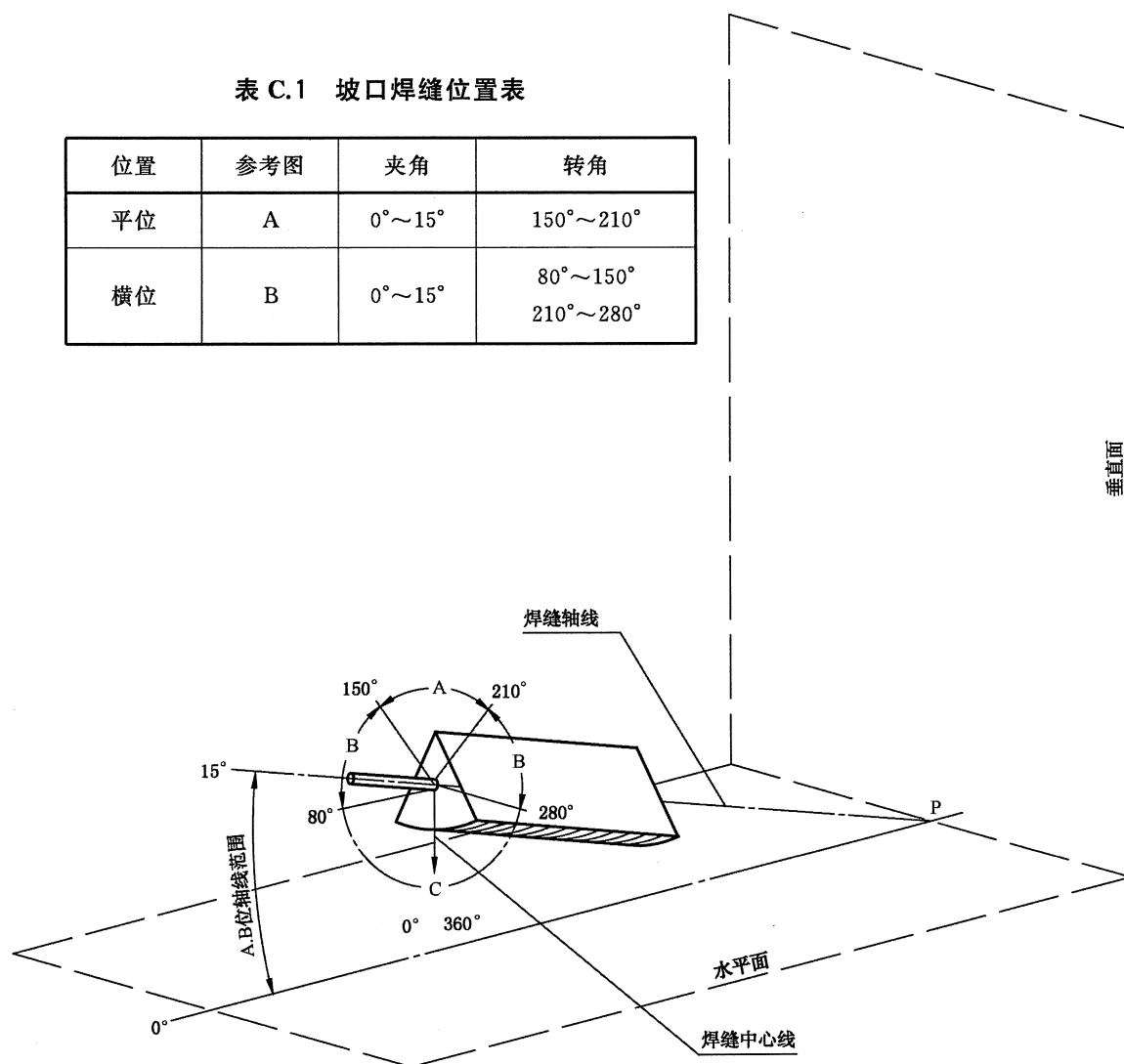


图 C.1 坡口焊缝位置图

参 考 文 献

- [1] ISO 4706-1:2008 Gas cylinders—Refillable welded steel cylinders—Part 1: Test pressure 60 bar and below
- [2] ISO 18172-1:2007 Gas cylinders—Refillable welded stainless steel cylinders—Part 1: Test pressure 6 MPa and below
- [3] ISO 18172-2:2007 Gas cylinders—Refillable welded stainless steel cylinders—Part 1: Test pressure 6 MPa and below
- [4] CGA C-3—2005 Standards for welding on thin-walled, steel cylinders
-