

JB

# 中华人民共和国行业标准

JB 4708—2005

代替 JB/T 4708—2000

## 承压设备焊接工艺评定

## Welding Procedure Qualification for Pressure Equipment (征求意见稿)

2005—××—×× 发布

2005—××—×× 实施

国家发展和改革委员会 发布

## 前 言

本标准对 JB4708—2000 进行修订。

本标准依据 JB 4708-2000 实施以来所取得的经验，根据标准管理要求，参照近期国际同类标准进行了下列变动：

- 1 适用范围从压力容器扩大到锅炉、压力管道和气瓶。
- 2 增加“复合金属焊接工艺评定”、“换热管与管板焊接工艺评定”、“气瓶焊接工艺评定”、“螺柱焊工艺评定”、“接管焊接工艺评定”。
- 3 增加等离子弧焊、螺柱焊和摩擦焊等焊接方法的焊接工艺评定因素。
- 4 增加钛材、铝材的分类、分组。
- 5 增加填充金属（焊条、焊丝、焊剂）分类及焊接工艺评定规则。
- 6 增加焊接工艺卡、螺柱焊术语。
- 7 撤消 JB 4708-2000 中的附录 A 不锈钢复合钢焊接工艺评定。
- 8 变更 JB 4708-2000 标准的编写结构，将焊接工艺评定因素及类别划分集中成一章；各类焊接工艺评定都按评定目的，评定规则、评定方法、检验要求和结果评定程序编写。

### 9 第三章

修订了焊接工艺指导书名词和焊后热处理术语说明。

### 10 第四章

- (1) 撤消型式试验件焊接工艺评定。
- (2) 增加焊接工艺评定地位、关系及运用方面的内容。

### 11 第五章

- (1) 增加锅炉、气瓶、压力管道用钢材，并划分类别、组别。
- (2) 依据 GB150-1998 的变更撤消和增加了部份压力容器钢材并重新划分类别、组别。
- (3) 撤消 JB4708-2000 表 1 中填充金属类中焊条、焊剂、焊丝有关牌号、钢号评定规则，增加若干条款，生成表 6。

### 12 第六章

(1) 增加等离子弧焊、摩擦焊时的母材评定规则。此外，对其它焊接方法增加了两条母材评定规则：

- (2) 修订两项试件厚度与焊件厚度复盖规定。
- (3) 修订拉伸试验合格指标。
- (4) 变更外径  $\phi \leq 100\text{mm}$  的管状试件弯曲试样宽度。
- (5) 增加钛材、铝材弯曲试验规定。
- (6) 修订冲击试验时，在厚度方向上取样规定。

### 13 第七章

- (1) 修订堆焊金属重新评定的焊接条件。
- (2) 增加等离子弧焊堆焊重新评定的焊接工艺条件。
- (3) 增加管状堆焊试件并规定取样位置。

本标准从实施之日起，代替 JB4708-2000。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 是规范性附录。

本标准的附录 D、附录 E、附录 F 是资料性的附录。

本标准由全国锅炉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：

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 1992 年 4 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负责解释。

## 目 次

### 前言

#### 1 范围

#### 2 规范性引用文件

#### 3 术语

#### 4 总则

#### 5 焊接工艺评定因素及类别划分

#### 6 对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定

#### 7 耐蚀堆焊工艺评定

#### 附录 A(规范性附录) 复合金属焊接工艺评定

#### 附录 B(规范性附录) 换热管与管板焊接工艺评定

#### 附录 C(规范性附录) 气瓶焊接工艺评定

#### 附录 D(规范性附录) 螺柱焊工艺评定

#### 附录 E(资料性附录) 接管焊接工艺评定

#### 附录 F(资料性附录) 焊接工艺规程和焊接工艺评定报告表格推荐格式

# 中华人民共和国行业标准

## 承压设备焊接工艺评定

JB 4708—

代替 JB4708—2000

### Welding Procedure Qualification For Pressure Equipment

#### 1 范围

本标准规定了承压设备（锅炉、压力容器、气瓶、压力管道）的对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定、耐蚀堆焊工艺评定、复合金属焊接工艺评定、换热管与管板焊接工艺评定、气瓶焊接工艺评定、螺柱焊工艺评定和接管焊接工艺评定的基本要求。

本标准适用于承压设备用气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊、摩擦焊、螺柱焊和耐蚀堆焊等的焊接工艺评定，不适用于气电立焊、电子束焊、电阻焊、激光焊、耐磨堆焊和钎焊等的焊接工艺评定。

#### 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 150	钢制压力容器
GB 151	管壳式换热器
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/T 699—1999	优质碳素结构钢
GB/T 700—1988	碳素结构钢
GB/T 710—1991	优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带
GB/T 711—1988	优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带
GB/T 712—2000	船体用结构钢
GB 713	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/T 983	不锈钢焊条
GB 2653	焊接接头弯曲及压扁试验方法
GB 3087	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及钢带
GB/T 3531	低温压力容器用低合金钢板
GB/T 3621—1994	钛及钛合金板材
GB/T 3624—1995	钛及钛合金管
GB/T 3625—1995	换热器及冷凝器用钛及钛合金管
GB/T 3880—1997	铝及铝合金轧制板材

GB/T 4237—1992	不锈钢热轧钢板	
GB/T 4437.1—2000	铝及铝合金热挤压管 第一部分：无缝钢管	
GB/T 5117—2000	碳钢焊条	
GB/T 5118—2000	低合金钢焊条	
GB/T 5293—2000	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂	
GB 5310—2000	高压锅炉用无缝钢管	
GB 6479—2000	高压化肥设备用无缝钢管	
GB 6653—2000	焊接气瓶用钢板	
GB 6654—2000	压力容器用钢板	
GB/T 6893—2000	铝及铝合金拉（轧）制无缝管	
GB/T 8110	气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝	
GB/T 8163—1999	输送流体用无缝钢管	
GB/T 9711.1	石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第1部分：A级钢管	
GB/T 9711.2	石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第2部分：B级钢管	
GB/T 9948	石油裂化用无缝钢管	
GB/T 10571—1989	铝及铝合金焊接管	
GB/T 10858	铝及铝合金焊丝	
GB/T 12470	埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂	
GB/T 13237—1991	优质碳素结构钢冷轧薄钢板和钢带	
GB/T 13296	锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管	
GB/T 14957	熔化焊用钢丝	
GB/T 14958	气体保护焊用钢丝	
GB/T 14976	流体输送用不锈钢无缝钢管	
GB/T 16598—1996	钛及钛合金饼和环	
GB/T 17493	低合金钢药芯焊丝	
GB/T 17853	不锈钢药芯焊丝	
GB/T 17854	埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂	
GB/T 19189	压力容器用调质高强度钢板	
JB 4726	压力容器用碳素钢和低合金钢锻件	
JB 4727	低温压力容器用低合金钢锻件	
JB 4728	压力容器用不锈钢锻件	
JB 4730	压力容器无损检测	
JB/T 4734	铝制焊接容器	
JB/T 4745	钛制焊接容器	
JB/T 9626	锅炉锻件技术条件	
YB/T 5092	焊接用不锈钢丝	
SY 5297	石油天然气输送管道用直缝电阻焊钢管	

### 3 术语

本标准采用下列定义

- 3.1 焊接工艺评定 welding procedure qualification  
为使焊接接头符合标准要求，对所拟定的焊接工艺进行验证性试验及结果评价过程。
- 3.2 焊接工艺规程 welding procedure specification  
为验证性试验所拟定的、经评定合格的、用于指导产品施焊的焊接工艺评定文件。
- 3.3 焊接工艺评定报告 procedure qualification record

记载验证性试验结果，对拟定焊接工艺进行评价的报告。

#### 3.4 焊接性能 Weldability

材料在限定的施工条件下，焊接成符合设计规定的构件，并满足服役要求的能力。焊接性能受材料、焊接工艺、构件类型及使用要求四个因素的影响。

#### 3.5 焊接工艺卡 Welding work instruction

制造焊件所有关的加工和操作要求的细则程序文件，可保证由熟练焊工或操作工施工时质量的再现性。

#### 3.6 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。

#### 3.7 焊件 weldment

用焊接方法连接的承压设备或其零部件。

#### 3.8 试件 test piece

按照拟定的焊接工艺制成的用于焊接工艺评定试验的焊件。

#### 3.9 试样 test specimen

从试件上按规定切取的供试验用的样品。

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

在焊接后进行的温度超过规定界限热过程，如热处理、热冲压、高温搪瓷等。

#### 3.11 下转变温度 lower transformation temperature

加热期间开始形成奥氏体的相变温度。

#### 3.12 上转变温度 upper transformation temperature

加热期间完成奥氏体转变的相变温度。

#### 3.13 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。

#### 3.14 背弯 root bend

试样受拉面为焊缝背面的弯曲。

#### 3.15 侧弯 side bend

试样受拉面为焊缝横截面的弯曲。

#### 3.16 螺柱焊 stud welding

使用自动化焊接方法（手工引弧除外）连接金属螺柱（或类似零件）与工件。

### 4 总则

4.1 承压设备的焊接质量是焊接相关方面综合作用结果，焊接工艺评定是焊接质量管理体系中重要环节之一。

4.2 本标准规定的各类焊接工艺评定的目的各不相同，评定规则也不一致，在进行焊接工艺评定时应分别遵守相应的每一项规定。

4.3 焊接工艺评定以金属材料的焊接性能为基础，并在产品焊接之前完成。各类焊接工艺评定标准，从焊接工艺评定目的出发，为减少焊接工艺评定数量制定了评定规则。当依据评定合格的焊接工艺编制产品的焊接工艺卡时，还要综合考虑图样设计技术要求，服役条件和制造特点才能确定。

4.4 本标准中各类焊接工艺评定围绕各自的目的，规定了密切相关完整的基本内容。当超出本标准规定范围，变更（或增加）检验要求时，应同时指明检验方法、合格指标和变更（或增加）检验要求后评定规则。

4.5 焊接工艺评定一般过程是：根据金属材料的焊接性能，按照图样设计技术条件、服役条件和制造工艺拟定焊接工艺规程，施焊试件和制取试样，测定焊接接头是否具有标准规定的

技术要求，并提出焊接工艺评定报告对拟定的焊接工艺规程进行评定。

4.6 焊接工艺评定验证施焊单位拟定焊接工艺的正确性，并评定施焊单位在限定条件下焊成合格接头的的能力。

4.7 焊接工艺评定所用设备、仪表应处于正常工作状态，金属材料、焊接材料应符合相应标准，由本单位操作技能熟练的焊接人员使用本单位焊接设备焊接试件。

## 5 焊接工艺评定因素及类别划分

### 5.1 焊接工艺评定因素分为重要因素、补加因素和次要因素

5.1.1 重要因素是指影响焊接接头力学性能（冲击韧性除外）的焊接工艺因素。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

### 5.2 适用于各种焊接方法的焊接工艺评定因素及分类

#### 5.2.1 焊接方法及分类

焊接方法的类别为：气焊（OFW）、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 和 FCAW）、电渣焊（ESW）、等离子弧焊（PAW）、摩擦焊（FRW）、螺柱焊（SW）和堆焊。

#### 5.2.2 金属材料及分类

根据金属材料的化学成分、力学性能和焊接性能将母材进行分类、分组如表 1。

表 1 母材分类分组

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-1	1	GB/T 700	Q215-A		335	C	管
		GB/T 700	Q215-B		335	C	板
		GB/T 3274	Q235-A	4.5~40	375	C	板
		GB/T 3274	Q235-B	4.5~40	375	C	板
		GB/T 3274	Q235-C	4.5~40	375	C	板
		GB/T 3274	Q235-D		375	C	板
		GB/T 8163	10	≤10	335	C	管
		GB 3087	10		335	C	管
		GB/T 9948	10	≤16	335	C	管
		GB 6479	10	≤40	335	C	管
		JB 4726	20	≤200	390	C	锻件
		GB/T 699	20		410	C	锻件
		GB/T 8163	20	≤10	390	C	管
		GB 3087	20		410	C	管
		GB/T9948	20	≤16	410	C	管
		GB 5310	20G		410	C	管
		GB5310	20MnG		415	C-Mn	管
		GB 150	09MnD	≤16	400	C-Mn	管
		GB/T 711	10	4~60	335	C	板
		GB/T 711	15	4~60	370	C	板



续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-1	1	GB/T 711	20	4~60	410	C	板
		GB/T 712	A 级	≤50	400	C	板
			B 级	≤50	400	C	板
		GB 713	20g	6~60	400	C	板
				>60~100	390	C	板
				>100~150	380	C	板
		GB 6479	20	≤4	410	C	管
		GB/T 912	Q235A	3~4	375	C	板
			Q235B	3~4	375	C	板
			Q235C	3~4	375	C	板
		GB 6654	20R	6~60	400	C	板
				>60~100	390	C	板
		GB/T 700	Q235-A		375	C	板
		GB/T 700	Q235-B		375	C	板
			Q235-C		375	C	板
			Q235-D		375	C	板
		GB/T 710	15	≤4	335	C	板
			20	≤4	355	C	板
		GB/T 13237	15	≤4	335	C	板
			20	≤4	355	C	板
		GB/T 700	Q195		315		管
		GB/T 9711.1	L175		315		管
			L 210		335	C-Mn	管
			L 245	≤25	415	C-Mn	管
			L 290	≤25	415	C-Mn	管
		GB/T 9711.2	L 245NB	≤25	415	C-Mn	管
		GB/T 9711.2	L 245MB	≤25	415	C-Mn-V	管
			L 290NB	≤25	415	C-Mn-V	管
			L 290MB	≤25	415	C-Mn-V	管
		SY 5297	S205		330	C-Mn	管
			S240		415	C-Mn	管
			S290		415	C-Mn	管
Fe-1	2	GB 6653	HP295	热轧 2.5~12.0 冷轧 1.5~4.0	440	C	板

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度 mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-1	2	GB 6653	HP 325	热轧 2.5~12.0 冷轧 1.5~4.0	490	C-Mn	板
		GB 6653	HP 345	热轧 2.5~12.0 冷轧 1.5~4.0	510	C-Mn	板
		GB/T 8163	Q295		430	C-Mn	管
		GB/T 8163	Q345		490	C-Mn	管
		GB/T 699	25		450	C	锻件
		GB 6654	16MnR	6~16	510	C-Mn	板
				>16~36	490	C-Mn	板
				>36~60	470	C-Mn	板
				>60~100	460	C-Mn	板
				>100~120	450	C-Mn	板
		GB 713	16Mng	6~16	510	C-Mn	板
				>16~25	490	C-Mn	板
				>25~60	470	C-Mn	板
				>60~150	440	C-Mn	板
		JB 4726	16Mn	≤300	450	C-Mn	锻
		GB 6479	16Mn	≤40	490	C-Mn	管
		JB 4727	16MnD	≤300	450	Mn-0.4Ni	锻
		GB 3531	16MnDR	6~16	490	C-Mn	板
				>16~36	470	C-Mn	板
				>36~100	450	C-Mn	板
		GB 713	19Mng	6~60	510	C-Mn	板
				>60~100	490	C-Mn	板
				>100~150	480	C-Mn	板
		JB 4727	09MnNiD	≤300	420	C-Mn-0.6Ni	锻件
		GB 3531	09MnNiDR	6~16	440	Mn-0.5Ni	板
				>16~100	430	Mn-0.5Ni	板
		GB/T 9711.1	L320		435	C-Mn	管
		GB/T 9711.1	L360		460	C-Mn	管
		GB/T 9711.1	L390		490	C-Mn	管
		GB/T 9711.1	L415		520	C-Mn	管
		GB/T 9711.2	L415NB	≤25	460	C-Mn-V	管
			L360 QB	≤25	460	C-Mn-V	管
			L360 MB	≤25	460	C-Mn-V	管
			L415 NB	≤25	520	C-Mn-V	管
			L415 QB	≤25	520	C-Mn-V	管

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-1	2		L415 MB	≤25	520	C-Mn-V	管
		SY 5297	S315		435	C-Mn	管
			S360		455	C-Mn	管
			S385		490	C-Mn	管
		SY 5297	S415		515	C-Mn	管
		GB 713	22Mng	>25	515	C-Mn	板
		GB 5310	25MnG		485	C-Mn	管
		GB 3531	15MnNiDR	6~16	490	Mn-0.4Ni	板
				>16~36	470	Mn-0.4Ni	板
				>36~60	460	Mn-0.4Ni	锻件
Fe-1	3	GB 6653	HP 365	热轧 2.5~12.0 冷轧 1.5~4.0	540	C-Mn	板
		GB 6654	15MnVR	6~8	550	Mn-0.08V	板
				6~16	530	Mn-0.08V	板
				>16~36	510	Mn-0.08V	板
				>36~60	490	Mn-0.08V	板
		GB 6654	15MnNbR	10~36	530	Mn-0.07Nb	板
				>36~60	520	Mn-0.07Nb	板
		GB/T 9711.1	L450		535	C-Mn	管
		GB/T 9711.2	L450 QB	≤25	535	C-Mn-V	管
			L450 MB	≤25	535	C-Mn-V	管
		SY 5297	S450		530	C-Mn	管
Fe-1	4	GB/T 9711.1	L485		570	C-Mn, 或 协议	管
			L555		625	C-Mn, 或 协议	管
		GB/T 9711.2	L485 MB	≤25	570	C-Mn-V	管
			L555 MB	≤25	625	C-Mn-V	管
		SY 5297	S480		565	C-Mn	管
		GB/T 19189	12MnNiVR	12~60	610	Mn-0.3Ni-0.04V	板
		GB/T 9711.2	L485 QB	≤25	570	C-Mn-V	管
			L555 QB	≤25	625	C-Mn-V	管
		GB/T 19189	07MnCrMoVR	12~60	610	Mn-0.2Cr-0.2Mo-0.04V	板

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-1	4	GB/T 19189	07MnCrMoVR	12~60	610	Mn-0.2Cr- 0.2Mo-0.04V	板
		GB/T 19189	07MnNiMoVDR	12~60	610	Mn-0.4Ni- 0.2Mo-0.04V	板
		JB 4727	08MnNiCrMoVD	≤300	600	Mn-1.4Ni-0.4Cr-0 .4Mo-0.04V	锻件
Fe-2 (待 定)							
Fe-3	1	GB 5310	15MoG		450	C-0.3Mo	管
			20MoG		415	C-0.5Mo	管
			12CrMoG		410	0.5Cr-0.5Mo	管
		GB 6479	12CrMo	≤40	410	0.5Cr-0.5Mo	管
		GB/T 9948	12CrMo	≤16	410	0.5Cr-0.5Mo	管
		JB/T 9626	12CrMo	≤100	412	0.5Cr-0.5Mo	锻件
	2	JB 4726	20MnMo	≤300	530	Mn-0.3Mo	锻件
				>300-500	510	Mn-0.3Mo	锻件
				>500-700	490	Mn-0.3Mo	锻件
		JB 4727	20MnMoD	≤300	530	Mn-0.3Mo	锻件
				>300-500	510	Mn-0.3Mo	锻件
				>500-700	490	Mn-0.3Mo	锻件
		GB 6479	10MoWVNb	≤40	470	0.8Mo-0.7W-0.4V- 0.09Nb	管
		GB 6479	12SiMoVNb		470	Si-1Mo-0.4V-0.06Nb	管
Fe-3	3	GB 713	13MnNiCrMoNbG	≤150	570	Mn-0.8Ni-0.3Cr- 0.3Mo-0.01Nb	板
		GB 6654	13MnNiMoNbR	30~120	570	Mn-0.8Ni-0.3Mo- 0.01Nb	板
		GB 6654	18MnMoNbR	30~60	590	Mn-0.6Mo-0.04Nb	板
				>60~100	570	Mn-0.6Mo-0.04Nb	板
		JB 4726	20MnMoNb	≤300	620	Mn-0.6Mo-0.04Nb	锻件
				>300-500	610	Mn-0.6Mo-0.04Nb	锻件

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-4	1	GB 6654	15CrMoR	6~100	450	1Cr-0.5Mo	板
		GB 713	15CrMog	≤100	450	1Cr-0.5Mo	板
		GB 5310	15CrMoG		440	1Cr-0.5Mo	管
		GB 6479	15CrMo	≤16	440	1Cr-0.5Mo	管
		GB/T 9948	15CrMo	≤16	440	1Cr-0.5Mo	管
		JB 4726	15CrMo	≤300	440	1Cr-0.5Mo	锻件
				>300-500	430	1Cr-0.5Mo	锻件
		JB/T 9626	15CrMo	≤300	441	1Cr-0.5Mo	锻件
		GB 150	14Cr1MoR	16-120	515	1.25Cr-0.5Mo	板
		JB 4726	14Cr1Mo	≤300	490	1.25Cr-0.5Mo	锻件
				>300-500	480	1.25Cr-0.5Mo	锻件
	2	GB 713	12Cr1MoVg	6-16	440	1Cr-0.3Mo-0.25V	板
				>16-100	430	1Cr-0.3Mo-0.25V	板
		GB5310	12Cr1MoVG		470	1Cr-0.3Mo-0.25V	管
		JB 4726	12Cr1MoV	≤300	440	1Cr-0.3Mo-0.25V	锻件
				>300-500	430	1Cr-0.3Mo-0.25V	锻件
		JB 9626	12Cr1MoV	≤300	441	1Cr-0.3Mo-0.25V	锻件
Fe-5	1	GB 5310	12Cr2MoG		450	2.25Cr-1Mo	管
		JB 4726	12Cr2Mo1	≤300	510	2.25Cr-1Mo	锻件
				>300-500	500	2.25Cr-1Mo	锻件
		GB 6479	12Cr2Mo	≤40	450	2.25Cr-1Mo	管
		GB 150	12Cr2Mo1R	6~150	515	2.25Cr-1Mo	板
		JB/T 9626	25Cr2MoVA	≤150	834	2Cr-0.3Mo-0.2V	锻件
		GB 5310	12Cr2MoWVTiB		540	2Cr-0.6Mo-0.4W- 0.35V-0.3Ti	管
		GB 5310	12Cr3MoVSiTiB		610	3Cr-1Mo-0.25V- 0.8Si-0.3Ti	管
Fe-5	2	JB 4726	1Cr5Mo	≤500	590	5Cr-0.5Mo	锻件
		GB 6479	1Cr5Mo	≤40	390	5Cr-0.5Mo	管
		GB 5310	10Cr9Mo1VNb		585	9Cr-1Mo	管
Fe-6		GB/T 4237	0Cr13	2~60	410	13Cr	板
Fe-7		JB 4728	0Cr13	≤100	410	13Cr	锻件
		GB/T 14976	0Cr13	≤18	370	13Cr	管
		GB/T 4237	0Cr13Al	2~15	410	13Cr-Al	板
		GB/T 13296	1Cr17		410	17Cr	管
Fe-8	1	GB/T 13296	1Cr19Ni9	≤13	520	19Cr-9Ni	管
		GB 5310	1Cr18Ni9		520	19Cr-9Ni	管

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-8	1	GB/T 4237	0Cr18Ni9	2~60	520	18Cr-9Ni	板
		GB/T 13296	0Cr18Ni9	≤13	520	18Cr-9Ni	管
		GB/T 14976	0Cr18Ni9	≤18	520	18Cr-9Ni	管
		JB 4728	0Cr18Ni9	≤100	520	18Cr-9Ni	锻件
				>100-200	490	18Cr-9Ni	锻件
		GB/T 4237	00Cr19Ni10	2~60	480	19Cr-10Ni	板
		GB/T 13296	00Cr19Ni10	≤13	480	19Cr-10Ni	管
		GB/T 14976	00Cr19Ni10	≤18	480	19Cr-10Ni	管
		JB 4728	00Cr19Ni10	≤100	480	19Cr-10Ni	锻件
				>100-200	450	19Cr-10Ni	锻件
		GB/T 13296	1Cr18Ni9Ti	≤13	550	18Cr-9Ni-Ti	管
		GB/T 13296	1Cr18Ni11Ti	≤13	520	18Cr-11Ni-Ti	管
		GB/T 13296	1Cr19Ni11Nb	≤13	520	19Cr-11Ni-Nb	管
		GB 5310	1Cr19Ni11Nb		520	19Cr-11Ni-Nb	管
		JB 4728	1Cr18Ni19Ti	≤100	520	18Cr-9Ni-Ti	锻件
				>100-200	490	18Cr-9Ni-Ti	锻件
		GB/T 4237	0Cr18Ni10Ti	2~60	520	18Cr-10Ni-Ti	板
		GB/T 13296	0Cr18Ni10Ti	≤13	520	18Cr-10Ni-Ti	管
		GB/T 13296	0Cr18Ni11Nb	≤13	520	18Cr-11Ni-Nb	管
		GB/T 14976	0Cr18Ni10Ti	≤18	520	18Cr-10Ni-Ti	管
		JB 4728	0Cr18Ni10Ti	≤100	520	18Cr-10Ni-Ti	锻件
				>100-200	490	18Cr-10Ni-Ti	锻件
		GB/T 13296	1Cr18Ni12Mo2Ti		540	18Cr-12Ni-2Mo-Ti	管
		GB/T 13296	1Cr18Ni12Mo3Ti		540	18Cr-12Ni-3Mo-Ti	管
		GB/T 13296	1Cr17Ni12Mo2		520	17Cr-12Ni-2Mo	管
		GB/T 4237	0Cr17Ni12Mo2	2~60	520	17Cr-12Ni-2Mo	板
		GB/T 4237	0Cr18Ni12Mo2Ti	2~60	530	18Cr-12Ni-2Mo-Ti	板
		GB/T 13296	0Cr17Ni12Mo2	≤13	520	17Cr-12Ni-2Mo	管
		GB/T 13296	0Cr19Ni13Mo3	≤13	520	19Cr-13Ni-3Mo	管
		GB/T 13296	0Cr18Ni12Mo2Ti	≤13	530	18Cr-12Ni-2Mo-Ti	管
		GB/T 14976	0Cr17Ni12Mo2	≤18	520	0Cr17Ni12Mo2	管
		GB/T14976	0Cr18Ni12Mo2Ti	≤18	530	0Cr18Ni12Mo2Ti	管
		GB/T 14976	0Cr19Ni13Mo3	≤18	520	0Cr19Ni13Mo3	管
		JB 4728	0Cr17Ni12Mo2	≤100	520	17Cr-12Ni-2Mo	锻件
				>100-200	490	17Cr-12Ni-2Mo	锻件
		JB4728	0Cr18Ni12Mo2Ti	≤100	520	18Cr-12Ni-2Mo-Ti	锻件
				>100-200	490	18Cr-12Ni-2Mo-Ti	锻件

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Fe-8	1	JB 4237	0Cr19Ni13Mo3	2-60	520	19Cr-13Ni-3Mo	板
		GB/T 13296	0Cr18Ni13Si4		520	18Cr-13Ni-4Si	管
		GB/T 4237	00Cr17Ni14Mo2	2-60	480	17Cr-14Ni-2Mo	板
		GB/T 4237	00Cr19Ni13Mo3	2-60	480	19Cr-13Ni-3Mo	板
		GB/T 13296	00Cr17Ni14Mo2	≤13	480	17Cr-14Ni-2Mo	管
		GB/T 13296	00Cr19Ni13Mo3	≤13	480	19Cr-13Ni-3Mo	管
		GB/T 14976	00Cr17Ni14Mo2	≤18	480	17Cr-14Ni-2Mo	管
		GB/T 14976	00Cr19Ni13Mo3	≤18	480	19Cr-13Ni-3Mo	管
		JB 4728	00Cr17Ni14Mo2	≤100	480	17Cr-14Ni-2Mo	锻件
				>100-200	450	17Cr-14Ni-2Mo	锻件
Fe-8	2	GB/T 13296	2Cr23Ni13		520	23Cr-13Ni	管
		GB/T 13296	0Cr23Ni13		520	23Cr-13Ni	管
		GB/T 13296	2Cr25Ni20		520	25Cr-20Ni	管
		GB/T 13296	0Cr25Ni20		520	25Cr-20Ni	管
Fe-8	3	GB/T 13296	0Cr26Ni5Mo2		590	26Cr-5Ni-2Mo	管
Fe-9		JB 4727	10Ni3MoVD	≤300	600	3Ni-0.25Mo-0.04V	锻件
Fe-10		GB/T 13296	00Cr27Mo		410	27Cr-1Mo	管
		GB/T 13296	1Cr25Ti		440	25Cr-0.7Ti	管
Al-1		GB/T 3880	1A85	>45-200	60(H112)	99.8Al	板
			1060	08-100	55(0)	99.6Al	板
				>45-65	75(H112)		板
				>65-125	70(H112)		板
				>125-250	60(H112)		板
				>25-800	55(H112)		板
			1050A	≤100	60(0)	99.5Al	板
				>45-65	85(H112)		板
				>65-125	80(H112)		板
				>125-250	70(H112)		板
				>250-800	65(H112)		板
			1200	>08-100	75(0)	99.0Al	板
				>45-65	95(H112)		板
				>65-125	90(H112)		板
				>125-500	85(H112)		板
				>500-800	80(H112)		板
			3003	≤100	95(0)	Al-Mn-Mg	板
				>45-125	115(H112)		板
			3003	>125-500	105(H112)		板

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Al-1				>500-800	100(H112)		板
		GB/T 6893	1060	05-50	60(0)	99.6Al	轧制无缝管
			1050A	05-50	60(0)	99.5Al	轧制无缝管
			1200	05-50	75(0)	99. 0Al	轧制无缝管
			3003	075-50	95(0)	Al-Mn-Cu	轧制无缝管
		JB/T 4734	3003	≤100	95(H112)	Al-Mn-Cu	手工锻件与模锻
				≤100	95(H112 焊)		手工锻件与模锻
		GB/T 4437.1	1060	50-500	60 (0, H112)	99.6Al	挤压无缝管
			1050A	50-500	60 (0)	99.5Al	挤压无缝管
			1200	50-500	75 (0, H112)	99.0Al	挤压无缝管
			3003	50-500	95 (0, H112)	Al-Mn-Cu	挤压无缝管
		GB/T 10571	1060	10-30	55 (0)	99.6Al	焊接管
			1050A	13-30	60 (0)	99.5Al	焊接管
Al-2		GB/T 3880	3004	≤100	150 (0)	Al-Mn-Mg	板
Al-2			5052	05-100	170 (0)	Al-2.5Mg	板
				>45-125	195 (H112)		板
				>125-800	175 (H112)		板
			5A03	05-45	195 (0)	Al-3.5Mg-Mn	板
				>45-100	185 (H112)		板
				>100-250	175 (H112)		板
				>250-500	165 (H112)		板
		GB/T 4437.1	5454	50-500	215 (0, H112)	Al-2.75Mg-Mn	挤压无缝管



续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Al-2		GB/T 4437.1	5052	50-500	170 (0)	Al-2.5Mg	挤压无缝管
			5A03	50-500	175 (H112)	Al-3.5Mg-Mn	挤压无缝管
		GB/T 6893	5052	05-50	170(0)	Al-2.5Mg	轧制无缝管
			5A03	05-50	175(0)	Al-3.5Mg-Mn	轧制无缝管
Al-3		GB/T 3880	6A02	05-45	195(T4)	Al-Mg-Si	板
				>45-100	175(T4)		板
				05-100	165(T4 焊)		板
				05-100	295 (T6)		板
				05-100	165 (T6 焊)		板
		GB/T 6893	6061	0.75-120	205 (T4)	Al-Mg-Si-Cu	轧制无缝管
				>120-50	205 (T4)		轧制无缝管
				0.75-50	165 (T4 焊)		轧制无缝管
				0.75-50	290 (T6)		轧制无缝管
				0.75-50	165 (T6 焊)		轧制无缝管
			6063	0.75-50	230 (T6)	Al-Mg-Si	轧制无缝管
				0.75-50	118 (T6 焊)		轧制无缝管
			6A02	05-50	205 (T4)	Al-Mg-Si	轧制无缝管
				05-50	165 (T4 焊)		轧制无缝管
		GB/T 4437.1	6061	50-500	180(T4)	Al-Mg-Si-Cu	挤压无缝管

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Al3							
				50-500	165 (T4 焊)	Al-Mg-Si-Cu	挤压无缝 管
				50-500	260 (T6)		挤压无缝 管
				50-500	165 (T6 焊)		挤压无缝 管
			6063	50-500	205 (T6)	Al-Mg-Si	挤压无缝 管
				50-500	118 (T6 焊)		挤压无缝 管
			6A02	50-500	205(T4)	Al-Mg-Si	挤压无缝 管
				50-500	165 (T4 焊)		挤压无缝 管
				50-500	295 (T6)		挤压无缝 管
				50-500	165 (T6 焊)		挤压无缝 管
		JB/T 4734	6061	≤100	260 (T6 模锻)	Al-Mg-Si-Cu	锻件
				≤100	255 (T6 手工锻)		锻件
				>100-200	240 (T6 手工锻)		锻件
Al3		JB/T 4734	6061	≤200	165 (T6 焊)		锻件
Al4 (待定)							
Al5		GB/T 3880	5083	05-45	275(0)	Al-4.4Mg-Mn	板
				>45-400	275 (H112)		板
				>400-500	270 (H112)		板

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Al-5			5086	05-45	240(0)	Al-4.0Mg-Mn	板
				>45-125	250 (H112)		板
				>125-400	240 (H112)		板
				400-500	235 (H112)		板
			5A05	>05-45	275 (H112)	Al-5.2Mg-Mn	板
				>45-100	275 (H112)		板
				>100-250	265 (H112)		板
				>250-500	255 (H112)		板
		GB/T 6893	5A05	05-50	215(0)	Al-5.2Mg-Mn	轧制无 缝管
		GB/T 6893	5083	05-50	270(0)	Al-4.4Mg-Mn	轧制无 缝管
		GB/T 4437.1	5083	50-500	270(0, H112)	Al-4.4Mg-Mn	挤压无缝 管
			5A05	50-500	225 (H112)	Al-5.2Mg-Mn	挤压无缝 管
		JB/T 4734	5083	≤100	270 (H112)	Al-4.4Mg-Mn	锻件
Al-5				≤100	260(H11 2 焊)		锻件
Ti-1		GB/T 3621	TA0	03-250	280(退火)	Ti	板
			TA1	03-250	370(退火)	Ti	板
			TA9	08-250	370(退火)	Ti-0.2Pb	板
		GB/T 14845	TA1-A	06-10	240(退火)	Ti	板
		GB/T 3624	TA0	02-45	280(退火)	Ti	无缝管
			TA1	02-45	370(退火)	Ti	无缝管
			TA9	02-45	370(退火)	Ti-0.2Pb	无缝管
			TA0	05-25	280(退火)	Ti	焊接管
			TA1	05-25	370(退火)	Ti	焊接管
			TA9	05-25	370(退火)	Ti-0.2Pb	焊接管

续表 1

母材划分		标准	型号及级别、牌号	标准规定		公称成份	制品类别
类别	组别			厚度 mm	抗拉强度 下限值 MPa		
Ti-1		GB/T 3625	TA0	0.5-4.5	280(退火)	Ti	无缝换热管
			TA1	0.5-4.5	370(退火)	Ti	无缝换热管
			TA9	0.5-4.5	370(退火)	Ti-0.2Pa	无缝换热管
			TA0	0.5-2.5	280(退火)	Ti	无缝换热管
			TA1	0.5-2.5	370(退火)	Ti	无缝换热管
			TA9	0.5-2.5	370(退火)	Ti-0.2Pa	无缝换热管
		GB/T 16598	TA0	≤100	280(退火)	Ti	锻件
			TA1	≤100	370(退火)	Ti	锻件
			TA9	≤100	370(退火)	Ti-0.2Pa	锻件
Ti-2		GB/T 3621	TA2	0.3-2.50	440(退火)	Ti	板
			TA3	0.3-2.50	540(退火)	Ti	板
			TA10	2.0-2.50	485(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	板
		GB/T 3624	TA2	0.2-4.5	440(退火)	Ti	无缝管
			TA10	0.2-4.5	440(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	无缝管
		GB/T 3624	TA2	0.5-2.5	440(退火)	Ti	焊接管
			TA10	0.5-2.5	440(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	焊接管
		GB/T 3625	TA2	0.5-4.5	440(退火)	Ti	无缝换热管
			TA10	0.5-4.5	440(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	无缝换热管
			TA2	0.5-2.5	440(退火)	Ti	焊接换热管
			TA10	0.5-2.5	440(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	焊接换热管
		GB/T 16598	TA2	≤100	440(退火)	Ti	锻件
			TA3	≤100	540(退火)	Ti	锻件
			TA10	≤100	485(退火)	Ti-0.3Mo-0.8Ni	锻件

### 5.2.3 填充金属及分类

填充金属包括焊条、焊丝、钢带、焊剂、预置填充金属、金属粉、板极、熔嘴等。焊条分类见表 2，气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝（实心焊丝和药芯焊丝）分类见表 3；埋弧焊用焊丝分类见表 4；埋弧焊用焊剂分类见表 5。

表 2 焊条分类

焊条分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeT-1-1、2	用于焊接低碳钢及强度级别为 490MPa 低合金钢的焊条	GB/T 5117 E 43×× E 50×× GB/T 5118 E 50××-×
FeT-1-3	用于焊接强度级别为 540MPa 低合金钢的焊条	GB/T 5118 E 55××-×
FeT-1-4	用于焊接强度级别为 590MPa 低合金钢的焊条	GB/T 5118 E 60××-D1 E 60××-G
FeT-1-5	用于焊接强度级别为 690MPa 低合金钢的焊条	GB/T 5118 E 70××-D2 E 70××-M
FeT-2(待定)		
FeT-3	熔敷金属合金成分与 Fe-3 类钢材类似, 用于焊接 Fe-3 类的低合金钢焊条	GB/T 5118 E 50××-A1 E 55××-B1 E 60××-M
FeT-4	熔敷金属合金成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的低合金钢焊条	GB/T 5118 E 55××-B2 E 55××-B2-V
Fe-5	熔敷金属合金成分与 Fe-5 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5 类钢的低合金钢焊条	GB/T 5118 E 60××-B3 E 55××-B3-VNb GB/T 983 E 5MoV-×× E 9Mo-××
FeT-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢焊条	GB/T 983 E 410-××
FeT-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢焊条	GB/T 983 E 430-××
FeT-8-1、2	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢焊条	GB/T 983 E308-×× E347-×× E317L-××
FeT-8-3	熔敷金属为奥氏体-铁素体双相组织的不锈钢焊条	GB/T 983 E2209-×× E2553-××

表 3 气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝分类

焊丝分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeS-1-1、2	用于焊接低碳钢和强度级别为 490MPa 的低合金钢的焊丝	GB/T 14957 H08A、H08MnA H15Mn GB/T 14958 H08MnSi GB/T 8110 ER49-1、ER50-2 ER50-6、ER50-4

表 3 续

焊丝分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeS-1-3	用于焊接强度级别为 540MPa 低合金钢的焊丝	GB/T 14957 H08MnMo GB/T 8110 ER55-D2 ER55-D2-Ti
FeS-1-4	用于焊接强度级别为 590MPa 低合金钢的焊丝	GB/T 14957 H08Mn2MoA H10Mn2MoVA GB/T 17493 E600 T1-D1
FeS-1-5	用于焊接强度级别为 690MPa 低合金钢的焊丝	
FeS-2(待定)		
FeS-3	熔敷金属合金成分与 Fe-3 类钢材类似, 用于焊接 Fe-3 类钢的低合金钢焊丝	GB/T 14957 H08MnMo GB/T 17493 E601T1-D3
FeS-4	熔敷金属合金成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的低合金钢焊丝	GB/T 14957 H13CrMoA GB/T 8110 ER55-B2 ER55-B2-MnV
FeS-5	熔敷金属合金成分与 Fe-5 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5 类钢的低合金钢焊丝	GB/T8110 ER62-B3 ER62-B3L GB/T 17853 E502T×-× E505T×-×
FeS-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢焊丝	YB/T 5092 H1Cr13 GB/T 17853 E410T×-×
FeS-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢焊丝	YB/T 5092 H0Cr14 GB/T 17853 E430T×-×
FeS-8-1、2	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢焊丝	YB/T 5092 H0Cr21Ni10 GB/T 17853 E308LT×-×
FeS-8-3	熔敷金属为奥氏体-铁素体双相组织的不锈钢焊丝	GB/T 17853 E2209T0-× E2553T0-×
AlS-1	纯铝 铝锰合金	GB/T 10858 SA1-1 SA1-3 SA1Mn
AlS-2	铝镁合金	GB/T 10858 SA1Mg-1 SA1Mg-3
AlS-3	铝硅合金	GB/T 10858 SA1Si-1
TiS-1	钛 钛合金	JB/T4745 附录 D STA0R STA10R

表 4 埋弧焊焊丝分类

埋弧焊焊丝 分类代号	分类依据	标准及牌号示例
FeMS-1-1、2	用于焊接低碳钢和强度级别为 490MPa 低合金钢埋弧焊的焊丝	GB/T 14957 H08MnA H10MnSi H10Mn2
FeMS-1-3	用于焊接强度级别为 540MPa 低合金钢埋弧焊的焊丝	GB/T 14957 H08MnMoA
FeMS-1-4	用于焊接强度级别为 590MPa 低合金钢埋弧焊的焊丝	GB/T 14957 H08Mn2MoA
FeMS-1-5	用于焊接强度级别为 690MPa 低合金钢埋弧焊的焊丝	
FeMS-2(待定)		
FeMS-3	熔敷金属合金成分与 Fe-3 类钢材类似, 用于焊接 Fe-3 类钢的低合金钢埋弧焊焊丝	GB/T 14957 H08MnMoA H08Mn2MoA
FeMS-4	熔敷金属合金成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的低合金钢埋弧焊焊丝	GB/T 14957 H08CrMoVA H13CrMoA
FeMS-5	熔敷金属合金成分与 Fe-5 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5 类钢的低合金钢埋弧焊焊丝	
FeMS-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢埋弧焊丝(包括钢带)	GB/T 17854 H1Cr13
FeMS-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢埋弧焊焊丝(包括钢带)	GB/T 17854 H1Cr17
FeMS-8-1、2	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢埋弧焊焊丝(包括钢带)	GB/T 17854 H0Cr20Ni10Nb

表 5 埋弧焊焊剂分类

埋弧焊焊剂 分类代号	焊剂型号	标准
FeG-1	F4××-H××× F5××-H××× F48××-H×××	GB/T 5293 GB/T 12470
FeG-2	F55××-H×××	GB/T 12470
FeG-3	F62××-H×××	GB/T 12470
FeG-4	F69××-H×××	GB/T 12470

#### 5.2.4 焊后热处理及分类

##### 5.2.4.1 类别号为 Fe-1、Fe-3、Fe-4、Fe-5、Fe-6、Fe-9、Fe-10 的焊后热处理类别：

- 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。

##### 5.2.4.2 对于类别号为 Fe-7、Fe-8 的焊后热处理类别：

- a) 不进行焊后热处理；
- b) 进行焊后固溶或稳定化热处理。

##### 5.2.4.3 除 5.2.4.1、5.2.4.2 以外,表 1 中各类别号焊后热处理类别

- a) 不进行焊后热处理；
- b) 在规定的温度范围内进行焊后热处理。

##### 5.2.5 每种焊接方法各自的焊接工艺评定因素及分类见表 6



表 6 各种焊接方法的焊接工艺评定因素

类别	焊接工艺条件	重要因素								补充因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
接头	1. 改变坡口形式。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
	2. 增加或取消衬垫。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	3. 改变衬垫的公称化学成分。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	4. 改变坡口根部间距。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
	5. 取消单面焊时的衬垫(双面焊按有衬垫的单面焊考虑)。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—
	6. 增加或取消非金属或非熔化的焊接熔池金属成形块(或焊缝背面成形金属板)。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—
	7. 增加衬垫,或改变衬垫的公称成分。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—
	8. 改变焊接端螺柱的尺寸和形状。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									补充因素								次要因素								
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
接头	9. 改变电弧保护套圈型号或焊剂型号。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10. 试件接头形状应与产品规定一致。 ①两工件端部焊接平面与旋转轴线夹角变化超过评定值 10°； ②焊接接头横截面积的变化超过评定值 10%，或两工件相焊处，从实心截面改变为空心截面； ③管-管相焊处的外径变化超出评定试件 10%。	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									补充因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊
填充材料	1. 改变焊条直径。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	*2. 焊条的直径改为大于 6mm。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3. 改变焊丝直径。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	○	—	—
	4. 混合焊剂的混合比例。	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5. 增加或取消填充金属	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6. 添加或取消附加的填充金属；与评定值比，其体积改变超过 10%。	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	7. 改变填充金属横截面尺寸。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	○	○	—	—	—
	8. 实心焊丝、药芯焊丝、金属粉之间变更。	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素								附加因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
填充金属	9. 添加或取消预置填充金属; 预置填充金属的化学成分范围。	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10. 丝极改为板极或反之; 丝板或板极钢号。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11. 熔嘴改为非熔嘴或反之。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12. 熔嘴钢号	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. 增加或取消可熔性嵌条。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—
	14. 若焊缝金属合金含量主要取决于附加填充金属时, 当焊接工艺改变引起焊缝金属中重要合金元素超出评定范围。	—	—	○	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									附加因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊
焊接位置	1. 与评定试件相比,增加焊接位置	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—
	2. 需做清根处理的根部焊道向上立焊或向下立焊。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○	○	—	—	—
	*3. 从评定合格的焊接位置改变为向上立焊。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
预热、后热	1. 预热温度比已评定合格值降低 50℃以上。	—	○	○	○	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	*2. 最高层间温度比经评定记录值高 50℃以上。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3. 施焊结束后至焊后热处理前,改变后热温度范围和保温时间。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—
气体	1. 改变可燃气体种类。	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素								附加因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
气体	2. 改变气体保护方式(如真空、惰性气体等)。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3. 改变单一保护气体种类; 改变混合保护气体规定配比; 从单一保护气体改用混合保护气体; 增加或取消保护气体。	—	—	—	○	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4. 当类别号为Fe-10, Ti-1, Ti-2 时, 取消焊缝背面保护气体, 或背面保护气从惰性气体改变为混合气体。	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									补充因素								次要因素								
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
气体	5. 当焊接 Fe-10, Ti-1, Ti-2 类材料时, 取消尾部保护气体; 尾部保护气从惰性气体改变为混合气体; 或尾部保护气体流量比评定值减少 10%或更多。	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6. 改变等离子气和保护气体的流量和组成。	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7. 增加或取消尾部保护气体或改变尾部保护气体成分。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—
	8. 保护气体流量改变超出规定范围。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素								补充因素								次要因素										
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊
气体	9. 增加或取消背面保护气体, 改变背面保护气体规定的流量和组成	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—
电特性	1. 改变电流种类或极性。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○	○	○	○	—	○	—
	*2. 增加线能量或单位长度焊道的熔敷金属体积超过已评定合格值。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3. 改变焊接电流范围, 除焊条电弧焊、钨极气体保护焊外改变电弧电压范围。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	○	—	
	4. 电流值或电压值超过已评定合格值±15%。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5. 在直流电源上叠加或取消脉冲电流。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	



续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									补充因素								次要因素									
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊
电特性	6 钨极的种类或直径。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—
	7 从喷射弧、熔滴弧或脉冲弧改变为短路弧，或反之。	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	8 与评定值相比，改变电弧时间超过1/10S。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	9 与评定值相比，改变电流超过 10%。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10. 改变焊接电源型号	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
技术措施	1 从氧化焰改为还原焰，或反之。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2 左焊法或右焊法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3 不摆动焊或摆动焊。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
	4. 改变焊前清理和层间清理方法。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素								辅助因素								次要因素											
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	
技术措施	5. 改变清根方法。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	
	6. 机械焊、自动焊时，改变电极（焊丝、钨极）摆动幅度、频率和两端停留时间。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	
	7. 改变导电嘴至工件的距离。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	
	*8. 由每面多道焊改为每面单道焊。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	
	*9. 机械焊、自动焊时，单丝焊改为多丝焊，或反之。	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—
	10. 机械焊、自动焊时，改变电极（焊丝、钨极）间距。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—
	11 从手工焊、半自动焊改为机械焊、自动焊，或反之。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素									附加因素								次要因素								
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊
技术措施	12. 有无锤击焊缝。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
	13. 咀孔、喷嘴尺寸。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—
	14. 改变螺柱焊枪型号; 与评定值相比, 提升高度超过 0.8mm。	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15. 与评定值相比, 工件外表面线速度变化超过评定值 10%。	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16. 顶锻压力变化超出评定值 10%。	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17. 转动能量变化超出评定值 10%。	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18. 顶锻变形量变化超出评定值 10%。	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6

类别	焊接工艺条件	重要因素								补加因素								次要因素										
		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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊	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	等离子弧焊	电渣焊	螺柱焊	摩擦焊
技术措施	19. 填丝焊改为小孔焊, 或反之, 或改为两者兼有。	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. 对于纯钛、钛铝合金、钛钼合金, 在密封室内焊接, 改变为密封室外焊接。	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
注：符号○表示对该焊接方法为评定因素；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。**药芯焊丝电弧焊焊接工艺评定因素与熔化极气体保护焊相同。																												

## 6 对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定

### 6.1 评定目的

对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定的目的是为了得到焊接接头力学性能符合标准规定的焊接工艺。

### 6.2 评定规则

#### 6.2.1 焊接方法

改变焊接方法，需要重新评定焊接工艺

#### 6.2.2 母材

##### 6.2.2.1 组别评定规则

- a) 某一母材评定合格的焊接工艺可以用于同组别号的其它母材。
- b) 在同类别号中，高组别号母材的评定适用于该组别号母材与低组别号母材所组成的焊接接头。
- c) 组别号为 Fe-1-2 评定合格的焊接工艺可以用于 Fe-1-1。
- d) 除上述规定外，母材组别号改变时，需重新评定。

##### 6.2.2.2 类别评定规则

- a) 母材类别号改变，要重新评定焊接工艺。
  - b) 当不同类（组）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。
  - c) 当热影响区规定进行冲击试验时：两类（组）别号母材之间相焊，所拟定的焊接工艺与他们各自相焊评定合格的焊接工艺重要因素和补加因素相同，则这两类（组）别号母材之间相焊的焊接工艺不需用重新评定。
- 两类（组）别号母材之间相焊经评定合格的焊接工艺，也适用于这两类（组）别号母材各自相焊。
- d) 在 Fe-1~Fe-5 类别范围内（Fe-3-3 除外），高类别号母材相焊评定合格的焊接工艺，适用于高类号母材与低类别母材相焊。

##### 6.2.2.3 等离子弧焊时母材的规定：

- a) 两个不同类别号母材虽然各自采用同一焊接工艺已经评定合格，当他们组成焊接接头时仍需重新评定。
- b) 对于 Fe-1~Fe-4 母材，采用填充焊丝时，高类别号母材评定合格的焊接工艺可以用于该类别号母材与较低类别号母材组成的焊接接头。

6.2.2.4 摩擦焊时，当母材公称化学成分和力学性能改变时，要重新评定焊接工艺。若两种不同公称化学成分和力学性能的母材组成焊接接头，即使他们各自都已经评定合格，但经组合后也必须重新评定焊接工艺。

##### 6.2.2.5 未列入表 1 的母材评定规则

a) 已列入国家标准、行业标准的母材，根据其化学成分、力学性能和焊接性能，由本单位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、行业标准的母材，应分别进行焊接工艺评定。当有见证文件表明，使用单位已掌握该材料焊接性能，且其化学成分、力学性能与本单位技术文件中某材料相当且某材料已进行过焊接工艺评定时，该材料可免做焊接工艺评定。

b) 国外材料首次使用时，应按每个材料代号（按该国家标准规定命名）进行焊接工艺评定。当有见证文件表明，使用单位已掌握该材料焊接性能，且其化学成分、力学性能与表 1 中某材料相当，且某材料已进行过焊接工艺评定时，该进口材料可免做焊接工艺评定。可在本单位的技术文件中将此国外材料归入某材料所在类别、组别内。

### 6.2.3 填充金属

6.2.3.1 变更填充金属类别号（埋弧焊用不锈钢焊剂除外），需重新评定焊接工艺。

6.2.3.2 在同一类别填充金属中，当用冲击试验合格指标（温度、冲击吸收功）较低的填充金属替代较高的填充金属时，需改变补加因素，重新进行冲击韧性试验。

6.2.3.3 改变埋弧焊用不锈钢焊剂类别（熔炼焊剂、烧结焊剂）时，需重新评定焊接工艺。

6.2.3.4 Fe-1 类钢材多层焊时，改变焊剂类型（中性焊剂、活性焊剂），需重新评定焊接工艺。

6.2.3.5 用作填充金属的焊接材料应符合国家标准或行业标准。对于下列焊接材料，应按各焊接材料制造厂的牌号，重新进行焊接工艺评定。

- a) 相当于国家标准的焊接材料；
- b) 国家标准或行业标准中没有列出的焊接材料；
- c) 符合 GB/T 5118 中 E××××-G 的焊条；
- d) 国外填充金属；
- e) 没有国家标准或行业标准的焊接材料；
- f) 没有划分类别的焊接材料。

当有见证文件表明，使用单位能充分掌握上述的焊接材料的焊接性能（工艺性能和使用性能），则可以对其进行分类，并制订评定规则。

#### 6.2.4 焊后热处理。

6.2.4.1 改变焊后热处理类别，需重新评定焊接工艺。

6.2.4.2 除气焊外，当规定进行冲击试验时，焊后热处理的保温温度范围或保温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，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%。

#### 6.2.5 每种焊接方法的焊接工艺评因素。

6.2.5.1 当变更任何一个重要因素时，都需要重新评定焊接工艺。

6.2.5.2 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。

6.2.5.3 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规程。

#### 6.2.6 试件厚度与焊件厚度

6.2.6.1 评定合格的对接焊缝试件的焊接工艺适用于焊件厚度的有效范围，按表 7 或表 8 规定。

6.2.6.2 对于焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和等离子弧焊，当规定进行冲击试验时，试件评定合格后，当  $T \geq 6\text{mm}$  时适用于焊件母材厚度的有效范围最小值为试件厚度  $T$  与 16mm 两者中的较小值；当  $T < 6\text{mm}$  时适用于焊件母材厚度的最小值为  $1/2T$ 。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，仍按表 7 或表 8 规定执行。

6.2.6.3 当焊件属于表 9 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 9 规定。

6.2.6.4 当试件符合表 10 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 10 的规定。

表 7 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 8 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 9 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、熔化极气体保护焊和等离子弧焊用于打底焊时,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	部分焊透的对接焊缝焊件	$\geq 38$	*	不限
3	返修焊、补焊	$\geq 38$	*	不限
4	不等厚对接焊缝焊件,用等厚的对接焊缝试件来评定	类别号为 Fe-8、Ti-1、Ti-2 母材, 不规定冲击试验 $\geq 6$	*	不限（厚边母材厚度）
		除类别号为 Fe-8、Ti-1、Ti-2 母材外 $\geq 38$	*	不限（厚边母材厚度）
*根据试件或焊件情况, 按表 7、表 8 及 6.2.6.2 中相关规定执行。				

表 10 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时,若其中任一焊道的厚度大于 13mm	$1.1T$	*
3	气焊	$T$	*

表 10 续

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
4	电渣焊	$1.1T$	*
5	当试件厚度大于 200mm 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 7、表 8 及 6.2.6.2 中相关规定执行。			

6.2.6.5 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺用于焊件角焊缝时, 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焊件角焊缝时, 焊件厚度的有效范围不限。

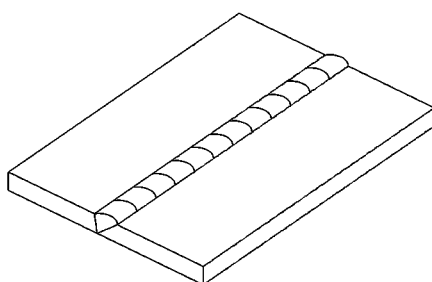
6.2.6.6 组合评定合格后, 用其中任一种焊接方法 (或焊接工艺) 的评定, 来确定适用于焊件母材的厚度有效范围。

### 6.3 评定方法

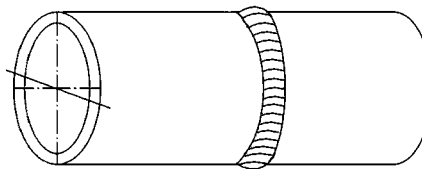
6.3.1 评定对接焊缝焊接工艺时, 采用对接焊缝试件, 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于焊件中的对接焊缝和角焊缝。

评定非受压角焊缝焊接工艺时, 可仅采用角焊缝试件。

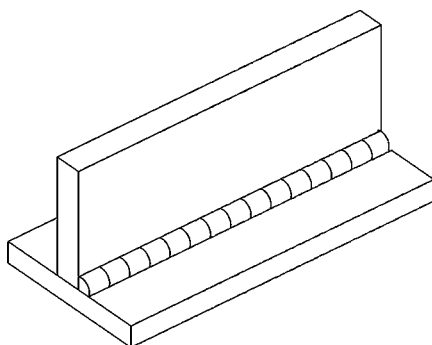
试件形式示意如图 1。



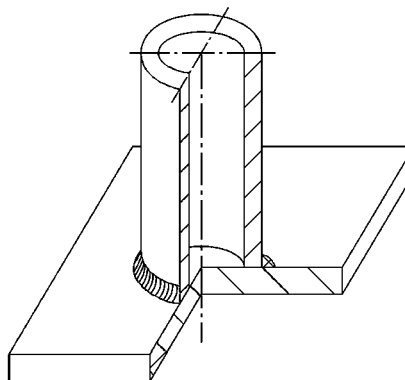
(a) 板状对接焊缝试件



(b) 管状对接焊缝试件

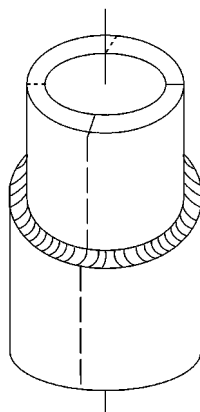


(c) 板状角焊缝试件



(d) 管与板角焊缝试件





(e) 管与管角焊缝试件

图 1 对接焊缝和角焊缝试件形式

6.3.2 板状对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管状焊件的对接焊缝，反之亦可。

任一角焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于其余两种形式的焊件角焊缝。

6.3.3 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。

#### 6.3.4 试件制备

6.3.4.1 母材、焊接材料、坡口和试件的焊接必须符合焊接工艺规程的要求。

6.3.4.2 试件的数量和尺寸应满足制备试样的要求，试样也可以直接在焊件上切取。

6.3.4.3 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。

#### 6.4 检验要求和结果评价

##### 6.4.1 对接焊缝试件和试样的检验

6.4.1.1 试件检验项目：外观检查、无损检测、力学性能试验。

外观检查和按 JB4730 进行无损检测结果不得有裂纹。

6.4.1.2 力学性能试验项目包括拉伸试验、夏比 V 型缺口冲击试验（当规定时）和弯曲试验。

a) 力学性能试验项目和取样数量应符合表 11 的规定。

b) 当试件采用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）时：

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）的焊缝金属和热影响区；

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。

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	热影响区 <sup>4)</sup>
$T < 1.5$	2	2	2	—	—	—
$1.5 \leq T < 10$	2	2	2	—	3	3
$10 \leq T < 20$	2	2	2	<sup>3)</sup>	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。组合评定时，尽量进行侧弯试验。
- 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 5mm×10mm×55mm 小尺寸冲击试样时，免做冲击试验。

#### 6.4.1.3 力学性能试验的取样要求：

- a) 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。
- b) 试件允许避开缺陷制取试样，取样位置按(d、e)的规定。
- c) 试样去除焊缝余高前允许对试样进行冷校平。
- d) 板状对接焊缝试件上试样取样位置见图 2
- e) 管状对接焊缝试件上试样取样位置见图 3

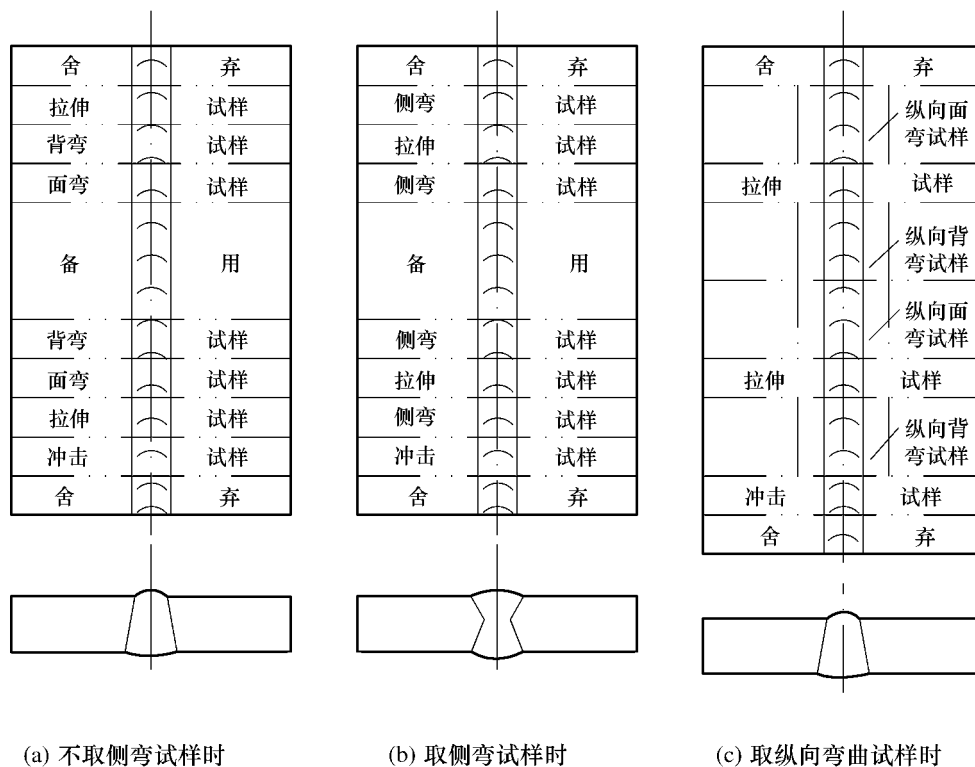
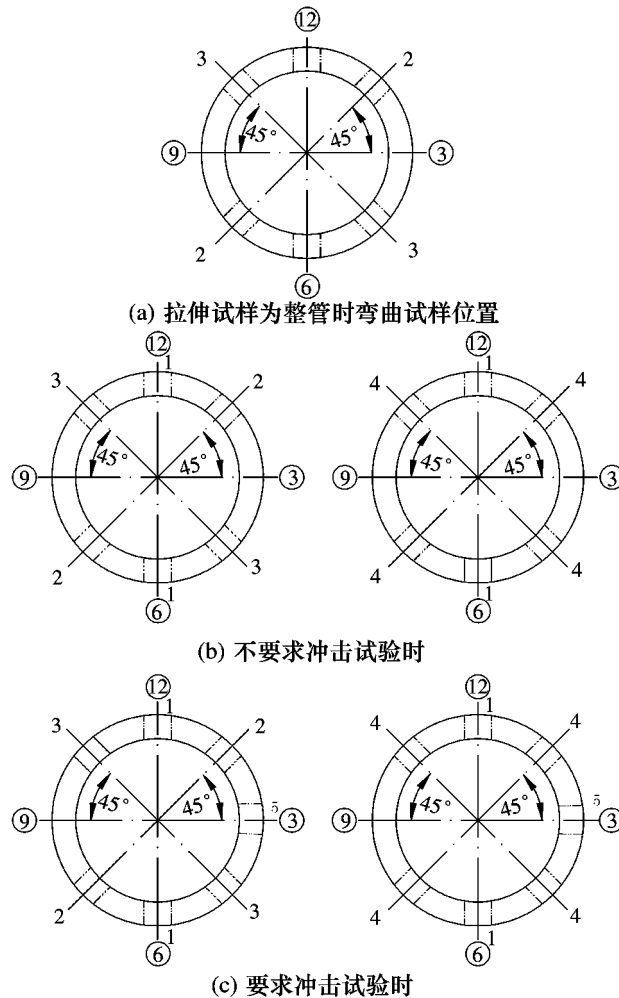


图 2 板状对接焊缝试件上试样位置图



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  
 ③⑥⑨⑫钟点记号，为水平固定位置焊接时的定位标记

图 3 管状对接焊缝试件上试样位置图

#### 6.4.1.4 拉伸试验

##### 6.4.1.4.1 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。

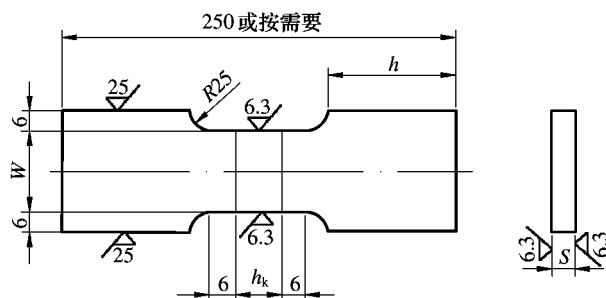
c) 当试验机受能力限制不能进行全厚度的拉伸试验时，则可将试件在厚度方向上均匀分层取样，等分后制取试样厚度应接近试验机所能试验的最大厚度。等分后的两片或多片试样试验代替一个全厚度试样的试验。

##### 6.4.1.4.2 试样形式

a) 紧凑型板接头带肩板形试样（见图 4）适用于所有厚度板状的对接焊缝试件。

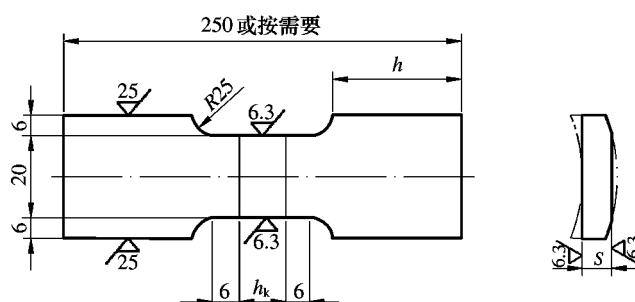
b) 紧凑型管接头带肩板形试样型式 I（见图 5）适用于外径大于 76mm 的所有壁厚管状对接焊缝试件。

c) 紧凑型管接头带肩板形试样型式 II（见图 6）适用于外径小于或等于 76mm 的管状对接焊缝试件。



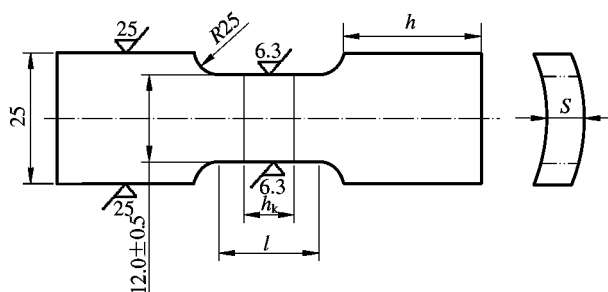
$S$ ——试样厚度, mm;  
 $W$ ——试样受拉伸平行侧面宽度, 大于或等于 25mm;  
 $h_k$ ——焊缝最大宽度, mm;  
 $h$ ——夹持部分长度, 根据试验机夹具而定, mm。

图 4 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 5 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 6 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II

d) 管接头全截面试样 (见图 7) 适用于外径小于或等于 76mm 的管材对接焊缝试件。

#### 6.4.1.4.3 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。

#### 6.4.1.4.4 合格指标

- 试样母材为同一材料代号时, 每个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。
- 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代号标准规定值下限的 95%。
- 若规定使用室温强度低于母材的焊缝金属, 则每个试样的抗拉强度应不低于焊缝金属标准规定值的下限值。

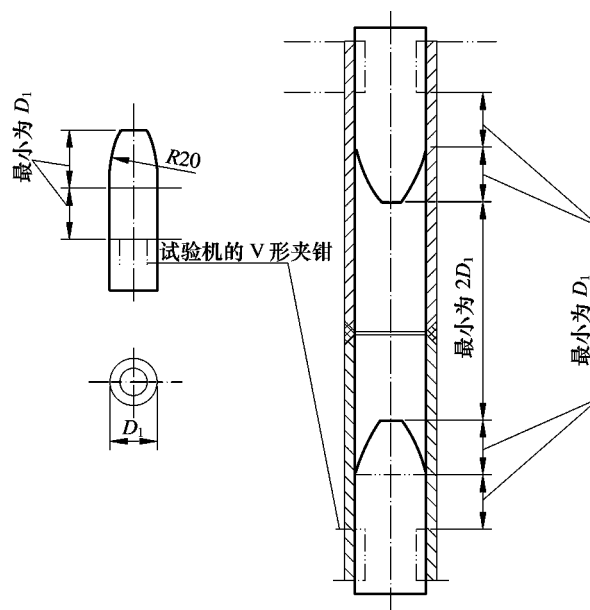


图 7 管接头全截面拉伸试样

#### 6.4.1.5 弯曲试验

##### 6.4.1.5.1 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加工齐平，试样受拉伸表面不得有划痕和损伤。

##### 6.4.1.5.2 试样形式

a) 面弯和背弯试样见图 8。

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

b) 横向侧弯试样见图 9。

当试件厚度  $T$  为 10~38mm 时，试样宽度等于试件厚度。

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

##### 6.4.1.5.3 试验方法

a) 弯曲试验按 GB 2653 和表 12 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性。

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。

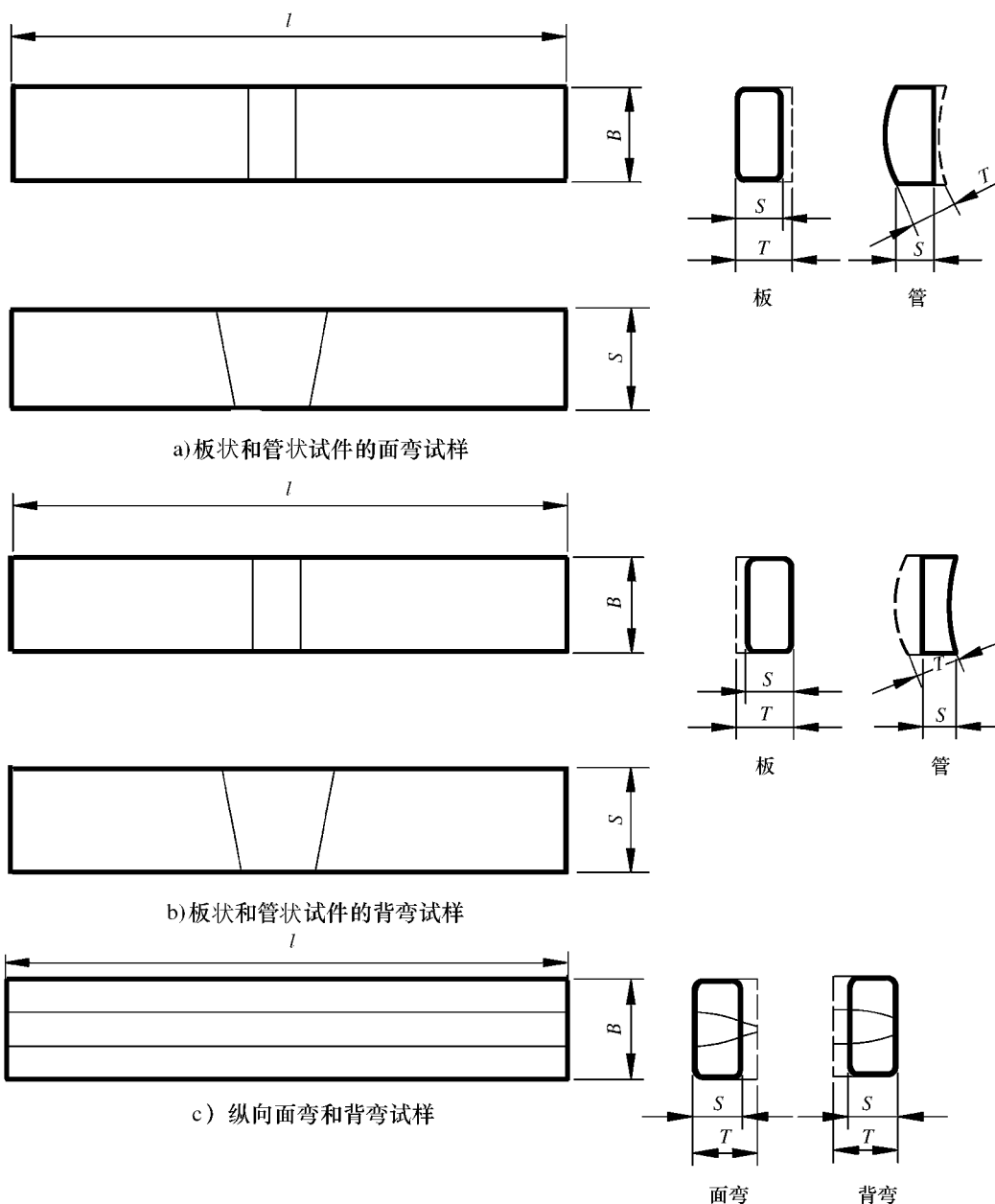
c) 弯曲角度应以试样承受载荷时测量为准。

d) 除表 12 所列的母材外，当伸长率标准规定值下限小于 20% 时，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  $(2S + 1.5)$  mm。

e) 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份内。

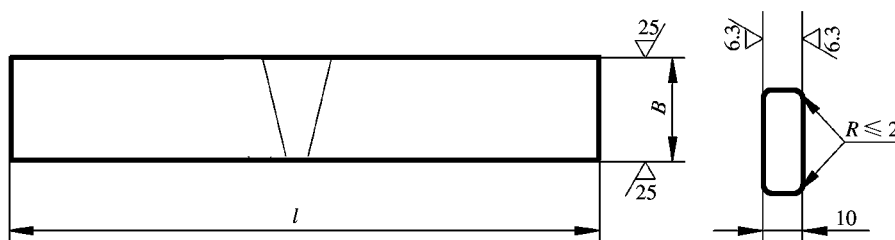
表 12 弯曲试验规定

焊缝两侧的母材类别	试样厚度 $S$ mm	弯心直径 mm	支座间距离 mm	弯曲角度 °
(1) Al-III与 Al-I、Al-II、Al-III、Al-V 相焊	3	50	58	180
(2) Al-I Al-II Al-III Al-V 各自焊接或相互焊接用铝硅焊丝 (SAISi-1, SAISi-2)	$S < 3$	16S	18S+1.5	
Al-V 与 Al-I、Al-II、Al-V 相焊	10	66	89	
	$S < 10$	6S	8S+3	
Ti-I	10	80	103	
	$S < 10$	8S	10S+3	
Ti-II	10	100	123	
	$S < 10$	10S	12S+3	
伸长率标准规定值下限 $\geq 20\%$ 的除上列以外的母材	10	40	63	
	$S < 10$	4S	6S+3	



- 1 试样长度  $l \approx D + 2.5S + 100, \text{mm}$  (式中  $D$ ——弯心直径,  $\text{mm}$ );
- 2 板材及外径  $\phi > 100 \text{mm}$  环状或管状件, 试样宽度  $B = 38 \text{mm}$ , 管材试样宽度按如下规定: 当管子外径  $\phi$  为  $50 \sim 100 \text{mm}$  时, 则  $B = S + \frac{\phi}{20} \text{mm}$ ; 且  $10 \text{mm} \leq B \leq 40 \text{mm}$ ,  $\phi < 50 \text{mm}$  时, 则  $B = S + \frac{\phi}{20} \text{mm}$  且最小为  $10 \text{mm}$ ; 或  $\phi \leq 25 \text{mm}$ , 则将管子在圆周方向上四等分取样。
- 3 试样拉伸面棱角  $R \leq 2 \text{mm}$ 。

图 8 面弯和背弯试样



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

图 9 横向侧弯试样

#### 6.4.1.5.4 合格指标

对接焊缝试件的弯曲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，但由夹渣或其它焊接缺陷引起的棱角开口缺陷长度应计入。

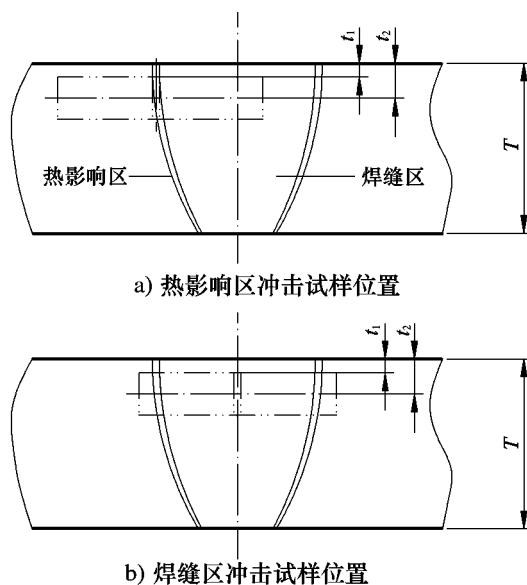
若采用两片或多片试样时，每片试样都应符合上述要求。

#### 6.4.1.6 冲击试验

##### 6.4.1.6.1 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 10
- 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。



- 1)  $T \leq 38\text{mm}$ （调质高强度钢  $T \leq 25\text{mm}$ ）时， $t_1 \approx 1 \sim 2\text{mm}$ ；当  $T > 38\text{mm}$ （调质高强度钢  $T > 25\text{mm}$ ）时， $t_2 = T/4$ 。
- 2) 双面焊时， $t_2$  从焊缝背面的材料表面测量。

图 10 冲击试样位置图

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

#### 6.4.1.6.3 标准试样合格指标



a) 钢制焊接接头每个区 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%。

b) 含镁量超过 3% 的铝镁合金焊接接头每个区 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 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%。

#### 6.4.2 角焊缝试件和试样的检验

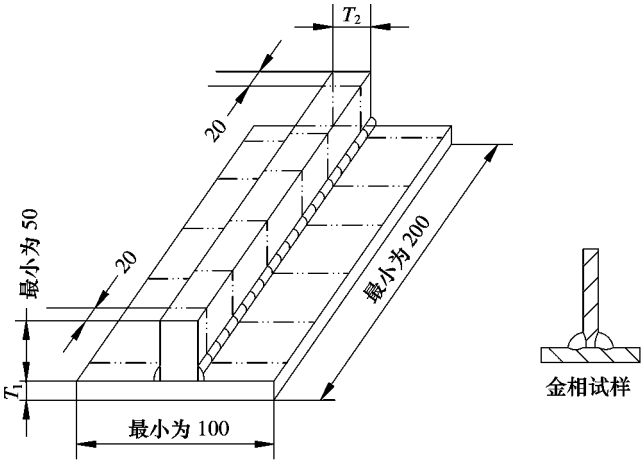
6.4.2.1 检验项目：外观检查，金相检验（宏观）。

6.4.2.2 角焊缝试件尺寸及试样

a) 板状角焊缝试件尺寸见表 13 和图 11。

表 13 板状角焊缝试件尺寸 mm

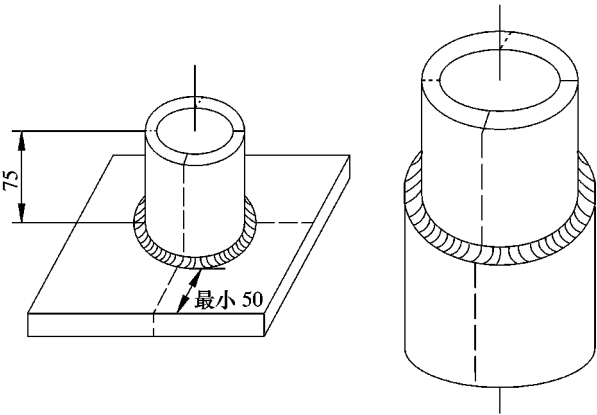
翼板厚度 $T_1$	腹板厚度 $T_2$
$\leq 3$	$T_1$
$> 3$	$\leq T_1$ ，但不小于 3



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

图 11 板状角焊缝试件及试样

b) 管状角焊缝试件尺寸和试样见图 12。



- 1  $T$  为管壁厚
  - 2 底板母材厚度不小于  $T$
  - 3 最大焊脚等于管壁厚
- 1  $T$  为内管壁厚
  - 2 外管壁厚不小于  $T$
  - 3 最大焊脚等于内管壁厚

4 图中虚线为切取试样示意线

a) 管—板角焊缝试件

4 图中虚线为切取试样示意线

b) 管—管角焊缝试件

图 12 管状角焊缝试件及试样

6.4.2.3 试件外观检查不得有裂纹

6.4.2.4 金相检验（宏观）

6.4.2.4.1 板状角焊缝试样

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。

6.4.2.4.2 管状角焊缝试样

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。

6.4.2.5 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) 角焊缝两焊脚之差不得大于 3mm。

7 耐蚀堆焊工艺评定

7.1 评定目的：为了得到堆焊层化学成分符合规定的堆焊工艺。

7.2 评定规则

7.2.1 改变堆焊方法，需重新评定焊接工艺。

7.2.2 各种堆焊方法重新评定焊接工艺条件见表 14。

下列情况不需要重新评定堆焊工艺：

a) 管状试件水平固定位置（5G）评定合格堆焊工艺适用于平焊、立焊和仰焊；

b) 横焊、立焊和仰焊位置评定合格堆焊工艺适用于所有的焊接位置；

c) 管状试件 45° 固定位置（6G）评定合格堆焊工艺适用于所有焊接位置。

7.2.3 用作堆焊金属的焊接材料应符合国家标准或行业标准。对于下列焊接材料，应按各焊接材料制造厂的牌号，重新进行焊接工艺评定。

a) 相当于国家标准的焊接材料；

b) 国家标准或行业标准中没有列出的焊接材料；

c) 国外的焊接材料；

d) 没有国家标准或行业标准的焊接材料。

当有见证文件表明，堆焊金属使用单位能充分掌握上述堆焊金属的焊接性能（工艺性能和使用性能），使用单位可以对其进行分类，并制订评定规则。

7.2.4 试件基层厚度适用于焊件基层厚度范围见表 15。

表 15 试件基层厚度适用于焊件厚度范围

mm

试件基层厚度 $T$	适用于焊件基层厚度范围
$T < 25$	$T \sim$ 不限
$T \geq 25$	25 ~ 不限

表 14 堆焊重新评定的焊接工艺条件

类别	堆焊工艺条件	耐蚀层堆焊						
		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	等离子弧焊
堆焊层厚度	堆焊层规定厚度低于已评定最小厚度	—	○	○	○	○	○	○
母材	1.改变基层材料的类别号,或改用表 1 以外的材料	—	○	○	○	○	○	○
	2.基层材料的厚度超出表 15 规定	○	○	○	○	○	○	○
堆焊金属	1.堆焊首层时变更焊条直径	—	○	—	—	—	—	—
	2.增加或取消附加堆焊金属	—	—	○	○	—	○	—
	3.附加堆焊金属体积改变超过 10%	—	—	○	○	—	○	—
	4.增加或取消堆焊金属	—	—	—	—	○	—	○
	5.堆焊金属在实心焊丝、药芯焊丝、金属粉之间变更	—	—	—	○	○	—	—
	6.与评定值相比送粉速率改变 10%以上	—	—	—	—	—	—	○
	7.与评定值相比金属粉粒度改变	—	—	—	—	—	—	○
	8.从均质粉改变为机械混合粉,或反之	—	—	—	—	—	—	○
	9.堆焊金属从实心丝改变为异型丝、药芯丝或金属粉,或反之	—	—	—	—	—	—	○
	10.变更焊条型号	—	○	—	—	—	—	—
	11.变更焊丝(实心或药芯)的型号或牌号	—	—	○	○	○	○	○
	12.变更焊剂型号	—	—	○	—	—	○	—
	13.变更钢带的型号或牌号	—	—	○	—	—	○	—
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	—	○	○	○	○	—	○

续表 14

类别	堆焊工艺条件	耐蚀层堆焊						
		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	等离子弧焊
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间温度	—	○	○	○	○	○	○
焊后热处理	改变焊后热处理类别, 或在焊后热处理保温温度下的总时间增加超过评定值的 25%	—	○	○	○	○	○	○
气体	1.改变单一保护气体种类; 从单一保护气体改变为混合保护气体, 或反之; 混合保护气体规定百分比改变; 取消保护气体; 保护气体流量减低 10%以上。	—	—	—	○	○	—	—
	2.与评定值相比, 等离子弧气体、送粉气体的流量变化 5%以上	—	—	—	—	—	—	○
	3.等离子弧气体、保护气体、送粉气体改变其单一气体类别, 或改变为混合气体; 从混合气体改变为单一气体。	—	—	—	—	—	—	○
	4.与评定值相比, 等离子弧气体、保护气体、送粉气体的混合组成变化 10%以上	—	—	—	—	—	—	○
电特性	1.变更电流的种类或极性	—	○	○	○	○	○	○
	2.堆焊首层时, 线能量或单位长度焊道内熔敷金属的体积增加超过评定值的 10%	—	—	○	○	○	○	—

续表 14

类别	堆焊工艺条件	耐蚀层堆焊						
		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	等离子弧焊
电特性	3.与评定值相比,作用于填充丝的功率变化 10%以上	—	—	—	—	—	—	○
	4.与评定值相比,等离子弧电流值或电压值变化 10%以上	—	—	—	—	—	—	○
	5.堆焊首层时,堆焊电流比评定值增加 10%以上	—	○	—	—	—	—	—
技术措施	1.多层堆焊变更为单层堆焊,或反之	—	○	○	○	○	○	○
	2.取消焊接熔池磁场控制	—	—	○	—	—	○	—
	3.变更同一熔池的电极数量	—	—	○	○	○	○	—
	4.增加或取消电极摆动	—	—	○	○	○	○	—
	5.与评定值相比,焊接速度范围变化 15% 以上	—	—	—	—	—	—	○
	6.增加或取消等离子弧焊矩的摆动; 从简谐摆动改变为等速摆动,或反之; 与评定值相比,摆幅变化 10%以上。	—	—	—	—	—	—	○
	7.压缩电弧从转移型变更为非转移型,或反之	—	—	—	—	—	—	○
	8.等离子枪压缩电弧咀孔直径改变	—	—	—	—	—	—	○
	9.改变填充丝送入熔池部位(如通过焊矩中心,在焊矩前沿、尾部、侧边)	—	—	—	—	—	—	○
*注符号“○”表示对该焊接方法为重新评定的焊接条件。								

7.3 评定方法

7.3.1 试件形式

堆焊试件分为板状与管状两种，管状试件适用于管外壁或管内壁堆焊。

7.3.2 试件尺寸

7.3.2.1 板状堆焊试件长度与宽度 150mm，参见图 13。

管状堆焊试件长度 $\geq 150\text{mm}$ ，参见图 14。最小直径应满足切取试样数量要求，并可绕管材圆周连续堆焊。

7.3.2.2 堆焊层宽度 $\geq 38\text{mm}$ 。

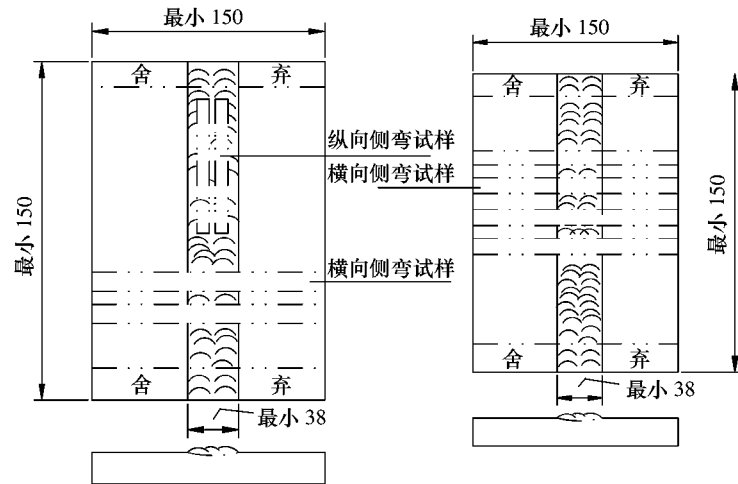
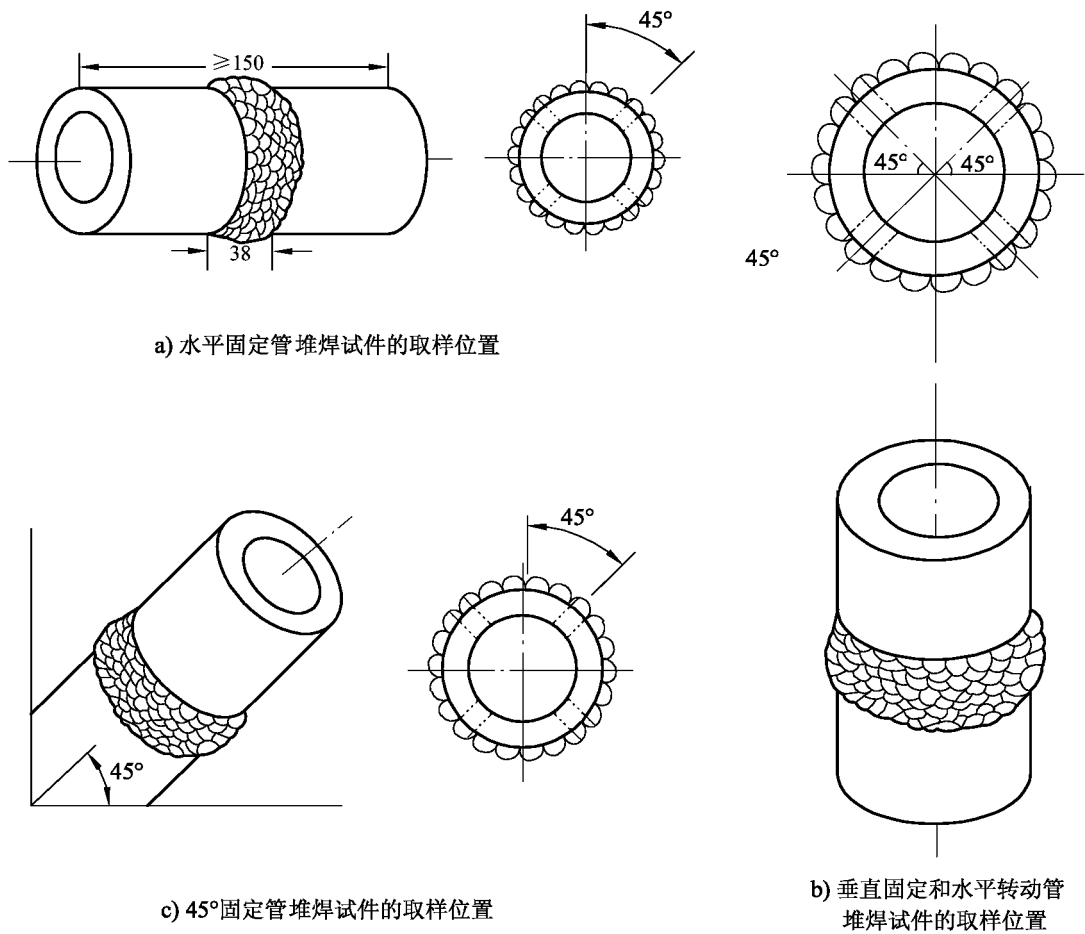


图 13 弯曲试样位置图



a) 水平固定管堆焊试件的取样位置

c) 45°固定管堆焊试件的取样位置

b) 垂直固定和水平转动管堆焊试件的取样位置

图 14 管状堆焊试件弯曲试样位置图

## 7.4 检验要求与结果评价

### 7.4.1 检验项目：渗透检测、弯曲试验和化学成分分析（当规定时）。

7.4.1.1 渗透检测：可采用着色法或荧光法，检验方法按 JB 4730 的规定，检验结果不得有裂纹。

#### 7.4.1.2 弯曲试验

##### 7.4.1.2.1 取样方法

a) 在渗透检测合格的堆焊试件上切取 4 个侧弯试样，可在平行和垂直焊接方向各切取 2 个，也可 4 个试样都垂直于焊接方向，取样位置如图 13、图 14。

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 9。

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  $T$ 。

##### 7.4.1.2.2 试验方法

a) 弯曲试验按 GB 2653—和表 12 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性。

b) 试样的中心应对准弯心轴线，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) 除表 12 所列的母材外、当伸长率标准规定值下限小于 20% 时，若弯曲试验不合格而其实测值  $< 20\%$ ，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  $(2S + 1.5)\text{mm}$ 。

##### 7.4.1.2.3 合格指标

堆焊层试件的弯曲试样弯曲到规定的角度后，在试样位伸面上的堆焊层不得有大于 1.5mm 的任一开口缺陷；在熔合线上不得有大于 3mm 的任一开口缺陷。

### 7.4.1.3 化学成分分析

#### 7.4.1.3.1 取样部位

a) 板状试件从堆焊层中部横截面上取样，如图 15 所示。每个焊缝位置都要取化学分析试样，立焊时，若焊接方向改变应分别取样。

b) 管状试件的取样部位与试件焊缝位置有关，详见图 16，图中阴影线对应的堆焊层为取样位置。试件 1G、2G 为一处取样位置，5G、6G 可选三个焊接位置取样。（向上立焊与向下立焊当作两个焊接位置）

试件 5G 用机械焊或自动焊的相邻焊道堆焊方向交替变换并与管中心线垂直时，则向上立焊与向下立焊当作一个立焊位置取样。

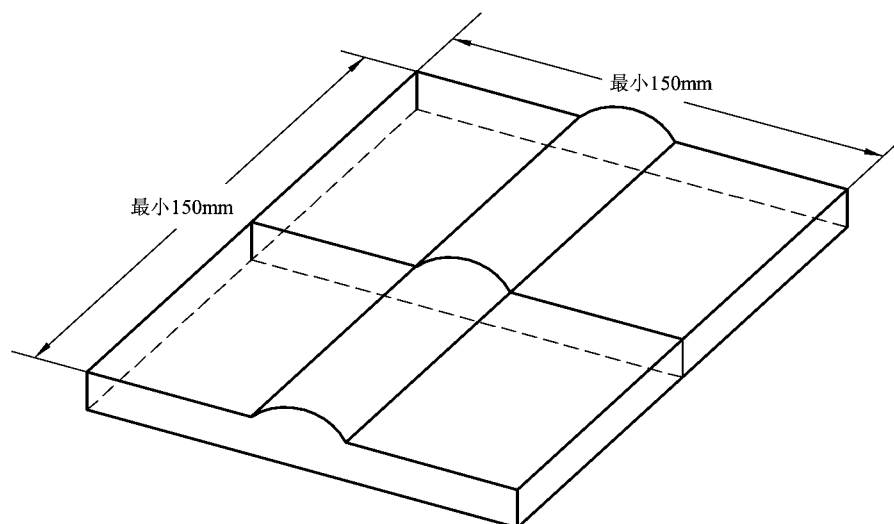


图 15 板状堆焊试件化学成分取样位置图

#### 7.4.1.3.2 测定方法（见图 17）

- a) 直接在堆焊层焊态表面上测定，或从焊态表面制取屑片测定；
- b) 在清除焊态表面层后的加工表面上测定，或从加工表面制取屑片测定。
- c) 从堆焊层侧面水平钻孔采集屑片测定。

#### 7.4.1.3.3 分析方法和合格指标按有关技术文件规定。

#### 7.4.1.3.4 堆焊层评定最小厚度

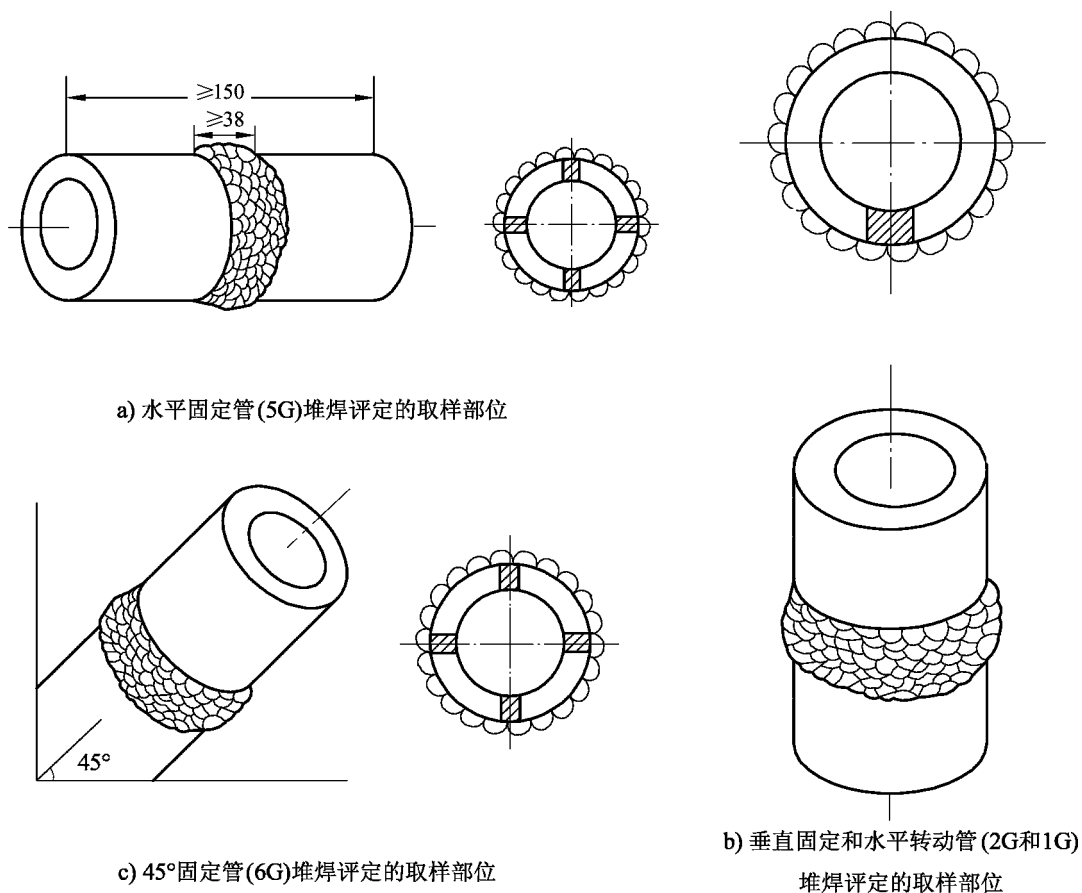




图 16 管状堆焊试件化学成分取样位置图

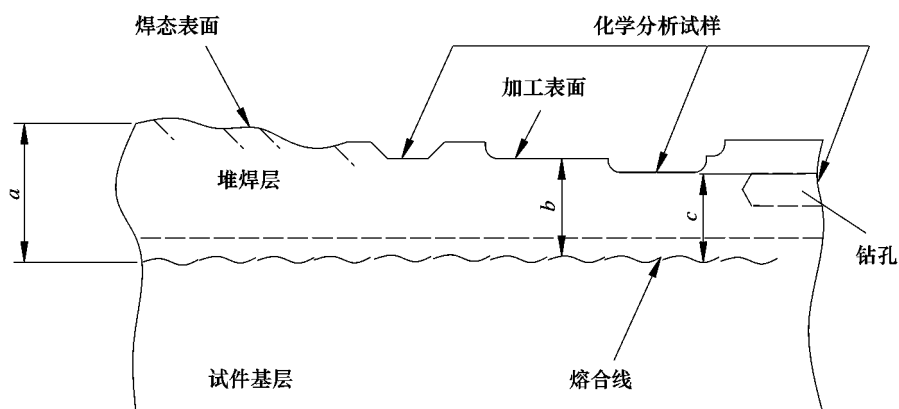


图 17 耐蚀堆焊金属化学成分分析取样示意图

- a) 当在焊态表面上进行测定时, 则从熔合线至焊态表面的距离  $a$  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测定时, 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测定时, 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

(规范性附录)

### 复合金属焊接工艺评定

#### A.1 总则

A.1.1 本附录适用于轧制法、爆炸轧制法、爆炸法和堆焊生产的复合金属制承压设备。

A.1.2 复合金属的焊接工艺评定除遵守本附录外, 还应遵守正文中“对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定”有关条款。

A.1.3 复合金属焊接工艺评定分为两种情况: 复层厚度计入设计厚度中和复层厚度不计入设计厚度。

#### A.2 复层厚度计入设计厚度时的焊接工艺评定

A.2.1 试件应以复合金属(包括基层和复层)制备。

A.2.2 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。

A.2.3 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处的化学成分应满足设计要求。

A.2.4 试样进行拉伸和弯曲试验时, 复合金属焊接接头各部位(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 12

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：

$$\sigma_b \geq \frac{\sigma_{b1t_1} + \sigma_{b2t_2}}{t_1 + t_2}$$

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：弯曲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。

对轧制法、爆炸轧制法、爆炸法生产的复合材料，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%。

A.3 复层厚度不计入设计厚度时的焊接工艺评定

复层厚度不计入设计厚度焊接工艺评定可以按 A.2 规定，也可以按下列规定进行评定。

A.3.1 基层按正文规定进行焊接工艺评定，不必用复合金属制备试件。

A.3.2 连接复层(板或堆焊金属)的焊缝按正文规定进行堆焊焊接工艺评定。

附录 B

(规范性附录)

换热管与管板焊接工艺评定

本附录规定了换热管与管板的焊接工艺评定规则、检验方法和合格指标。

B.1 评定目的：在于保证接头力学性能基础上得到角焊缝厚度符合标准的焊接工艺规程。

B.2 评定规则

B.2.1 当管板上管孔的焊缝计算厚度不大于管壁厚时，换热管与管板的组合焊缝，在本附录中当作角焊缝进行焊接工艺评定。

B.2.2 换热管与管板焊接工艺评定，除下列条款要重新评定外，还应遵守正文中的评定规则。

B.2.2.1 变更或增加焊接位置。

B.2.2.2 增加焊条直径。

B.2.2.3 惰性气体保护焊时：

a) 增加或除去预置金属衬套。

b) 改变预置金属衬套的形状与尺寸。

c) 改变填充金属的公称直径。

### B.2.3 试件管壁厚与焊件管壁厚。

B.2.3.1 试件中换热管壁厚  $b \leq 2.5\text{mm}$  时, 适用于焊件中换热管壁厚不得超过  $b(1 \pm 15\%)$ , 否则应重新编制焊接工艺卡, 并经验证合格; 当试件中换热管壁厚  $b > 2.5\text{mm}$  时, 评定合格的焊接工艺卡适用于焊件所有壁厚  $> 2.5\text{mm}$  换热管的焊接。

B.2.3.2 铝、钛制试件中换热管壁厚  $b < 1\text{mm}$ , 适用于焊件管壁厚与试件管壁厚相等, 否则应重新编制焊接工艺卡, 并经验证合格, 当  $b \geq 1\text{mm}$  时, 评定合格的焊接工艺卡适用于焊件所有壁厚  $> 1\text{mm}$  换热管的焊接。

### B.3 评定方法

B.3.1 依据评定合格的焊接工艺 (执行正文规定), 编制换热管与管板的焊接工艺卡。

B.3.2 在试件上验证换热管与管板的焊接工艺卡。

#### B.3.3 试件的形式与尺寸

B.3.3.1 试件接头的结构与形式在焊接前后要与焊件相同, 示例于图 B.1, 图 B.2, 管板厚度应不小于  $20\text{mm}$ , 当使用复合金属时, 复层可计入试板厚度。

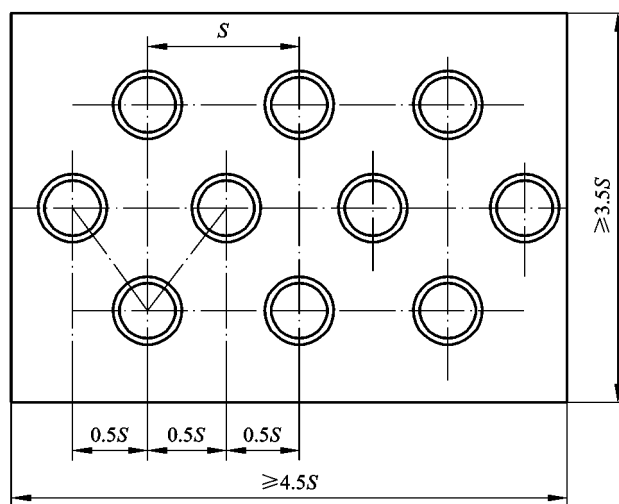


图 B.1

B.3.3.2 管板加工出 10 个孔, 排列如图 B.1 所示。试板孔直径和允许偏差、管板孔中心距  $S$  以及试板孔的坡口尺寸参照 GB 151 中相关规定。

B.3.3.3 试件用换热管长度不小于  $80\text{mm}$ 。

B.3.3.4 试件用换热管插入管板, 换热管最小伸出长度按 GB 151 中 5.8.3.2 的规定。

B.3.3.5 试件位置分为水平位置(换热管水平放置)和垂直位置(换热管垂直放置、焊接面朝上)两种。试件为水平位置评定合格的焊接工艺规程, 可用于垂直位置的焊件。

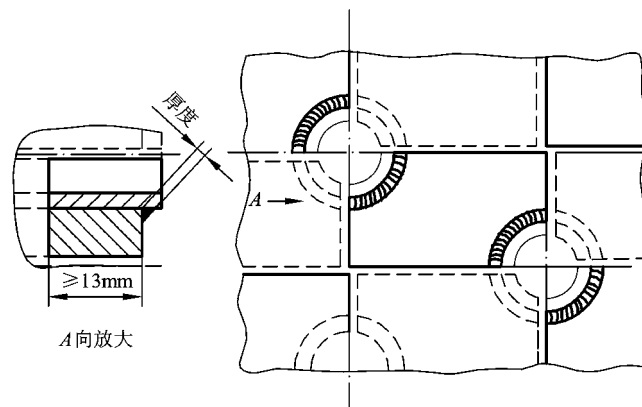
### B.4 检验要求与结果评定

B.4.1 检验项目: 渗透检验、金相检验(宏观)和角焊缝厚度测定

B.4.2 渗透检验: 对 10 个焊接接头全都按 JB 4730 规定进行渗透探伤, 无裂纹为合格。

B.4.3 金相检验(宏观): 按图 B.2 所示, 任取呈对角线位置的两个管接头切开, 切口互相垂直。制取 8 个金相检验面, 其中应包括一个取自接弧处, 检验结果应无裂纹、未熔合。

B.4.4 角焊缝厚度测定: 在 8 个金相检验面上测定角焊缝厚度。强度焊时, 每个角焊缝的焊缝厚度都应  $\geq 2/3b$ , 密封焊时角焊缝厚度不作规定。



备注：1. 切口宽度约2mm，沿点线切断。  
2. 切断前将管板加工薄到13mm亦可。

图 B.3

## 附录 C

(规范性附录)

### 气瓶焊接工艺评定

#### C.1 总则

C.1.1 气瓶焊接工艺评定的目的在于得到力学性能、外观质量及形状尺寸符合产品要求的焊接接头的焊接工艺。

C.1.2 本附录适用于气瓶的焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、等离子弧焊的焊接工艺评定。

C.1.3 气瓶瓶体的纵、环焊缝及瓶体与另部件、附件间的焊缝的每一种型式均应进行评定。

C.1.4 气瓶的焊接工艺评定除遵守本附录处还应遵守正文的规定。

#### C.2 评定规则

C.2.1 瓶体设计厚度大于 6mm 的气瓶的焊接工艺评定规则按标准正文规定；瓶体设计厚度小于等于 6mm 的气瓶的焊接工艺评定规则除按下列规定外，其余应遵守正文中的相关规定。

C.2.2 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于气瓶厚度的范围按表 C1 的规定。

表 C 试件厚度与气瓶厚度规定

试件母材厚度 T	适用于气瓶母材厚度的有效范围		适用于气瓶焊缝金属厚度的有效范围	
	最小值	最大值	最小值	最大值
$5 \leq T \leq 6$	5	6	不限	6
$1.5 \leq T < 5$	$T-0.5$	$T+0.5$	不限	$T+0.5$

C.2.3 当气瓶上同一条焊缝采用两种或两种以上焊接方法完成时，焊接工艺评定试件也应采用相同的焊接方法和焊接顺序进行。试件焊接工艺评定合格后，其中每一种焊接方法的焊接工艺对气瓶焊接不单独有效。

C.2.4 焊接工艺评定试件的焊后热处理应与气瓶制造相同。

#### C.3 评定方法

C.3.1 气瓶的焊接工艺评定试验可以在试件上进行，也可以在瓶体上直接进行。但无论在试

件上进行，还是在瓶体上进行，均应采用与气瓶制造时相同型式、规格的焊接电源，相同的焊接工装、相同的控制系统。

**C.3.2** 环焊缝焊接工艺评定试验用平板试件进行时，试验合格后，在产品正式焊接前应进行焊接工艺验证。

**C.3.3** 阀座等另部件与瓶体间要求焊透的接管角接头的评定应遵守附录 E 的规定；其他附件与瓶体间的角焊缝的评定及适用于焊件厚度按标准正文第 6.4.2 条的规定，允许免做为验证其力学性能和弯曲性能的板状对接焊缝试件。

**C.4** 气瓶的焊接返修工艺评定

**C.4.1** 气瓶的焊接返修所采用的焊接返修工艺超出了该焊缝原焊接工艺评定覆盖的范围时应重新进行焊接工艺评定。

**C.4.2** 气瓶的焊接返修工艺评定按本附录第 C2 条和 C3 条的有关测规定；当采用机械化或自动化焊接方法进行焊接返修时，还应进行焊接工艺验证。

**C5** 焊接工艺验证

**C.5.1** 下列情况之一应对编制的焊接工艺在气瓶上进行验证：

a) 本附录第 C3.2 条、第 C4.2 条规定应进行焊接工艺验证；

b) 改变焊接坡口形式，角度、间隙、增加或取消垫板，改变焊丝直径，改变喷嘴直径、保护气体流量等次要因素时。

**C.5.2** 焊接工艺验证的检验项目：焊接接头外观质量和无损检测（当产品标准有要求时）。

**C.5.3** 焊接工艺验证的合格指标：与产品质量标准相同。

**C.5.4** 焊接工艺验证试验应做好记录和报告。

## **附录 D**

（规范性附录）

### **螺柱焊工艺评定**

**D.1** 评定的目：的是为了得到螺柱（或类似零件）与底板有足够接合力的焊接工艺。

**D.2** 评定规则

**D.2.1** 焊接方法：改变焊接方法，需要重新评定焊接工艺。

**D.2.2** 母材：当底板（管）母材类别号与螺柱材料类别号的组合改变后，要重新评定焊接工艺。只要螺柱材料的公称成分与表 1 中某类别公称成份相同时，则该类别号即为此螺柱材料

的类别号。

D.2.3 焊后热处理：改变焊后热处理类别，需重新评定焊接工艺。

D.2.4 每种焊接方法的焊接工艺评定因素。

D.2.4.1 当变更任何一个重要因素时，都需要重新评定焊接工艺

D.2.4.2 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

D.2.4.3 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。

### D.3 评定方法

用自动式（手工引弧除外）焊接十个螺柱。当螺柱焊不用于保温层时，且与螺柱相焊的母材底板不是 Fe-1 类钢材时，则要焊接 15 个螺柱，其中 5 个螺柱供宏观检验。

### D.4 检验要求与结果评价

锤击试验或折弯试验；

扭转试验或拉伸试验；

宏观检验（当母材不是 Fe-1 类钢材时）。

D.4.1 锤击试验和折弯试验：在螺柱焊试件中间隔取螺柱接头作为试验对象，共取 5 个。

D.4.1.1 锤击试验：锤击螺柱上部，使螺柱上部至少 1/4 长度贴合到试件底板母材上。

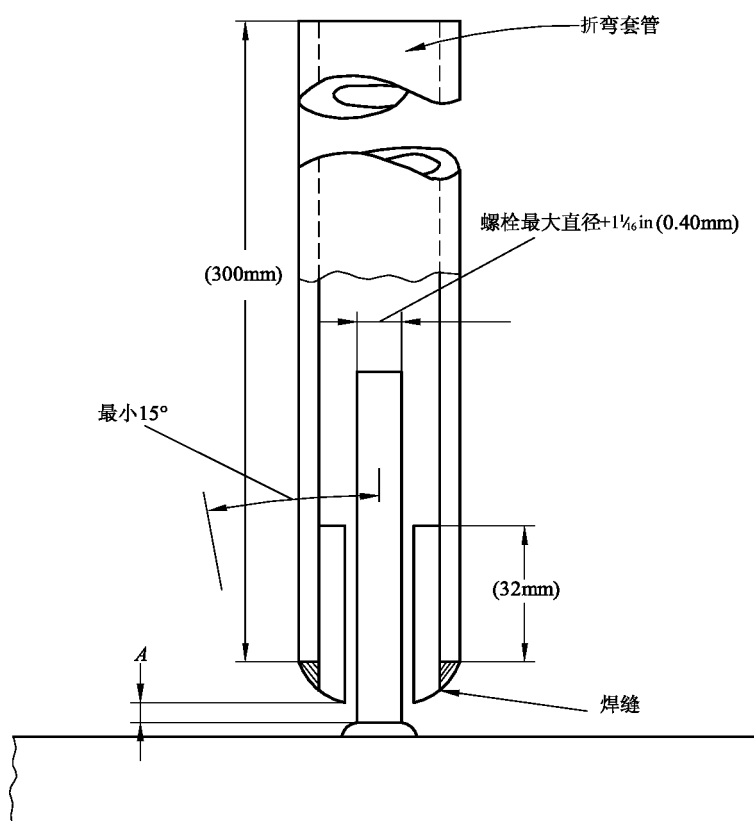
D.4.1.2 折弯试验：用图 D.1 所示套管，将已焊好的螺柱弯曲与原位置至少成 15° 夹角，然后再使它恢复原状。

D.4.1.3 合格指标：锤击后或折弯恢复原位后，5 个试样中的每一个螺柱焊缝和热影响区都不得有肉眼可见的开裂。

D.4.2 扭转试验和拉伸试验。

将 D.4.1 间隔取样后剩余下的螺柱接头取 5 个作为试验对象。

D.4.2.1 扭转试验。



螺柱直径 mm	套管间隙 A mm
3	3
5	3
6	5
10	6
13	8
16	9
20	12
22	12
25	15

图 D.1 螺柱焊折弯试验装置

用图 D.2 所示的装置进行扭转试验。试验时，螺母与螺柱尺寸相配合。螺柱上的螺纹，除残存切削油外不得有其它润滑剂。

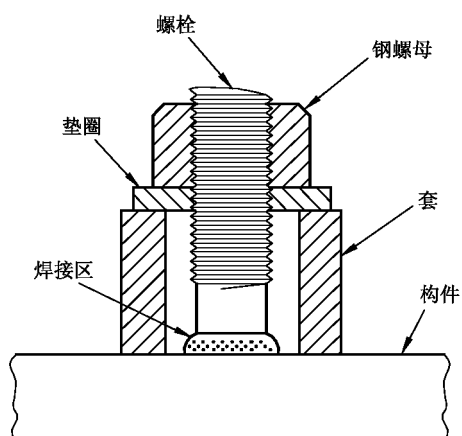


图 D.2 螺柱焊扭转试验装置

#### D.4.2.2 拉伸试验

当螺柱无螺纹时，则采用拉伸试验，拉伸试验装置如图 D.3 所示。如果不是图 D.3 中所示螺栓，而是螺柱，可用拉伸试验机的钳口夹紧螺柱上部，进行拉伸试验。

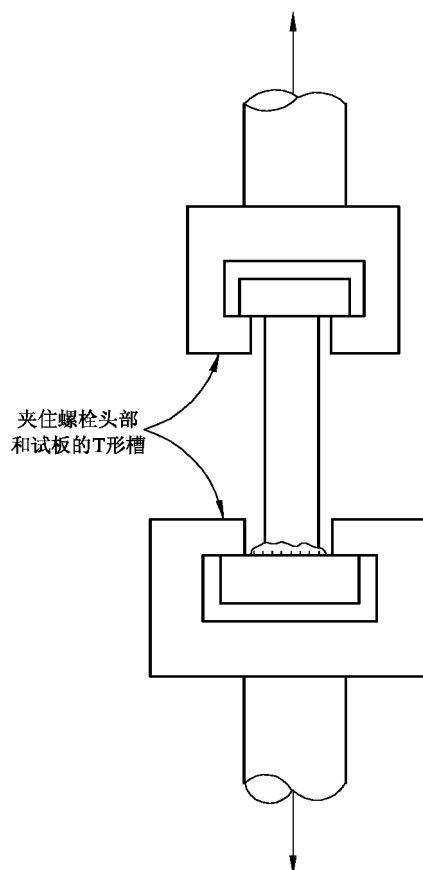


图 D.3 螺栓焊拉伸试验推荐装置

#### D.4.2.3 合格指标

a) 扭转试验：5 个螺栓焊接头中每一个破坏前的扭矩应不低于表 D.1 或表 D.2 所列的数值。

#### b) 拉伸试验

碳钢螺栓的断裂强度应不低于 241MPa；奥氏体不锈钢螺栓的断裂强度应不低于 207MPa；其它材料的断裂强度应不低于螺栓材料规定最小拉伸强度的一半。

D.4.3 宏观检验：将螺栓焊接头从中间剖开，用 10 倍放大镜检验，5 个螺栓焊的接头剖面都不得有裂纹。

表 D.1 碳钢螺纹螺栓焊试验  
扭矩规定最低值

螺纹代号	试验扭矩 N · m
M6×0.5	6.1
M6×1	5.1
M8×1	13.2
M8×1.25	12
M10×1	26.9
M10×1.5	23.8
M12×1.5	47.6
M12×1.75	42.1
M16×1.5	117
M16×2	103.2

表 D.2 奥氏体不锈钢螺纹螺栓  
试验扭矩规定最低值

螺纹代号	试验扭矩 N · m
M6×0.5	5.4
M6×1	4.8
M8×1	12.6
M8×1.25	11.2
M10×1	26
M10×1.5	22.9
M12×1.5	45.6
M12×1.75	40.4
M16×1.5	111.3
M16×2	98.8



M20×2	232.7	M20×2	221.7
M20×2.5	209.7	M20×2.5	199
M24×2	401.1	M24×2	387.7
M24×3	365.4	M24×3	348.2

附录 E  
(资料性附录)

接管焊接工艺评定

本附录规定了接管焊接工艺评定规则、评定方法、检验要求和合格指标。

E.1 总则

E.1.1 接管是指管与板、管与管之间的焊接，其相互位置分为正交式和斜交式两种。接管包含人孔、窥孔、手孔等。

E.1.2 焊件截面要求全焊透的接管角接头，当施焊单位无法检测焊透，而又没有保证焊透的焊接工艺时，需要进行接管接头焊接工艺评定。

E.2 评定目的：在于保证接管接头的力学性能和弯曲性能基础上，得到接管焊透的焊接工艺卡。

E.3 评定规则

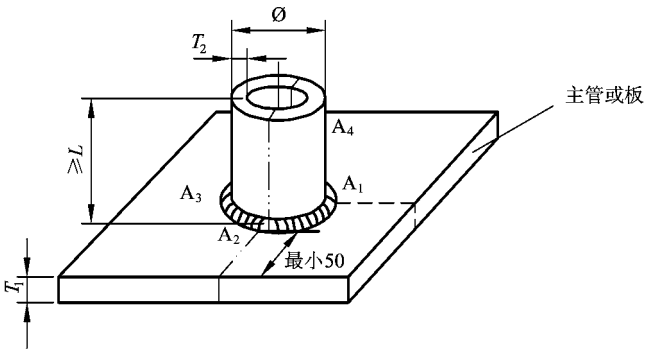
E.3.1 用对接焊缝试件评定合格的焊接工艺编制接管的焊接工艺卡时，需按本附录规定进行验证，以保证接管焊透。

E.3.2 变更接管的焊接工艺卡时，需重新评定。

E.3.3 对于正交式的接管（示例见图 E.1），当最小坡口角度减少时，需重新评定焊接工艺卡。

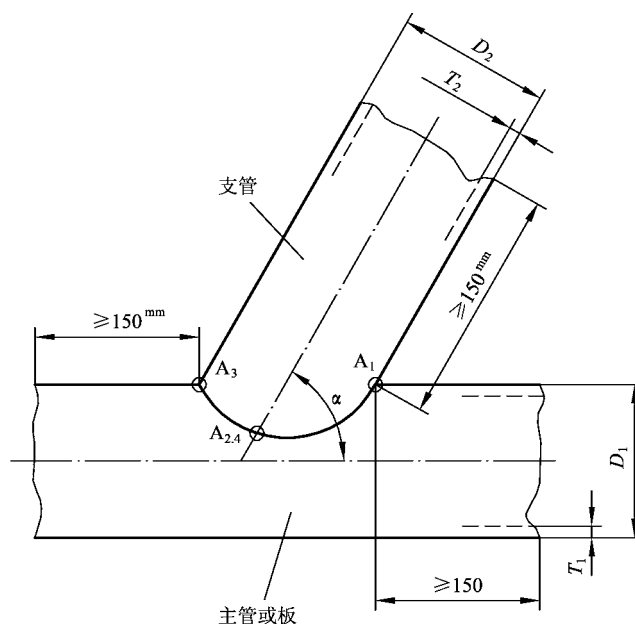
E.3.4 对于斜交式的接管（示例见图 E.2），当斜交的最小角度  $\alpha$ （限于  $0^\circ \sim 90^\circ$ ）减少时，需重新评定焊接工艺规程。

E.3.5 试件厚度与焊件厚度



A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>金相试样位置

图 E.1 正交式接管试件图



A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>金相试样位置

图 E.2 斜交式接管试件图

E.3.5.1 试件经评定合格后，适用于焊件厚度有效范围，按标准正文表 7、表 8 的规定。对于骑座式接管， $T$  为接管厚度；对于插入式接管， $T$  为主管（或板）的厚度。

E.3.5.2 试件管径与焊件管径

试件经评定合格后适用于焊件管径范围见表 E.1

表 E.1

mm

试件管径 $D$	适用于焊件管径
$D < 168$	$0.5D \sim 2D$
$D \geq 168$	$\geq 0.5D$ 与板

注： $D$  表示主管和支管的外径

E.3.5.3 焊件管径  $D > 600\text{mm}$  时，板的评定适用于管子。

E.4 评定方法

E.4.1 依据评定合格的焊接工艺（执行正文规定），编制接管的焊接工艺卡。

E.4.2 在试件上验证接管的焊接工艺卡。

E.4.3 试件的形式与尺寸。

E.4.3.1 正交式接管试件如图 E.1，管子长度  $L$ ，当手工焊时为  $L \geq 150\text{mm}$ ；当机械焊或自动焊时  $L \geq 5\text{mm}$ 。

E.4.3.2 斜交式接管试件如图 E.2 所示。

E.4.3.3 管与板、管与管组装按焊接工艺卡规定。

E.5 检验要求与结果评定

E.5.1 检验项目：外观检验和金相检验（宏观）

E.5.2 外观检验，接管接头表面不得有裂纹、未熔合、未焊透。

E.5.3 金相检验（宏观）

E.5.3.1 按图 E.1、图 E.2 所示，将试件从支管根部等分切取四个试样（A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>），对于斜交式试件，必须有一个等分面通过  $\alpha$  角的顶点。试样只需包括焊缝区，熔合区和热影响区即可。

E.5.3.2 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。

E.5.3.3 合格指标：接头应全焊透，焊缝金属和热影响区不得有裂纹、未熔合。

附录 F

(资料性附录)

焊接工艺规程和焊接工艺评定报告表格推荐格式

F.1 表 F.1 为“焊接工艺规程”的推荐格式，表 F.2 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。

F.2 其他焊接方法的表格形式可参照表 F.1、表 F.2 拟定。

表 F.1 焊接工艺规程

单位名称_____										
焊接工艺规程编号_____日期_____所依据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：简图：(接头形式、坡口形式与尺寸、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_____材料代号_____与标准号_____材料代号_____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_____										
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(金属材料代号)										
其他										
焊缝金属厚度范围：对接焊缝_____角焊缝_____										
耐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材料的组合均需分别填表。

表 F.1(续)

<b>焊接位置:</b> 对接焊缝的位置 _____ 立焊的焊接方向: (向上、向下) _____ 角焊缝位置 _____ 立焊的焊接方向: (向上、向下) _____	<b>焊后热处理:</b> 保温温度范围(℃) _____ 保温时间(h) _____																																																																												
<b>预热:</b> 最小预热温度(℃) _____ 最大层间温度(℃) _____ 保持预热时间 _____ 加热方式 _____	<b>气体:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 40%;"></th> <th style="width: 20%;">气体种类</th> <th style="width: 20%;">混合比</th> <th style="width: 20%;">流量(L/min)</th> </tr> <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> </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	_____	_____	_____																																																																										
<b>电特性</b> 电流种类: _____ 极性: _____ 焊接电流范围(A): _____ 电弧电压(V): _____ 焊接速度(范围) _____ 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) _____																																																																													
(按所焊位置和厚度, 分别列出电流和电压范围, 记入下表)																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">焊道/ 焊层</th> <th rowspan="2">焊接 方法</th> <th colspan="2">填充材料</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">线能量 (kJ/cm)</th> </tr> <tr> <th>牌号</th> <th>直径</th> <th>极性</th> <th>电流(A)</th> </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> <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> </table>		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)																																																															
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)																																																																								
<b>技术措施:</b> 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: _____																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">编制</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">日期</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">审核</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">日期</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">批准</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">日期</td> <td style="width: 10%;"></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 F.2 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、每种焊接方法或焊接工艺、焊缝金属厚度)																			
母材: 材料标准: _____ 材料代号: _____ 类、组别号: _____ 与类、组别号: _____ 相焊 厚度: _____ 直径: _____ 其他: _____		焊后热处理: 保温温度(℃): _____ 保温时间(h): _____ 保护气体: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>气体</th> <th>混合比</th> <th>流量(L/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>保护气体:</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	混合比	流量(L/min)	保护气体:	_____	_____	_____	尾部保护气:	_____	_____	_____	背面保护气:	_____	_____	_____
	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: _____ 焊材型号: _____ 焊材牌号: _____ 焊材规格: _____ 焊缝金属厚度: _____ 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 F.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 <sup>2</sup> )	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 (°C)	冲击吸收 功(J)	侧向膨胀 量(mm)	备注

表 F.2(续)

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—200×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											