

# 钢制压力容器焊接工艺评定

## 1 范围

本标准规定了钢制压力容器焊接工艺评定规则、试验方法和合格指标。

本标准适用于钢制压力容器的气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊、电渣焊、耐蚀堆焊等的焊接工艺评定。

## 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 150—1998 钢制压力容器

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

GB 713—1997 锅炉用钢板

GB/T 912—1989 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带

GB 3087—1982 低中压锅炉用无缝钢管

GB/T 3274—1988 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

GB/T 3280—1992 不锈钢冷轧钢板

GB 3531—1996 低温压力容器用低合金钢钢板(含第一号修改单)

GB/T 4237—1992 不锈钢热轧钢板

GB 5310—1995 高压锅炉用无缝钢管

GB 6479—1986 化肥设备用高压无缝钢管

GB 6654—1996 压力容器用钢板(含第一、二号修改单)

GB/T 8163—1987 输送流体用无缝钢管

GB 9948—1988 石油裂化用无缝钢管

GB 13296—1991 锅炉热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 14976—1994 流体输送用不锈钢无缝钢管

JB 4726—2000 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件

JB 4727—2000 低温压力容器用低合金钢锻件

JB 4728—2000 压力容器用不锈钢锻件

JB 4730—1994 压力容器无损检测

## 3 术语

本标准采用下列定义。

### 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 焊接工艺指导书 welding procedure specification

为验证性试验所拟定的、经评定合格的、用于指导生产的焊接工艺文件。

### 3.3 焊接工艺评定报告 procedure qualification record

按规定格式记载验证性试验结果,对拟定焊接工艺的正确性进行评价的记录报告。

### 3.4 焊接接头 welded joint

由两个或两个以上零件要用焊接组合或已经焊合的接点,检验接头性能应考虑焊缝、熔合区、热影响区甚至母材等不同部位的相互影响。

### 3.5 焊件 weldment

用焊接方法连接的压力容器或其零部件,焊件包括母材和焊接接头两部分。

### 3.6 试件 test piece

按照预定的焊接工艺制成的用于焊接工艺评定试验的焊件。试件包括母材和焊接接头两部分。

### 3.7 焊后热处理 post weld heat treatment

能改变焊接接头的组织和性能或残余应力的热过程。

### 3.8 下转变温度 lower transformation temperature

加热期间开始形成奥氏体的相变温度。

### 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 横向弯曲 transverse bend

焊缝轴线与试样纵轴垂直时的弯曲。

### 3.11 纵向弯曲 longitudinal bend

焊缝轴线与试样纵轴平行时的弯曲。

### 3.12 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称为正面;当两面焊缝宽度相等则先完成盖面层焊缝一侧为正面。

### 3.13 背弯 root bend

试样受拉面为焊缝背面的弯曲。

### 3.14 侧弯 side bend

试样受拉面为焊缝横截面的弯曲。

## 4 总则

4.1 焊接工艺评定应以可靠的钢材焊接性能为依据,并在产品焊接之前完成。

4.2 焊接工艺评定一般过程是:拟定焊接工艺指导书、施焊试件和制取试样、检验试件和试样、测定焊接接头是否具有所要求的使用性能、提出焊接工艺评定报告对拟定的焊接工艺指导书进行评定。

焊接工艺评定验证施焊单位拟定的焊接工艺的正确性,并评定施焊单位能力。

4.3 对于截面全焊透的 T 形接头和角接头,当无法检测内部缺陷,而制造单位又没有足够的力量确保焊透时,还应增加制作型式试验件进行焊接工艺评定,经解剖试验确认方能允许施焊产品。

4.4 焊接工艺评定所用设备、仪表应处于正常工作状态,钢材、焊接材料必须符合相应标准,由本单位技能熟练的焊接人员使用本单位焊接设备焊接试件。

## 5 对接焊缝、角焊缝焊接工艺评定规则

5.1 评定对接焊缝焊接工艺时,采用对接焊缝试件。对接焊缝试件评定合格的焊接工艺亦适用于角焊缝。评定非受压角焊缝焊接工艺时,可仅采用角焊缝试件。试件形式示意如图 1。

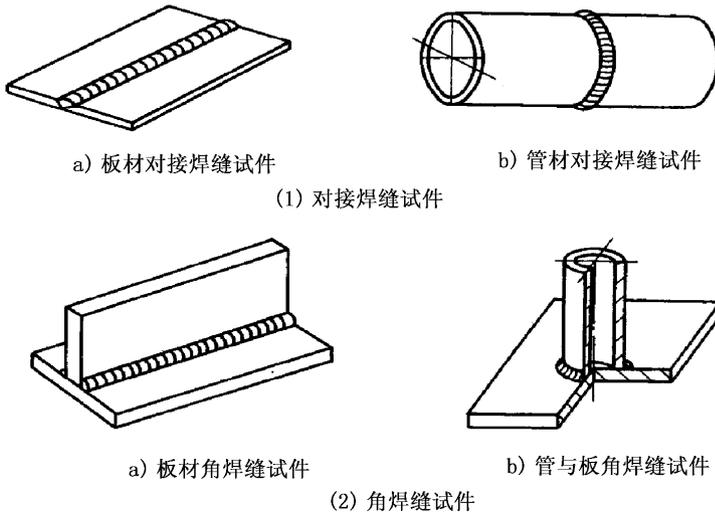


图 1 焊接工艺评定试件形式

5.1.1 板材对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管材的对接焊缝,反之亦可。

5.1.2 管与板角焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于板材的角焊缝,反之亦可。

5.2 焊接工艺因素分为重要因素、补加因素和次要因素。

5.2.1 重要因素是指影响焊接接头抗拉强度和弯曲性能的焊接工艺因素。

5.2.2 补加因素是指影响焊接接头冲击韧性的焊接工艺因素。当规定进行冲击试验时,需增加补加因素。

5.2.3 次要因素是指对要求测定的力学性能无明显影响的焊接工艺因素。

5.3 评定规则

5.3.1 焊接方法

5.3.1.1 改变焊接方法,需重新评定。

5.3.1.2 各种焊接方法的焊接工艺评定重要因素、补加因素和次要因素见表 1。

a) 当变更任何一个重要因素时都需要重新评定焊接工艺。

b) 当增加或变更任何一个补加因素时,则可按增加或变更的补加因素增焊冲击韧性试件进行试验。

c) 当变更次要因素时不需要重新评定焊接工艺,但需重新编制焊接工艺指导书。

5.3.1.3 当同一条焊缝使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,可按每种焊接方法或焊接工艺分别进行评定;亦可使用两种或两种以上焊接方法、焊接工艺焊接试件,进行组合评定。

组合评定合格后用于焊件时,可以采用其中一种或几种焊接方法、焊接工艺,但应保证其重要因素、补加因素不变,按相关条款确定每种焊接方法或焊接工艺适用于焊件厚度的有效范围。

5.3.2 母材

本标准根据母材的化学成分、力学性能和焊接性能对母材进行分类分组(见表 2)。







技术措施	1. 从氧化焰改为还原焰,或反之	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
	2. 左向焊或右向焊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
	3. 不摆动焊或摆动焊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	-
	4. 焊前清理和层间清理方法	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○
	5. 清根方法	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-	-
	6. 焊丝摆动幅度、频率和两端停留时间	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
	7. 导电嘴至工件的距离	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
	8. 由每面多道焊改为每面单道焊*	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	○	○	○	-	-
	9. 单丝焊改为多丝焊,或反之*	-	-	-	-	-	○	-	○	○	○	-	-	○	○	○	-	-
	10. 电(钨)极摆动幅度、频率和两端停留时间	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
	11. 焊丝(电极)间距	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	○
	12. 增加或取消非金属或非熔化的金属成形滑块	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13. 手工操作、半自动操作或自动操作	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-	-
	14. 有无锤击焊缝	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○
	15. 钨极间距	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
	16. 喷嘴尺寸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-

注:符号○表示对该焊接方法评定因素;符号\*为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不作为补加因素

### 5.3.2.2 类别评定规则

当不同类别号的母材组成焊接接头时,即使母材各自都已评定合格,其焊接接头仍需重新评定。但类别号为Ⅱ(或组别号为Ⅳ—1、Ⅳ—2)的同钢号母材的评定适用于该类别号(或该组别号)母材与类别号为Ⅰ的母材所组成的焊接接头。

### 5.3.2.3 未列入表2的钢号评定规则

a) 已列入国家标准、行业标准的钢号,根据其化学成分、力学性能和焊接性能确定归入相应的类别、组别中,或另分类别、组别;未列入国家标准、行业标准的钢号,应分别进行焊接工艺评定。

b) 国外钢材首次使用时应按每个钢号(按该国标准规定命名)进行焊接工艺评定。当已掌握该钢号焊接性能,且其化学成分、力学性能与表2中某钢号相当,且某钢号已进行过焊接工艺评定时,该进口钢材可免做焊接工艺评定。可在本单位的技术文件中将此国外钢材归入某钢号所在类别、组别内。

表 2 钢号分类分组表

类别号	组别号	钢号	相应标准号
I	I-1	Q235-A·F	CB/T 912, GB/T 3274
		Q235-A	GB/T 912, GB/T 3274
		Q235-B	GB/T 912, GB/T 3274
		Q235-C	GB/T 912, GB/T 3274
		10	GB 3087, GB 6479, GB/T 8163, GB 9948
		20	GB 3087, GB/T 8163, GB 9948, JB 4726
		20G	GB 5310, GB 6479
		20g	GB 713
		20R	GB 6654
II	II-1	16Mn	GB 6479, JB 4726
		16MnR	GB 6654
	II-2	15MnNbR	GB 6654
		15MnVR	GB 6654
		20MnMo	JB 4726
		10MoWVNb	GB 6479
III	III-1	13MnNiMoNbR	GB 6654
		18MnMoNbR	GB 6654
		20MnMoNb	JB 4726
	III-2	07MnCrMoVR	GB 150
IV	IV-1	12CrMo	GB 6479, GB 9948
		12CrMoG	GB 5310
		15CrMo	GB 6479, GB 9948, JB 4726
		15CrMoR	GB 6654
		15CrMoG	GB 5310
		14Cr1Mo	JB 4726
IV	IV-1	14Cr1MoR	GB150
		12Cr1MoV	JB 4726
	IV-2	12Cr1MoVG	GB5310
		12Cr2Mo	GB 6479
		12Cr2Mo1	JB 4726
		12Cr2Mo1R	GB 150
		12Cr2MoG	GB 5310
V	V-1	1Cr5Mo	GB 6479, JB 4726
VI	VI-1	09MnD	GB 150
		09MnNiD	JB 4727
		09MnNiDR	GB 3531
	VI-2	16MnD	JB 4727
		16MnDR	GB 3531
		15MnNiDR	GB 3531
		20MnMoD	JB 4727
	VI-3	07MnNiCrMoVDR	GB 150
		08MnNiCrMoVD	JB 4727
		10Ni3MoVD	JB 4727

类别号	组别号	钢号	相应标准号
Ⅶ	Ⅶ-1	1Cr18Ni9Ti	GB/T 3280, GB/T 4237, JB 4728
		0Cr18Ni9	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T14976, JB 4728
		0Cr18Ni10Ti	GB/T3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976, JB 4728
		00Cr19Ni10	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976, JB 4728
	Ⅶ-2	0Cr17Ni12Mo2	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976, JB 4728
		0Cr19Ni13Mo3	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T14976
		0Cr18Ni12Mo2Ti	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976, JB 4728
		00Cr17Ni14Mo2	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976, JB 4728
		00Cr19Ni13Mo3	GB/T 3280, GB/T 4237, GB 13296, GB/T 14976
Ⅷ	Ⅷ-1	0Cr13	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 14976, JB 4728

### 5.3.3 焊后热处理

#### 5.3.3.1 焊后热处理类别

5.3.3.1.1 类别号为Ⅶ的母材分为：

a) 不进行焊后热处理； b) 进行焊后固溶或稳定化处理。

5.3.3.1.2 除类别号为Ⅶ以外的母材分为：

a) 不进行焊后热处理； b) 低于下转变温度进行焊后热处理； c) 高于上转变温度进行焊后热处理（如正火）； d) 先在高于上转变温度，继之在低于下转变温度进行焊后热处理（即正火或淬火后继之回火）； e) 在上下转变温度之间进行焊后热处理。

5.3.3.2 改变焊后热处理类别，需重新评定焊接工艺。

5.3.3.3 除气焊外，当规定进行冲击试验时，焊后热处理的温度和时间范围改变后要重新评定焊接工艺。试件的焊后热处理应与焊件在制造过程中的焊后热处理基本相同，试件加热温度范围不得超过相应标准或技术文件规定。低于下转变温度进行焊后热处理时试件保温时间不得少于焊件在制造过程中累计保温时间的80%。

#### 5.3.4 试件厚度与焊件厚度

评定合格的对接焊缝试件的焊接工艺适用于焊件厚度有效范围；若试件母材为Ⅳ-2组和标准抗拉强度下限值大于540 MPa的强度型低合金钢按表3、表4规定；除此之外，按表5、表6规定。

5.3.4.1 对于焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊，当焊件规定进行冲击试验时，试件评定合格后当 $T \geq 8\text{mm}$ 时适用于焊件母材厚度的有效范围最小值一律为 $0.75T$ ，如试件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仍按原规定执行。

5.3.4.2 当焊件属于表7所列的情况时，试件评定合格后适用于焊件母材厚度的有效范围最大值按表7规定。

表3 试件母材厚度与焊件母材厚度规定

mm

试件母材厚度 $T$	适用于焊件母材厚度的有效范围	
	最小值	最大值
$T < 1.5$	$T$	$2T$
$1.5 \leq T < 8$	1.5	$2T$ ，且不大于12
$T \geq 8$	$0.75T$	$1.5T$

表 4 试件焊缝金属厚度与焊件焊缝金属厚度规定

mm

试件焊缝金属厚度 $t$	适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围	
	最小值	最大值
$t < 1.5$	不限	$2t$
$1.5 \leq t < 8$	不限	$2t$ , 且不大于 12
$t \geq 8$	不限	$1.5t$

注:  $t$  指同一种焊接方法(或焊接工艺)在试件上所熔敷的焊缝金属厚度。

表 5 试件厚度与焊件厚度规定(试件进行力学性能试验和横向弯曲试验)

mm

试件母材厚度 $t$	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	
	最小值	最大值	最小值	最大值
$< 1.5$	$T$	$2T$	不限	$2t$
$1.5 \leq T \leq 10$	1.5	$2T$	不限	$2t$
$10 < T < 38$	5	$2T$	不限	$2t$
$\geq 38$	5	$200^*$	不限	$2t(t < 20)$
$\geq 38$	5	$200^*$	不限	$200^*(t \geq 20)$

\* 限于焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊的多道焊。

表 6 试件厚度与焊件厚度规定(试件进行力学性能试验和纵向弯曲试验)

mm

试件母材厚度 $t$	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	
	最小值	最大值	最小值	最大值
$< 1.5$	$T$	$2T$	不限	$2t$
$1.5 \leq t \leq 10$	1.5	$2T$	不限	$2t$
$> 10$	5	$2T$	不限	$2t$

表 7 特别情况下试件母材厚度与焊件母材厚度规定

mm

序号	焊件情况	试件母材厚度 $T$	适用于焊件母材厚度的有效范围	
			最小值	最大值
1	当焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊用于打底焊时,也可单独评定,此时	$\geq 13$	*	按继续填充焊缝的其余焊接工艺评定结果确定
2	部分焊透的对接缝焊件	$\geq 38$	*	不限
3	返修焊、补焊	$\geq 38$	*	不限
4	不等厚对接焊缝焊件,用等厚的对接焊缝焊件来评点	类别号为Ⅷ母材, 不规定冲击试验 $\geq 6$	*	(厚边母材厚度)不限
		除类别号为Ⅷ母材外 $\geq 38$	*	(厚边母材厚度)不限

\* 根据试件或焊件情况,按表 3、表 5、表 6 及 5.3.4.1 中相关规定执行。

5.3.4.3 当试件符合表 8 所列的焊接条件时,试件评定合格后适用于焊件的最大厚度按表 8 规定。

表 8 特殊焊接条件下试件厚度与焊件厚度规定

mm

序号	试件的焊接条件	适用于焊件的最大厚度	
		母材	焊缝金属
1	除气焊外,试件经超过上转变温度的焊后热处理	1.1T	*
2	试件为单道焊或多道焊,若其中任一焊道的厚度大于 13mm	1.1T	*
3	气焊	T	*
4	电渣焊	1.1T	*
5	当试件厚度大于 150mm 时,若采用焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊(呈短路过渡者除外)、钨极气体保护焊的多道焊	1.33T	1.33t
6	短路过渡的熔化极气体保护焊,当试件厚度小于 13mm	1.1T	*
7	短路过渡的熔化极气体保护焊,当试件焊缝金属厚度小于 13mm	*	1.1t

\* 根据试件或焊件情况,按表 4、表 5、表 6 及 5.3.4.1 中相关规定执行。

5.3.4.4 对焊接缝件评定合格的焊接工艺用于角焊缝件时,焊件厚度的有效范围不限;角焊缝试件评定合格的焊接工艺用于非受压角焊缝焊件时,焊件厚角的有效范围不限。

5.3.4.5 组合评定合格后,当作单一焊接方法(或焊接工艺)分别评定来确定适用于焊接母材的厚度有效范围。

## 6 耐蚀堆焊工艺评定规则

6.1 改变堆焊方法,需重新评定。

6.2 当试件基层厚度  $T$  小于 25mm,评定合格的焊接工艺适用于基层厚度大于或等于  $T$ ;试件厚度  $T$  大于或等于 25mm 时,评定合格的焊接工艺适用于焊件基层厚度也大于或等于 25mm。

6.3 耐蚀堆焊重新评定焊接条件见表 9。

表 9 耐蚀堆焊重新评定焊接条件

类别	堆焊条件	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊
堆焊层厚度	堆焊层规定厚度低于已评定最小厚度	—	○	○	○	○	○
母材	改变基层钢材的类别号*	○	○	○	○	○	○
	基层钢的厚度超出 6.2 规定	○	○	○	○	○	○

填充金属	变更焊条牌号(只考虑类别代号后头两位数字)	—	○	—	—	—	—
	当堆焊首层时变更焊条直径	—	○	—	—	—	—
	增加或取消附加的填充金属	—	—	○	○	—	○
	变更焊丝(或钢带)钢号	—	—	○	○	○	○
	变更焊剂牌号或变更混合焊剂的混合比	—	—	○	—	—	○
	实芯焊丝变更为药芯焊丝,或反之	—	—	—	○	○	—
焊接位置	除横焊、立焊或仰焊位置的评定适用于平焊位置外,改变评定合格的焊接位置	—	○	—	○	○	—
预热	预热温度比评定值降低 50℃ 以上,或超过评定记录的最高层温度	—	○	○	○	○	○
焊后热处理	改变焊后热处理类别,或在焊后热处理温度下的总时间增加超过评定值的 25%	—	○	○	○	○	○
气体	变更保护气体种类,变更混合保护气体配比,取消保护气体	—	—	—	○	○	—
电特性	变更电流的种类或极性	—	○	○	○	○	○
	堆焊首层时,线能量或单位长度焊焊道内熔敷金属的体积增加超过评定值的 10%	—	○	○	○	○	○
技术措施	多层堆焊变更为单层堆焊,或反之	—	○	○	○	○	○
	取消焊接熔池磁场控制	—	—	○	—	—	○
	变更同一溶池的电极数量	—	—	○	○	—	○
	增加或取消电极摆动	—	—	○	○	○	○

注

1 符号“○”表示对该焊接方法为重新评定的焊接条件。

2 符号“\*”当堆焊条件不变时,Ⅱ-1 组基层钢号上评定合格的堆焊工艺可用于Ⅰ类。

## 7 试验要求和结果评价

### 7.1 试件制备

7.1.1 母材、焊接材料、坡口和试件的焊接必须符合焊接工艺指导书的要求。

7.1.2 试件的数量和尺寸应满足制备试样的要求。

7.1.3 对接焊缝试件尺寸:试件厚度应充分考虑适用于焊件厚度的有效范围。

7.1.4 角焊缝试件尺寸

7.1.4.1 板材角焊缝试件尺寸见表 10 和图 2。

表 10 板材角焊缝试件尺寸

mm

翼板厚度 $T_1$	腹板厚度 $T_2$
$\leq 3$	$T_1$
$> 3$	$\leq T_1$ , 但不小于 3

7.1.4.2 管材角焊缝试件,可用管—板或管—管试件。如图3所示。

7.1.5 耐蚀堆焊试件尺寸

试件应不小于 $150\text{mm}\times 150\text{mm}$ ,堆焊宽度等于或大于 $38\text{mm}$ ,长度应满足切取试样要求。

7.2 对接焊缝试件和试样的检验

7.2.1 试件检验项目:外观检查、无损检测、力学性能和弯曲性能试验。

外观检查和按JB 4730进行无损检测结果不得有裂纹。

7.2.2 力学性能和弯曲性能试验项目包括拉伸试验、冲击试验(当规定时)和弯曲试验。

7.2.2.1 力学性能和弯曲性能试验项目和取样数量应符合表11的规定。

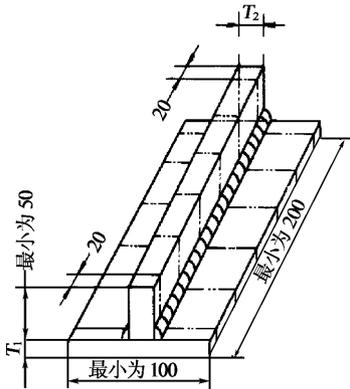


图2 板材角焊缝试件及试样

- 1 焊脚为 $T_2$ ,且不大于 $20\text{mm}$ 。
- 2 金相试样尺寸,只要包括全部焊缝、熔合区和影响区即可。

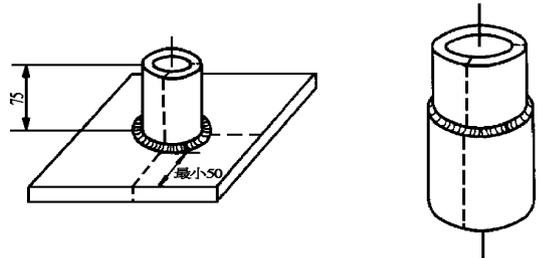


图3 管材角焊缝试件

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1 T为管壁厚1       | 1 为内管壁厚       |
| 2 底板母材厚度不小于    | 2 外管壁厚不小于T    |
| 3 最大焊脚等于管壁厚    | 3 最大焊脚等于内管壁厚  |
| 4 图中虚线为切取试样示意线 | 4 图中虚线为切取试样示意 |

线

a)管—板角焊缝试件

b)管—管角焊缝试件

表11 力学性能和弯曲性能试验项目和取样数量

试件母材的厚度 T mm	试验项目和取样数量,个					
	拉伸试验	弯曲试验 <sup>2)</sup>			冲击试验 <sup>4)5)</sup>	
		拉伸 <sup>1)</sup>	面弯	背弯	侧弯	焊缝区
$T < 1.5$	2	2	2	—	—	—
$1.5 \leq T < 10$	2	2	2	—	3	3
$10 \leq T < 20$	2	2	2	3)	3	3
$T \geq 20$	2	—	—	4	3	3

1)一根管接头全截面试样可以代替两个板形试样。

2)当试件焊缝两侧的母材之间或焊缝金属和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。纵向弯曲时只取面弯和背弯试样各2个。

3)可以用4个横向侧弯试样代替2个面弯和2个背弯试样。

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。

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。

7.2.2.2 当试件采用两种或两种以上焊接方法(或焊接工艺)时:

- a) 拉伸试样和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;  
 b) 当规定做冲击试验时,对每一种焊接方法(或焊接工艺)的焊缝区和热影响区都要做冲击试验。

### 7.2.2.3 力学性能和弯曲性能试验的取样要求:

a) 试件允许避开缺陷制取试样,取样位置按 c)、d) 的规定。 b) 试样去除焊缝余高前允许对试样进行冷校平。 c) 板材对接焊缝试件上试样取样位置见图 4。

d) 管材对接焊缝试件上试样取样位置见图 5。

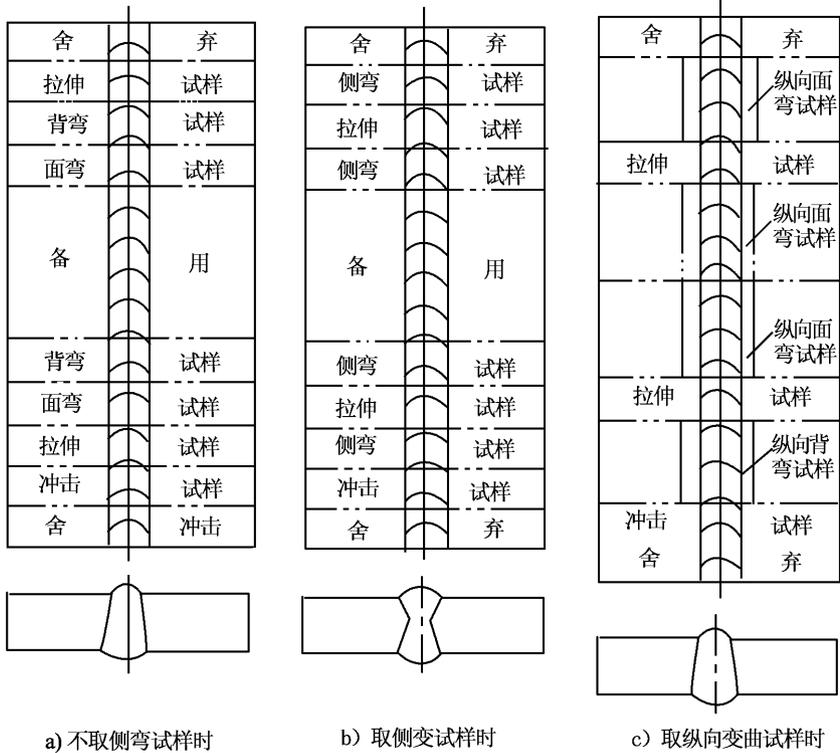


图 4 板材对接焊缝试件上试样位置图

### 7.2.4.4 拉伸试验

#### 7.2.2.4.1 取样和加工要求

a) 试样的焊缝余高应以机械方法去除,使之与母材齐平。试样厚度应等于或接近试件母材厚度  $T$ 。  
 b) 厚度小于或等于 30mm 的试件,采用全厚度试样进行试验。 c) 当试验机受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。

#### 7.2.2.4.2 试样形式

- a) 紧凑型板接头带肩板形试样(见图 6)适用于所有厚度板材的对接焊缝试件。  
 b) 紧凑型管接头带肩板形试样型式 I(见图 7)适用于外径大于 76mm 的所有壁厚管材对接焊缝试件。  
 c) 紧凑型管接头带肩板形试样型式 II(见图 8)适用于外径小于或等于 76mm 的管材对接焊缝试件。  
 d) 管接头全截面试样(见图 9)适用于外径小于或等于 76mm 的管材对接焊缝试件。

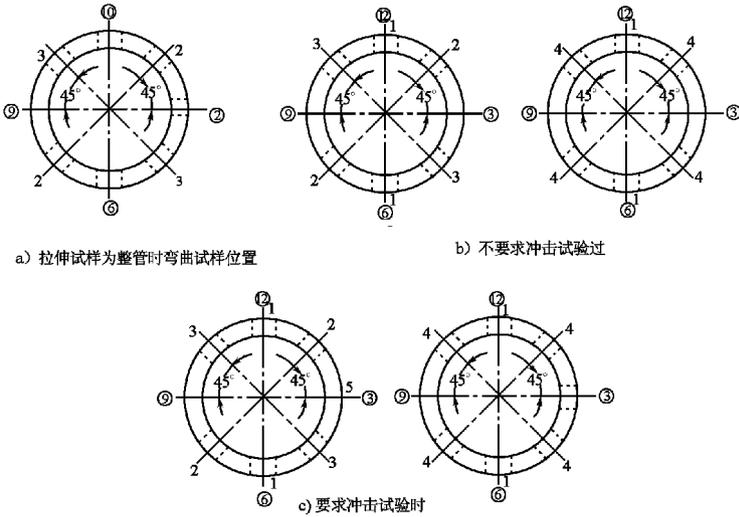


图 5 管材对接焊缝试件上试样位置图

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  
 ③⑥⑨ ■ 钟点记号，为水平固定位置焊接时的定位标记

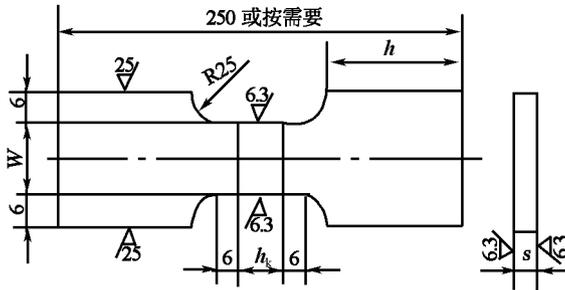


图 6 紧凑型板接头带肩板形拉伸试样

S—试样厚度，mm；  
 W—试样受拉伸平行侧面宽度，大于或等于 25mm；  
 $h_k$ —焊缝最大宽度，mm；  
 h—夹持部分长度，根据试验机夹具而定，mm。

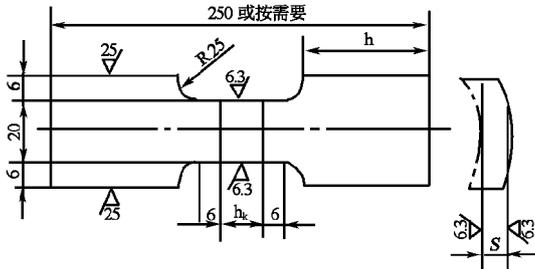


图 7 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 I

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。

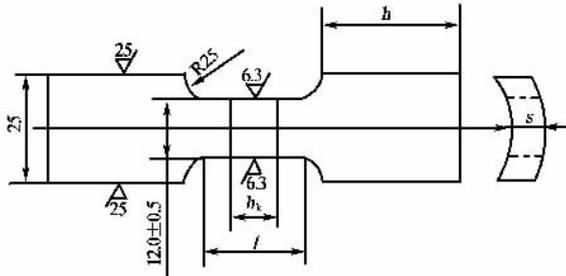


图8 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II

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

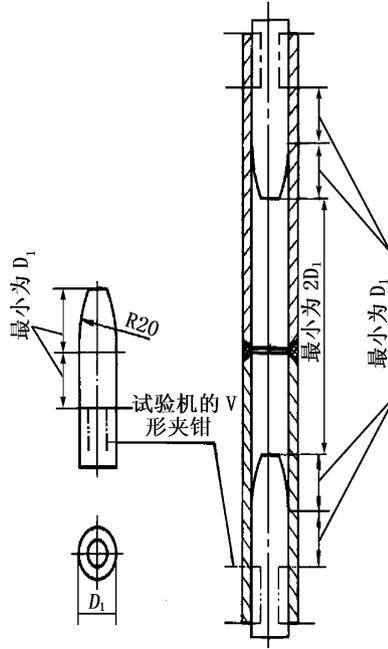


图9 管接头全截面拉伸试样

#### 7.2.2.4.3 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。

#### 7.2.2.4.4 合格指标

a) 试样母材为同种钢号时,每个试样的抗拉强度应不低于母材钢号标准规定值的下限值。

b) 试样母材为两种钢号时,每个试样的抗拉强度应不低于两种钢号标准规定值下限的较低值。

c) 同一厚度方向上的两片或多片试样拉伸试验结果平均值应符合上述要求,且单片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钢号标准规定值下限的 95%(碳素钢)或 97%(低合金钢和高合金钢)。

#### 7.2.2.5 弯曲试验

##### 7.2.2.5.1 试样加工要求

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齐平。

##### 7.2.2.5.2 试样形式

a) 面弯和背弯试样见图 10。

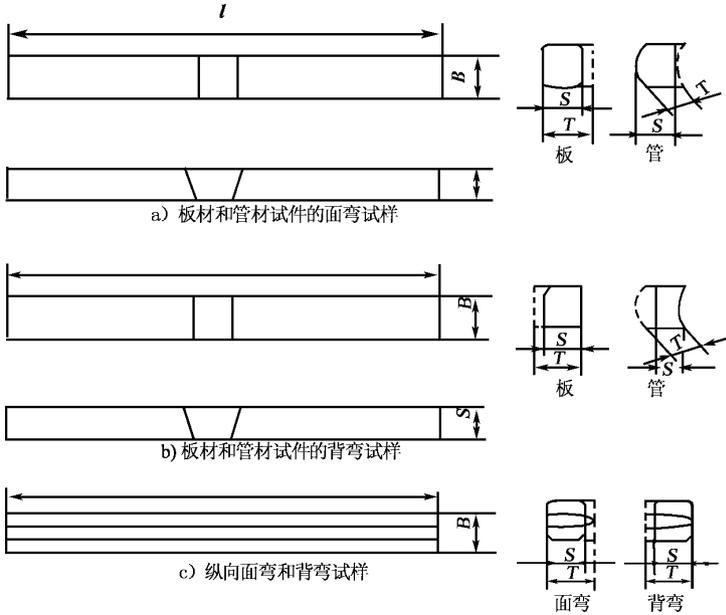


图 10 面弯和背弯试样

- 1 试样长度  $l \approx D + 2.5S + 100$ , mm (式中  $D$ —弯心直径, mm);
- 2 板材试样宽度  $B = 38$  mm; 管材试样宽度按如下规定: 当管子外径  $\phi$  为 50~100 mm 时, 则  $B = 20$  mm;  $\phi$  为 10~<50 mm 时, 则  $B = 10$  mm; 或  $\phi \leq 25$ , 则将管子在圆周方向上四等分取样。
- 3 试样拉伸面棱角  $R \leq 2$  mm。

当试件厚度  $T \leq 10$  mm 时, 试样厚度  $S$  与  $T$  相等或接近;  $T > 10$  mm 时,  $S = 10$  mm, 从试样受压面加工去除多余厚度。

b) 横向侧弯试样见图 11。

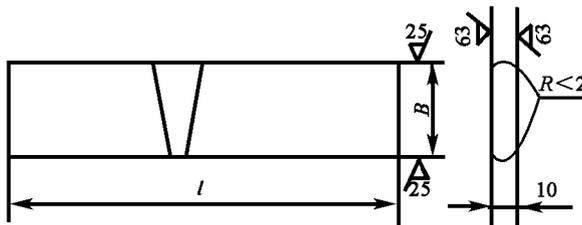


图 11 横向侧弯试样

- 1  $B$ —试样宽度(此时为试件厚度方向), mm。
- 2  $l = D + 105$ , mm, 最小为 150 mm。

当试件厚度  $T$  为 10~38 mm 时, 试样宽度等于试件厚度。

当试件厚度  $T$  大于 38 mm 时, 允许沿试件厚度方向分层切成宽度为 20~38 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。

### 7.2.2.5.3 试验方法

a) 弯曲试验按 GB/T 232 和表 12 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性。

表 12 弯曲试验尺寸规定

试件厚度 $S$ , mm	弯心直径 $D$ , mm	支座间距离, mm	弯曲角度, ( $^{\circ}$ )
<10	4S	6S+3	80
10	40	63	

b) 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。

c) 弯曲角度应以试样承受载荷时测量为准。

d) 对于伸长率  $\delta$  标准或技术文件规定值下限小于 20% 的母材,若弯曲试验不合格而其实测值  $\delta < 20\%$ , 则允许加大弯心直径重新进行试验,此时弯心直径等于  $\frac{S(200-\delta)}{2\delta}$  ( $\delta$  为伸长率的规定值下限), 支座间距离等于弯心直径加上  $(2S+3)$  mm。

### 7.2.2.5.4 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 的裂纹或缺陷,试样的棱角开裂一般不计,但由夹渣或其它焊接缺陷引起的棱角开裂长度应计入。

若采用两片或多片试样时,每片试样都应符合上述要求。

### 7.2.2.6 冲击试验

#### 7.2.2.6.1 试样

a) 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。

b) 取样位置:在试件厚度上的取样位置见图 12。

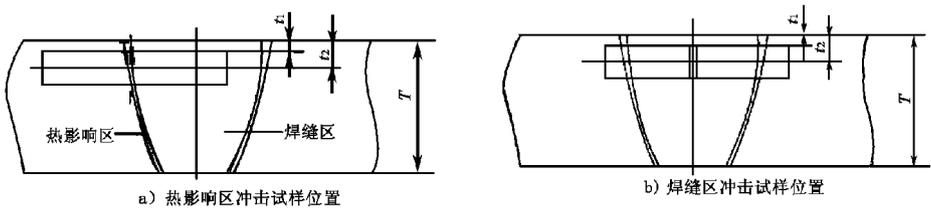


图 12 冲击试样位置图

1  $T \leq 60$  mm 时,  $t_1 \approx 1 \sim 2$  mm; 当  $T > 60$  mm 时,  $t_2 = T/4$ 。

2 双面焊时,  $t_2$  从后焊面的钢材表面测量。

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。

7.2.2.6.2 试样形式、尺寸和试验方法应符合 GB/T 229 的规定。

#### 7.2.2.6.3 合格指标

每个区 3 个试样为一组的常温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 1 个试样的冲击吸收功低于规定值,但不低于规定值的 70%。

### 7.3 角焊缝试件和试样的检验

7.3.1 检验项目:外观检查、金相检验(宏观)。

外观检查不得有裂纹。

### 7.3.2 金相检验(宏观)

#### 7.3.2.1 方法

##### 7.3.2.1.1 板材角焊缝试样

- a) 试件两端各舍去 20mm, 然后沿试件纵向等分切取 5 块试样。
- b) 每块试样取一个面进行金相检验, 任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

##### 7.3.2.1.2 管材角焊缝试样

- a) 将试件等分切取 4 块试样, 焊缝的起始和终止位置应位于试样焊缝的中部。
- b) 每块试样取一个面进行金相检验, 任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

#### 7.3.2.2 合格指标

- a) 焊缝根部应焊透, 焊缝金属和热影响区不得有裂纹、未熔合。
- b) 角焊缝两焊脚之差宜大于 3mm。

### 7.4 耐蚀堆焊试件和试样的检验

#### 7.4.1 检验项目: 渗透检测、弯曲试验和化学成分分析。

7.4.2 渗透检测可采用着色法和荧光法, 检验方法按 JB 4730 的规定, 检测结果不得有裂纹。

#### 7.4.3 弯曲试验

##### 7.4.3.1 取样方法

a) 在渗透检测合格的试件上切取 4 个侧弯试样, 可在平行和垂直于焊接方向各切取 2 个, 也可 4 个试样都垂直于焊接方向, 取样位置如图 13。

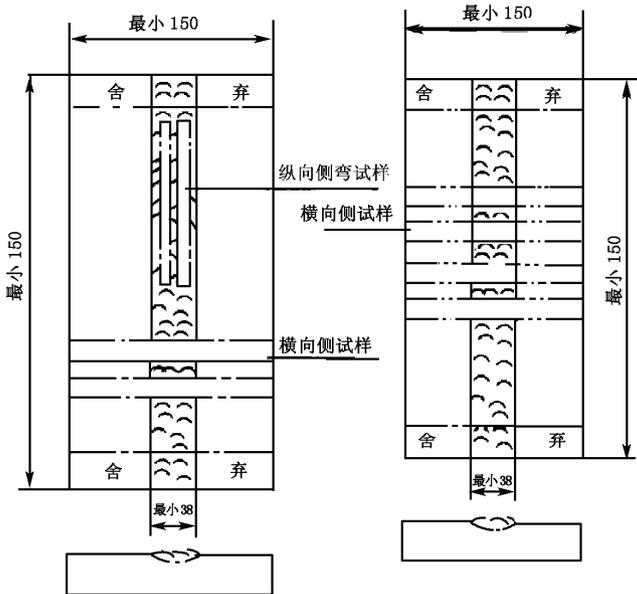


图 13 弯曲试样位置图

b) 试样宽度至少应包括堆焊层全部、熔合线和基层热影响区, 试样尺寸参照图 11。

c) 当试件  $T \geq 25\text{mm}$  时, 则试样宽度(连同堆焊层)  $\geq 25\text{mm}$ ; 当试件  $T < 25\text{mm}$  时, 则试样宽度(连同堆焊层)等于  $T$ 。

### 7.4.3.2 试验方法

试验按 GB/T 232 和表 13 的规定进行,若试样存在缺陷,则取缺陷较严重的一侧作为拉伸面。

表 13 堆焊试样弯曲试验尺寸规定

试样厚度 $S$ , mm	弯心直径 $D$ , mm	支离距离, mm	弯曲角度, (°)
10	40	63	180

### 7.4.3.3 合格指标

弯曲试验后在试样拉伸面上的堆焊层不得有大于 1.5mm 的任一裂纹或缺陷;在熔合线上不得有大于 3mm 的任一裂纹或缺陷。

### 7.4.4 化学成分分析

#### 7.4.4.1 取样位置

在耐蚀堆焊试件中部堆焊层横截面上取样(见图 14)。

7.4.4.2 化学分析方法应符合相应标准和图样规定。

7.4.4.3 合格指标按有关技术文件规定。

7.4.4.4 堆焊层评定最小厚度(见图 14):

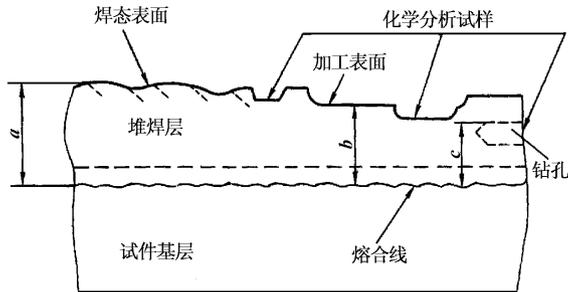


图 14 耐蚀堆焊金属化学成分分析取样示意图

a) 当在清除焊态表面上进行分析时,则从熔合线至焊态表面的距离  $b$  为堆焊层评定最小厚度。

b) 当在清除焊态表面层后的加工表面上进行分析时,则从熔合线至加工表面的距离  $b$  为堆焊层评定最小厚度。

c) 从侧面水平钻孔采取屑片进行分析时,则从熔合线至钻孔孔壁上沿的距离  $c$  为堆焊层评定最小厚度。

## 附录 A

(标准的附录)

### 不锈钢复合钢焊接工艺评定

#### A1 总则

A1.1 本附录适用于轧制法、爆炸轧制法、爆炸法和堆焊法生产的不锈钢复合钢制压力容器。

A1.2 不锈钢复合钢的焊接工艺评定除遵守本附录外,还应遵守正文中有关条款。

## A2 焊接工艺评定规则

A2.1 试件应以不锈钢复合钢(包括基层和复层)制备。

A2.2 经评定合格的焊接工艺适用于焊件(包括母材和焊缝金属)厚度有效范围,应按试件的复层和基层厚度分别计算。

A2.3 经评定合格的焊接工艺适用于焊件复层焊缝金属厚度有效范围的最小值,为试件复层焊缝金属厚度。

A2.4 试样进行拉伸和弯曲试验时,不锈钢复合钢焊接接头(包括基层、过渡焊缝和复层)都应得到检验,冲击试验只检验基层部分的焊接接头。

a) 拉伸试样应包括复层和基层的全厚度。

b) 当过渡焊缝和复层焊缝焊接工艺评定重要因素不同时应取 4 个侧弯试样;当过渡焊缝和复层焊缝焊接工艺评定重要因素相同时尽量取侧弯试样,也可以取 2 个背弯试样和 2 个面弯试样。背弯试验时基层焊缝金属表面受拉伸。

弯曲试验尺寸见表 A1。

表 A1 弯曲试验尺寸

弯曲试样类别	试样厚度 $S$ , mm	弯心直径 $D$ , mm	支座间距离, mm	弯曲角度, (°)
侧弯试样	10	40	63	180
面弯、背弯试样	$S$	$4S$	$6S+3$	

c) 冲击试验

只对基层焊缝区及热影响区取冲击试样。

A2.5 力学性能试验的合格指标

a) 拉伸试验:每个试样的抗拉强度  $\sigma_b$  应满足:

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

式中:  $\sigma_{b1}$ ——复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;  $t_1$ ——复层厚度;  $t_2$ ——基层厚度。

b) 弯曲试验:试样弯曲到规定的角度后,拉伸面上任何方向不得有长度大于 3mm 的任一裂纹或缺陷,试样的棱角开裂不计。对轧制法、爆炸轧制法、爆炸法生产的不锈钢复合钢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。

c) 冲击试验:每个区 3 个试样为一组的常温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 1 个试样的冲击吸收功低于规定值,但不低于规定值的 70%。

## 附 录 B

(提示的附录)

### 焊接工艺指导书和焊接工艺评定报告表格推荐格式

B1 表 B1 为“焊接工艺指导书”的推荐格式,表 B2 为“焊接工艺评定报告”的推荐格式。以上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。

B2 其他焊接方法的表格形式可参照表 B1、表 B2 拟定。

表 B1 焊接工艺指导书

单位名称 _____										
焊接工艺指导书编号 _____			日期 _____			焊接工艺评定报告编号 _____				
焊接方法 _____				机械化程度(手工、半自动、自动) _____						
焊接接头: _____ 简图:(接头形式、坡口形式尺寸、焊层、焊道布置及顺序) 坡口形式: _____ 衬垫(材料及规格) _____ 其他 _____										
母材: 类别号 _____ 组别号 _____ 与类别号 _____ 组别号 _____ 相焊及 标准号 _____ 钢号 _____ 与标准号 _____ 钢号 _____ 相焊 厚度范围: 母材:对接焊缝 _____ 角焊缝 _____ 管子直径、壁厚范围:对接焊缝 _____ 角焊缝 _____ 焊接金属厚度范围:对接焊缝 _____ 角焊缝 _____ 其他 _____										
焊接材料:										
焊材类别										
焊材标准										
填充金属尺寸										
焊材型号										
焊材牌号(钢号)										
其他										
耐腐蚀堆焊金属化学成分(%)										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Nb
其他										

注:对每一种母材与焊接的组合均需分别填表。

表 B1 (完)

焊接位置： 对焊接缝的位置 _____ 焊接方向：(向上、向下) _____ 角焊缝位置 _____ 焊接方向：(向上、向下) _____				焊后热处理： 温度范围(℃) _____ 保温时间(h) _____																			
预热 预热温度(℃)(允许最低值) _____ 层间温度(℃)(允许最高值) _____ 保持预热时间 _____ 加热方式 _____				气体： <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 20%;">气体种类</th> <th style="width: 20%;">混合比</th> <th style="width: 30%;">流量(L/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>保护气</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>尾部保护气</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>背面保护气</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>					气体种类	混合比	流量(L/min)	保护气	_____	_____	_____	尾部保护气	_____	_____	_____	背面保护气	_____	_____	_____
	气体种类	混合比	流量(L/min)																				
保护气	_____	_____	_____																				
尾部保护气	_____	_____	_____																				
背面保护气	_____	_____	_____																				
电特性 电流种类：_____ 极性：_____ 焊接电流范围(A)：_____ 电弧电压(V)：_____																							
(按所焊位置和厚度,分别列出电流和电压范围,记入下表)																							
焊道/焊层	焊接方法	填充材料		焊接电流		电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	线能量 (kJ/cm)															
		牌号	直径	极性	电流 A																		
钨极类型及直径 _____ 喷嘴直径(mm)：_____																							
熔滴过渡形式 _____ 焊丝送进速度 (cm/min) _____																							
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：_____																							
编制		日期		审核		日期		批准		日期													

表 B2 焊接工艺评定报告

单位名称: \_\_\_\_\_  
 焊接工艺评定报告编号: \_\_\_\_\_ 焊接工艺指导书编号: \_\_\_\_\_  
 焊接方法: \_\_\_\_\_ 机械化程度: (手工、半自动、自动) \_\_\_\_\_

接头简图: (坡口形式、尺寸、衬垫、每种焊接方法或焊接工艺、焊接金属厚度)

母材:  
 材料标准: \_\_\_\_\_  
 钢号: \_\_\_\_\_  
 类、组别号: \_\_\_\_\_ 与类、组别号: \_\_\_\_\_ 相  
 焊  
 厚度: \_\_\_\_\_  
 直径: \_\_\_\_\_  
 其他: \_\_\_\_\_

焊后热处理:  
 热处理温度(℃): \_\_\_\_\_  
 保温时间(h): \_\_\_\_\_

保护气体:	气体	混合比	流量(L/min)
保护气体:	_____	_____	_____
尾部保护气:	_____	_____	_____
背面保护气:	_____	_____	_____

填充金属:  
 焊材标准: \_\_\_\_\_  
 焊材牌号: \_\_\_\_\_  
 焊材规格: \_\_\_\_\_  
 焊材金属厚度: \_\_\_\_\_  
 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: \_\_\_\_\_

焊接位置:  
 对接焊缝位置: \_\_\_\_\_ 方向: (向上、向下)  
 角焊缝位置: \_\_\_\_\_ 方向: (向上、向下)

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: \_\_\_\_\_

预热:  
 预热温度(℃): \_\_\_\_\_  
 层间温度(℃): \_\_\_\_\_  
 其他: \_\_\_\_\_



表 B2 (完)

金相检验(角焊缝):

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) \_\_\_\_\_。

检验截面	I	II	III	IV	V
焊脚差(mm)					

无损检验

RT: \_\_\_\_\_ UT: \_\_\_\_\_

MT: \_\_\_\_\_ PT: \_\_\_\_\_

其他 \_\_\_\_\_

耐蚀堆焊金属化学成分(重量%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Nb

分析表面或取样开始表面至熔合线的距离(mm): \_\_\_\_\_

附加说明:

结论:本评定按 JB 4708—2000 规定焊接试件、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
第三方检验								