

**JB**

# 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6895—1993

---

## 铝制空气分离设备安装焊接技术规范

1993-07-13 发布

1994-07-01 实施

---

中华人民共和国机械工业部 发 布

目 次

1 主题内容与适用范围 ..... 1

2 引用标准 ..... 1

3 对安装单位的基本要求 ..... 1

4 材料 ..... 1

5 焊接填充材料 ..... 2

6 焊工 ..... 2

7 焊接工艺评定 ..... 11

8 试样、试验及合格值评定 ..... 13

9 产品试板 ..... 16

10 上塔与主冷凝器组装焊接 ..... 16

11 铝管道焊缝的布置及坡口型式 ..... 17

12 铝管道焊缝焊后检验 ..... 18

附录 A 铝焊缝 X 射线照相底片等级的评定 ..... 19

附录 B 铝制空分设备铝管道焊接接头坡口型式、特点及适用范围 ..... 22

## 铝制空气分离设备安装焊接技术规范

---

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了铝制空气分离设备（以下简称空分设备）现场制作、安装的管道和容器所必须遵循的焊接技术要求及检验要求。

本标准适用于铝制空分设备的安装焊接。

### 2 引用标准

GB 150	钢制压力容器
GB 228	金属拉力试验法
GB 232	金属弯曲试验方法
JB 1580	铝制焊接容器技术条件
JB 4708	钢制压力容器焊接工艺评定
JB/Z 167	铝制空气分离设备氩弧焊工艺规程

### 3 对安装单位的基本要求

**3.1** 担任压力容器现场制作和组装的安装单位必须持经过劳动部门批准的相应类别、品种的压力容器制造许可证。

**3.2** 应建立焊接质量保证体系并切实实施之。

**3.3** 应具有能满足安装需要的完好的焊接设备及无损探伤设备（金相及机械性能试验可委托外单位进行）。

**3.4** 应具有能对焊工实施技术指导、责任心强、业务素质好的专职焊接技术人员。

**3.5** 应具有能适应安装需要，经培训、考试合格取得相应资格证书的焊工及无损探伤工。

**3.6** 应配备能胜任工作的焊接检验员。

**3.7** 应具有必要的风（电）动工具。

**3.8** 应具有防风、防雨（雪）设施及在环境温度低于-5℃时焊接的措施。

### 4 材料

**4.1** 制造厂提供的材料、成品或半成品的材质应由制造厂负责。制造厂实施材料代用时，应在竣工图上注明并在代用材料上打（或刻写）上醒目的材质标记或通过其他途径使用户明了代用后的材质。

**4.2** 安装单位施焊前必须核对材质。无法确定材质的工件或材料应作报废处理。报废材料或工件应作醒目标记并有隔离措施。

**4.3** 由安装公司自备的材料应符合图样和技术文件要求，其材质应由安装单位自行负责。

4.4 如容器受压元件或压力管道用料要实施材料代用时,必须征得设计单位的同意,并签发变更通知单。

4.5 材料及零件存放场地应有防雨(雪)、防腐蚀的设施,在起吊、运输过程中要有防止磕碰伤的措施。

4.6 材料因磕碰伤、腐蚀造成材料减薄不大于 0.5mm 时可采用打磨方法去除缺陷,如超过 0.5mm 则应采用经评定合格的焊接工艺进行焊补,焊补后经打磨着色检查合格。

## 5 焊接填充材料

5.1 焊接填充材料应具有制造厂的质量证明书,并符合相应标准。

5.2 对铝焊接填充材料有下列三条要求。

5.2.1 铝焊丝的选用应符合表 1 的规定。否则应征得制造厂同意,并经焊接工艺评定合格。

表 1

母 材	LF2+LF2	LF2+LF21	LF21+LF21	LF4+LF4	LF4+LF2	LF4+LF21
焊接填充材料	LF11 或 SAIMg-5	LF11 或 SAIMg-5	LF21 或 SAIMn	SAIMg-3		

5.2.2 使用两种或两种以上材质的焊丝时,手工钨极氩弧焊(以下简称 TIG)焊丝一个端部应涂以色漆标记,以示区别。颜色由安装单位确定。氩弧焊工一次只能领用一种牌号、不同规格的焊丝。TIG 焊丝应放在焊丝筒内,保持清洁、干燥。

5.2.3 除非焊丝已经清洗、干燥且密封包装,否则使用前必须经除油、清洗、干燥。

5.3 黑色金属焊接填充材料按图样及有关规定执行。

## 6 焊工

6.1 担任压力管道、容器受压元件安装焊接的焊工必须经基础知识及操作技能考试合格,并取得相应项目的合格证。

黑色金属焊工考试按劳动部《锅炉压力容器焊工考试规则》执行;铝氩弧焊工按本标准执行。

6.2 焊工的培训、考试由本单位经劳动部门批准认可的焊工考试委员会负责组织实施。没有条件成立焊工考试委员会的单位则可委托有资格的单位代培代考。考试所依据的标准及考试结果应报当地劳动部门备案。

6.3 焊工考试所采用的焊接工艺应先经焊接工艺评定合格。经评定合格的焊接工艺用于考试时,如仅改变了非基本参数(详见第 7 章),则不必重新进行工艺评定。

6.4 焊工必须经基本知识考试合格后方可参加操作技能考试。氩弧焊工基本知识考试要求中对材料知识应以有色金属为主,对于焊接工艺、方法、设备、焊接缺陷等内容应以氩弧焊为主。

6.5 铝氩弧焊工考试应符合下述规定。

6.5.1 下列条件改变时,焊工必须重新进行操作技能考试:

a. 焊接方法的改变:钨极氩弧焊(TIG)改为熔化极氩弧焊(MIG)(包括自动或半自动)或反之;熔化极自动氩弧焊改为半自动氩弧焊或反之;单人 TIG 焊改为双面双人同时 TIG 焊或反之;

b. 焊接接头型式的改变：对接接头改为角接头或反之；不加垫环改为加垫环（铝质或嵌入式不锈钢垫环）或反之；

c. 焊接位置改变：除表 2~表 6 规定的范围之外，改变焊接位置应重新考试。

6.5.2 下列条件改变时，焊工不必重新进行操作技能考试：

a. 母材的改变，即从一种铝或铝合金改变为另一种铝或铝合金；

b. 管子外径的改变；

c. 坡口参数（钝边、间隙、坡口角度）的改变；

d. 母材厚度或熔敷金属厚度的改变；

e. 单面焊改为双面焊。

6.5.3 所有操作技能考试均应是单面焊（不包括熔化极氩弧焊及双面双人同时焊），单面焊考试合格后可担任单面焊或双面焊的焊接。

6.5.4 所有操作技能考试均应在项目 TIG-1-平焊考试合格的基础上进行。

6.5.5 对接手工钨极氩弧焊试板（或管）在焊接过程中至少应中断焊接一次。

6.5.6 双面双人同时立焊（或横焊）试件在整个焊缝长度方向上至少有两个定位点焊缝。

6.5.7 管状试件水平固定焊接前应仿照时钟钟点位置打上焊接位置的钟点记号，定位点焊缝不应在仰焊位置，其长度不应大于 15mm。

6.5.8 平板对接试件允许采用引入板和引出板。

6.5.9 除定位点焊缝允许修磨、重焊或焊补外，焊缝内外表面均不得修磨和焊补，但层间允许修磨、清理。单面焊双面成形试件，如打底层未焊透，磨薄打底层焊缝重焊至焊透应视为考试失败。

6.5.10 考试过程中试件的焊接位置不得变动。

6.5.11 经考试合格的焊工发钢印一枚。

6.5.12 安装单位应建立焊工档案及施焊质量记录，并逐月统计焊缝返修率及废品率，作为焊工免试、撤消合格证及决定是否扩大安装焊缝 X 射线照相抽查率的依据。返修率按式（1）计算：

$$\text{焊缝返修率} = \frac{\text{返修焊缝的总长度}}{\text{拍片焊缝的总长度(即片子总长度)}} \times 100\% \quad (1)$$

6.5.13 焊工实际操作技能考试不合格，允许在短时间内复试一次，如复试仍不合格，则必须经为期不少于两周的培训后才能申请复试。

6.5.14 铝制压力容器或管道焊接工作连续中断 6 个月者，其相应合格项目即行无效。再行焊接工作之前应进行相应的复试。

6.5.15 焊工考试合格项目有效期为 3 年，超过 3 年须复试。

6.5.16 焊接质量一贯优良的焊工由所在单位提供其质量指标，经质检部门核实，焊工考试委员会审查同意，报当地劳动部门备案，可免去复试，将有效期再延长 3 年，但不得连续免试两次。

对于焊接质量低劣的焊工，由质检部门提供其质量指标，焊工考试委员会有权撤消其合格证，并报当地劳动部门备案。

6.5.17 操作技能考试项目见表 2~表 7。凡特殊焊接位置、材料或结构的产品，可模拟产品实际，由考试委员会另订考试项目及要

表 2

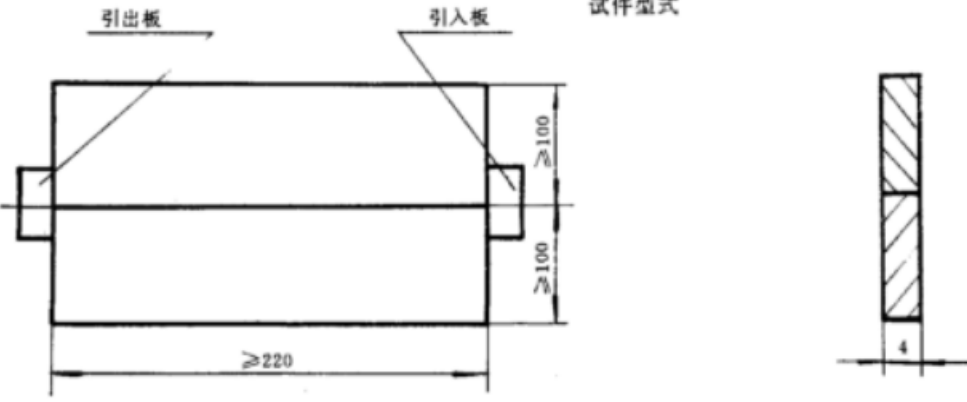
项目代号: TIG-1-平焊				
<div><div><div>引出板</div><div>引入板</div><div>试件型式</div><div>mm</div></div></div>				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	要 求
	拉 伸	2 只	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	不要求
要求及说明	1. 焊接方法: 单层单面焊 2. 焊接位置: 水平			
适 用 范 围	铝板单面或双面平焊, 铝管的水平转动焊			

表 3

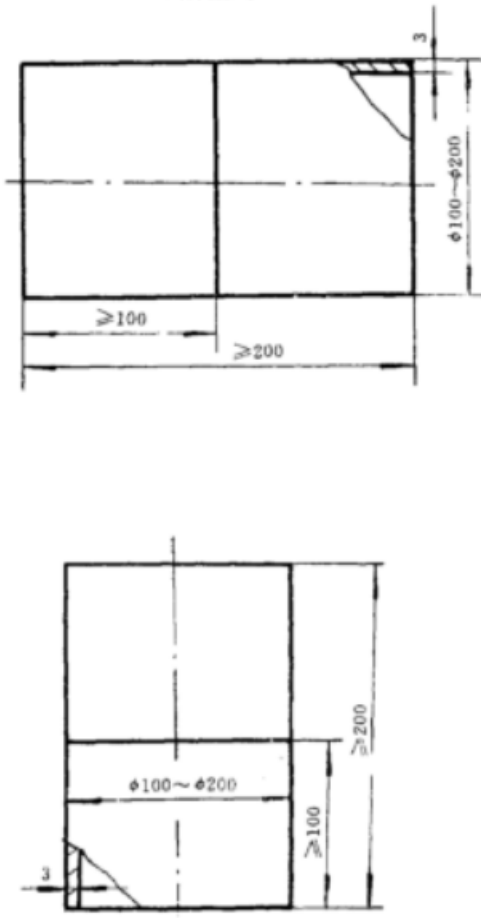
项目代号: TIG-6-水平固定; TIC-7-垂直固定				
<div>试件型式<div>mm</div></div>				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	要 求
	拉 伸	不要求	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	每种焊接位置 2 只
要求及说明	1. 焊接方法: TIG 单层单面焊 2. 焊接位置: TIG-6——全位置 TIG-7——横焊			
适 用 范 围	TIG-6-水平固定合格可担任管道全位置焊 TIG-7-垂直固定合格后可担任板或管的横焊			

表 4

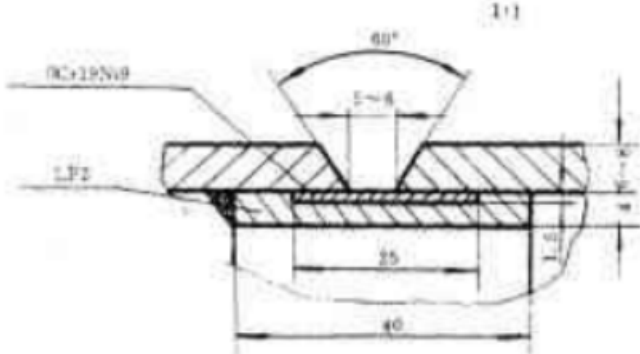
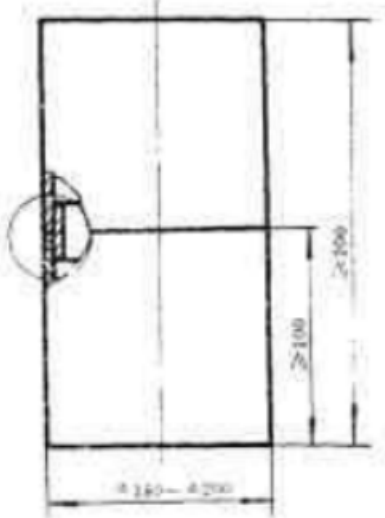
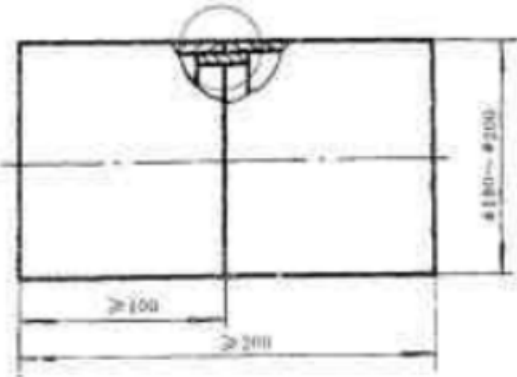
项目代号: TIG-8-水平转动; TIC-9-水平固定; TIG-10-垂直固定				
试件型式				
<div></div>				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	要 求
	拉 伸	不要求	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	要 求 (每一焊接位置 2 只试件)
要求及说明	<div>1. 焊接方法: TIG 单面焊, 焊层次不少于 2 层 2. 焊接位置: TIG-8 水平, TIG-9 全位置, TIG-10 横焊 3. 如实际安装中采用铝质永久垫环, 则考试也用铝质垫环, 考试要求同, 但免去折弯试验 4. 折弯试验应在磨 (或凿) 去垫环后取样进行</div>			
适 用 范 围	<div>TIG-9-水平固定或 TIG-10-垂直固定合格后可以免去 TIG-8-水平转动的考试, 反之则不然</div>			



表 5


项目代号: TIG-4-双面立焊				
<div>试件型式<div>mm</div></div>				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	要 求
	拉 伸	要求 (试样 2 只)	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	不要求
要求及说明		1. 焊接方法: 双面双人同时 TIG 焊, 焊层数 1 层 2. 焊接位置: 立焊 3. 在整个焊缝长度方向至少有两个定位点焊缝, 定位焊也应是双面双人同时立焊		
适 用 范 围		本项目合格后适用对接或角接的双面双人同时立焊		

表 6

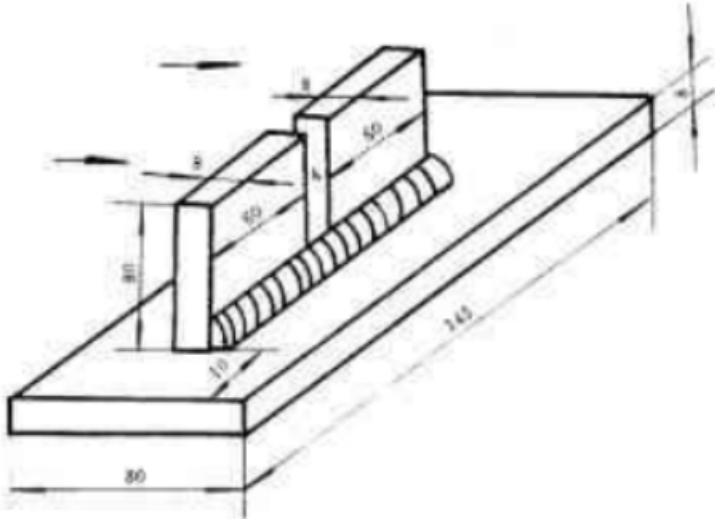
项目代号: TIG-11-平角焊				
试件型式			mm	
				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	不要求
	断 口	要 求	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	不要求
要求及说明		1. 焊接方法: 手工 TIG 焊, 焊层数 1 层 2. 焊接位置: 平角焊 3. 定位点焊在试件两端 4. 断口检查方法: 在台虎钳上夹牢 145×80×8 板, 用锤按上图箭头方向打去 80×60×8 两块板, 然后检查断口		
适 用 范 围		适用于板+管、板+板或管+管的角接缝焊接		

表 7

项目代号：TIG-12-双面横焊				
试件型式 <span style="float:right">mm</span>				
检查及试验要求	外 观	要 求	X 射线照相	要 求
	拉 伸	要求（试样 2 只）	面 弯	不要求
	背 弯	不要求	折 弯	不要求
要求及说明	1. 焊接方法：手工 TIG 双面双人同时焊 焊层数： $\delta \leq$ 时为 层； $\delta \geq$ 时为 层 2. 焊接位置：横焊 3. 试件厚度 $\delta$ 由产品实际厚度决定 4. 定位点焊也应采用双人双面同时横焊			
适 用 范 围	适用于双面双人同时横焊（主要针对安装下塔与主冷凝器复合组焊时环焊缝的焊接）			

6.6 对试外观检查的要求

6.6.1 焊缝表面必须是原始状态，焊缝边缘应圆滑过渡到母材。焊缝表面不得存在裂纹、未焊透、未熔合和焊瘤等缺陷。其他表面缺陷不超过表 8 的规定。

表 8

缺陷名称	允 许 的 最 大 尺 寸
咬 边	深度不大于 0.5mm；焊缝两侧咬边总长度：板状试件不超过焊缝总长度的 10%；管状试件不超过焊缝总长度的 20%
背面内凹	板状试件不允许，管状试件允许内凹深度不大于 0.5mm
气 孔	允许不大于 0.5mm 的气孔不多于 3 个
打 弧 点	焊缝外有打弧点为不合格
背面缩孔	背面有缩孔者为不合格

6.6.2 对接焊缝的外形尺寸应符合表 9 的规定，单面焊背面焊透最大高度应不大于 4mm。

表 9 mm

焊接方法	焊 缝 高 度		焊 缝 高 低 差	
	平 焊	其他位置	平 焊	其他位置
手工钨极氩弧焊	0~3	0~4	≤2	≤3

6.6.3 角焊缝厚度  $a$  应不小于  $0.7\delta$  ( $\delta$  为  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  中较小者), 且不得小于 3mm(见图 1)。

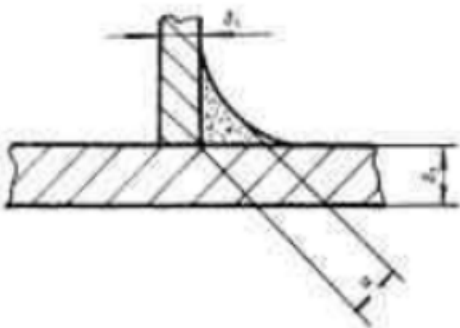


图 1 角焊缝厚度

- 6.7 对接焊缝的射线探伤: 100%X 射线照相应符合附录 A 中 II 级片要求。
- 6.8 角焊缝断口检验要求: 断面上不得有裂纹、未焊透、未熔合。根部应熔合良好, 不得有过烧。断口表面允许有 3 个以下直径不大于 1.5mm 的气孔。
- 6.9 试件机械性能试样的取样位置
- 6.9.1 板状试件的取样位置见图 2。
- 6.9.2 管状试件的取样位置见图 3 及图 4。

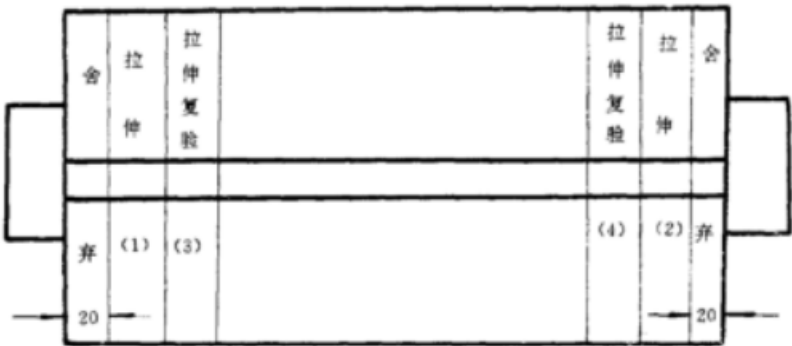


图 2 板状试件取样位置

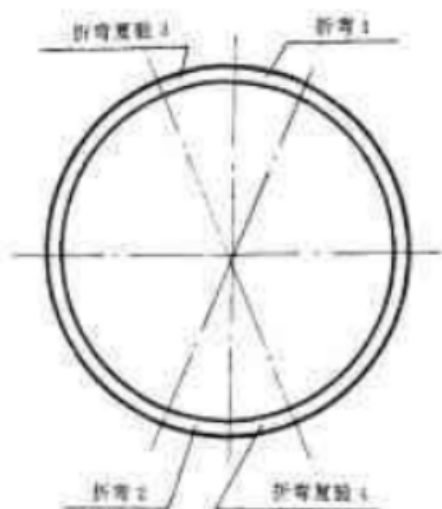


图3 管子转动焊或管子垂直固定焊时取样图

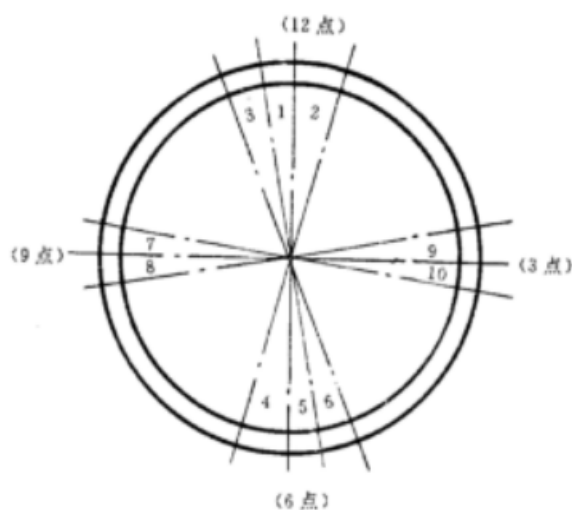


图4 管子水平固定焊时取样图

1、2—平焊折弯试样；3—平焊折弯复试试样；

4、5—仰焊折弯试样；6—仰焊折弯复试试样；

8、9—立焊折弯试样；7、10—立焊折弯复试试样

**6.10** 试样的加工、试验及合格值的评定应符合第8章有关规定。如试验不合格则应按图2~图4切取复试试样，复试试样必须每只合格，否则属不合格。

**6.11** 焊工考试的试卷、考试记录、X射线照相底片、探伤报告和机械性能试验报告等均应存档备查。

## 7 焊接工艺评定

**7.1** 安装中所采用的焊接工艺应经评定合格。

**7.2** 黑色金属焊接工艺评定应符合JB 4708的有关规定。

7.3 对铝及其合金焊接工艺评定，应符合以下规定。

7.3.1 厚度为  $\delta$  的试件工艺评定合格后可适用的产品厚度及熔敷金属适用范围见表 10。

表 10

mm

评定用试件母材厚度 $\delta$	适用的产品厚度 范 围		试件的熔敷 金属厚度	产品熔敷金属厚度的 适用范围（最大）
	最小值	最大值		
<1.5	$\delta$	$2\delta$	$t$	$2t$
1.5~10	1.5			
>10	4			

注： $t$  为试件每种焊接方法（或焊接材料）所熔敷的焊缝金属厚度。

7.3.2 当某些参数的改变会影响焊接接头的机械性能时，则这些参数称谓基本参数。基本参数改变时应重新实施工艺评定。当某些参数的改变不直接影响焊接接头的机械性能时，则这些参数称谓非基本参数。非基本参数改变时不必重新实施工艺评定。

7.3.3 一个焊接接头可以采用多种焊接方法实施评定，工艺评定合格后，在生产中如果基本参数不变，可以采用其中一种或几种焊接方法，而无需重新评定。

7.3.4 相同基本参数的对接接头工艺评定适用于角接头。

7.3.5 当下列基本参数之一改变时，需重新进行焊接工艺评定：

a. 改变母材牌号。当由一种母材牌号改变成另一种母材牌号，或异种材料焊接时，即使这两种材料已分别评定合格，均需重新进行评定；

b. 改变焊接方法，即由钨极氩弧焊改变成熔化极氩弧焊或反之之时，需重新进行工艺评定，但单人操作的钨极氩弧焊改变成双人双面同时钨极氩弧立焊（或横焊）或反之之时，不必重新进行工艺评定；

c. 改变填充金属的成分；

d. 改变保护气体的种类或配比；

e. 预热温度比评定合格值增加或降低 50℃ 以上。

7.3.6 当下列非基本参数改变时，无需重新评定：

a. 单面焊改双面焊或反之，单层（道）改多层（道）焊或反之；

b. 改变焊接位置；

c. 增加或取消垫板（包括熔化性及非熔化性垫板），熔化性垫板必须与母材同牌号，否则按 7.3.5a 条处理；

d. 改变坡口参数（坡口角度、钝边、间隙）；

e. 改变填充金属尺寸；

f. 改变焊接电流、电弧电压、氩气流量、钨极及喷嘴尺寸。

7.3.7 工艺评定试件由技术熟练的焊工担任施焊。

7.3.8 工艺评定试件的焊缝外观检查应符合表 8 规定。

7.3.9 对接接头工艺评定试件焊缝应 100% 进行 X 射线照相，且符合附录 A（补充件）中 II 级片要求。

7.3.10 对接接头工艺评定试件机械性能项目及数量见表 11。

表 11 mm

项目	拉伸	面弯	背弯	宏观金相
数量（只）	2			1

7.3.11 试样的截取应采用机械方法，如采用等离子切割法取样，则每侧必须加工掉不少于 5mm 的金属。板状试件的取样位置见图 5，管状试件的取样位置见图 6。

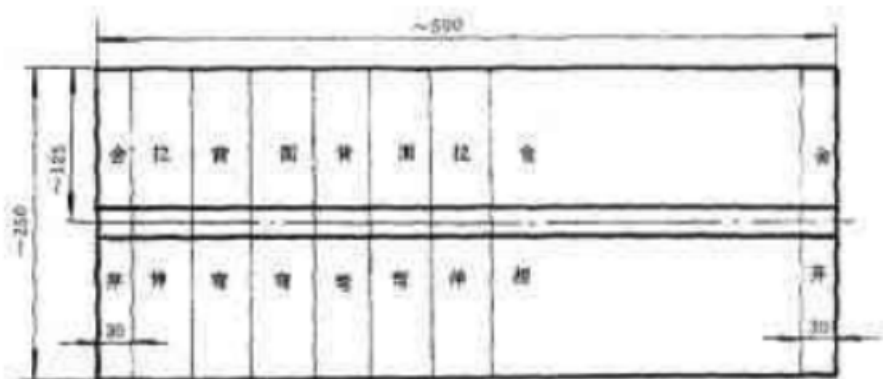


图 5 板状工艺评定试件取样位置

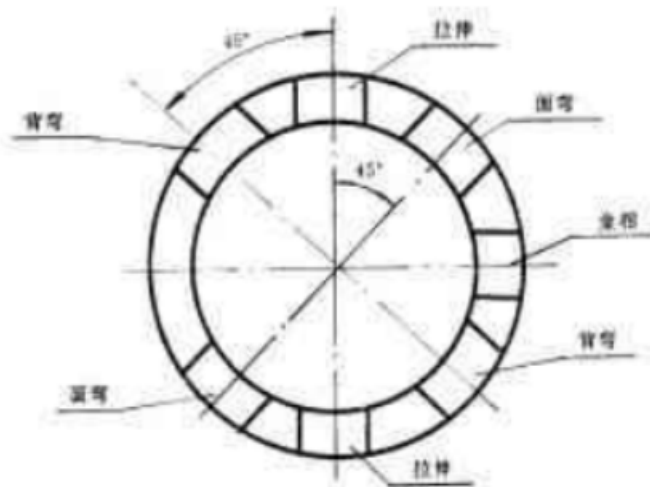


图 6 管状工艺评定试件取样位置

8 试样、试验及合格值评定

8.1 试样加工

8.1.1 拉伸试样

板状试件的拉伸试样尺寸如图 7，管状试件的拉伸试样尺寸如图 8。试样上焊缝余高应采用机械方法去除，使之与母材齐平。试样棱边应倒圆，其半径不大于 1mm。

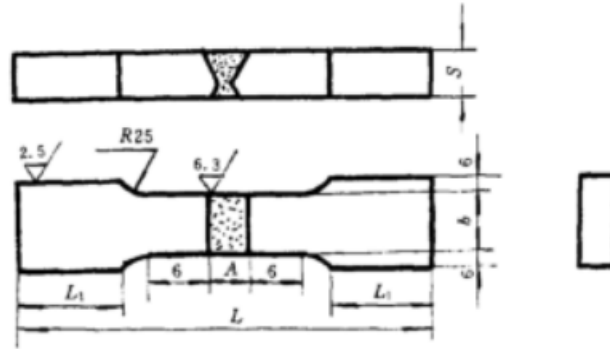


图7 板状拉伸试样

注：试样宽度  $b$  不小于 25mm；试样宽度  $S$  等于板厚  $\delta$ ； $L_1$  由试验机确定。

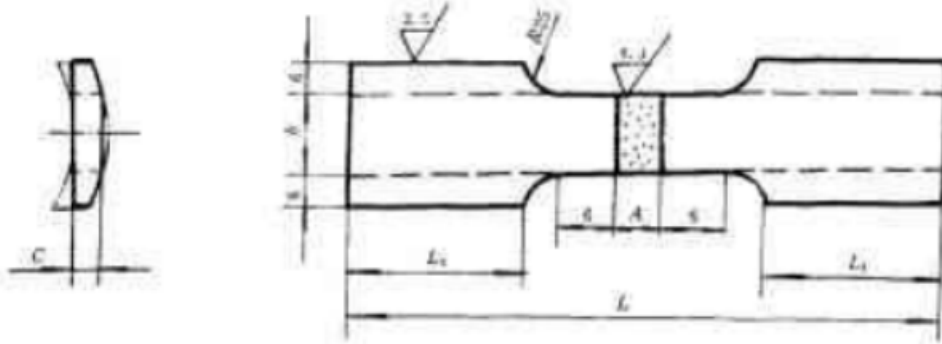


图8 管状拉伸试样

注： $b=12\pm 0.3\text{mm}$  或  $b=20\pm 0.3\text{mm}$ 。

$C$ —使收缩断面  $b$  的宽度上得到平行表面时，试样加工后的最大厚度。

#### 8.1.2 对弯曲试样的规定

8.1.2.1 板状试件的弯曲试样尺寸如图9，当板厚不大于 10mm， $S$  取板厚；当板厚大于 10mm 时，试样受压面应经机械加工至  $S$  等于 10mm，试样宽度  $b$  为 30mm。试样长度按式 (2) 计算：

$$L=D+2.5S+100\text{mm}\cdots\cdots\cdots (2)$$

式中： $D$ ——弯轴直径，mm；

$S$ ——试样厚度，mm；

$L$ ——试样长度，mm。

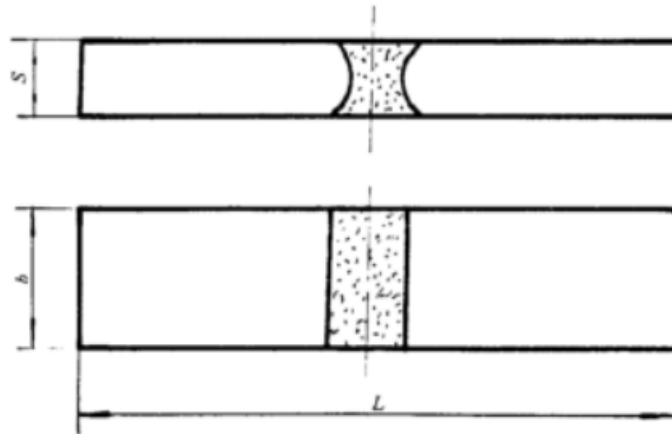


图9 横向弯曲试样



试样上焊缝高于母材表面部分金属应用机械方法除去，试样拉伸面应保留母材原始表面，四条棱边应修成圆角，其半径不大于 2mm。

8.1.2.2 管子焊接接头弯曲试样的长度尺寸按板状弯曲试样尺寸加工，试样宽度  $b$  按式 (3) 计算，且应满足式 (4) 要求。

$$b = S + \frac{D_0}{20} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $S$ ——试样厚度，mm；

$D_0$ ——管子外径，mm。

$$10\text{mm} \leq b \leq 38\text{mm} \dots\dots\dots (4)$$

焊缝高于母材表面部分的金属应用机械方法除去，试样拉伸面应保留母材原始表面，四条棱边修成半径不大于 2mm 的圆角，当管壁厚不大于 20mm 时试样的上下弧面不必加工成平面。

8.1.2.3 当两种母材或焊缝与母材之间弯曲性能显著不同时，可截取纵向弯曲试样以取代横向弯曲试样，试样尺寸见图 10。

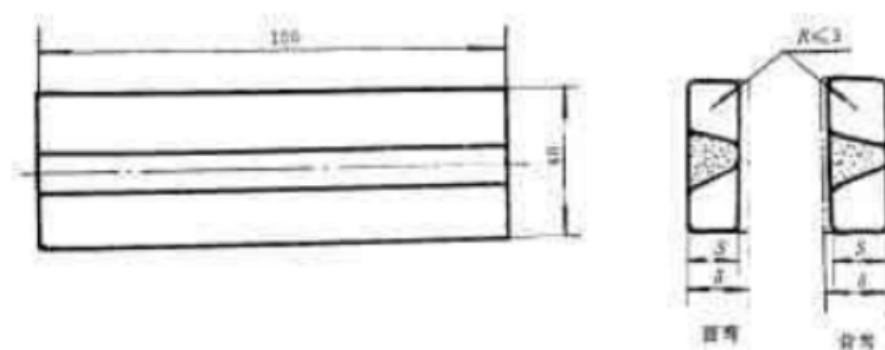


图 10 纵向弯曲试样

注：①  $\delta$  为试板厚度，mm；当试板厚度  $\delta \leq 10\text{mm}$  时，试样厚度  $S = \delta$ ；当试板厚度  $\delta > 10\text{mm}$  时，试样厚度  $S = 10\text{mm}$ 。

② 试样受拉面去除焊缝加强高使与母材原始表面齐平，试板厚度  $\delta$  大于 10 mm 时试样加工面（上图虚线部分）应为试样受压面一侧。

8.1.3 折弯试样尺寸如图 11。试样用机械方法去除焊缝加强高，焊缝两侧母材仍保留原始表面，试样纵向四条棱边倒成半径不大于 2mm 的圆角。

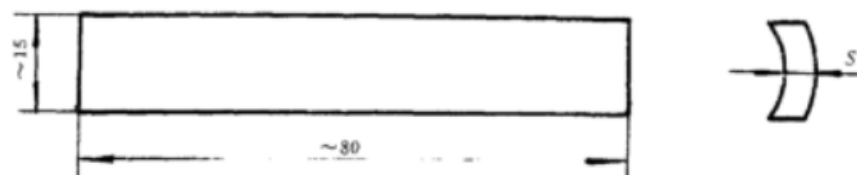


图 11 折弯试样

## 8.2 试验及合格值评定

8.2.1 拉力试验按 GB 228 的有关规定进行。

拉伸试样的抗拉强度应不低于下列规定之一：

- a. 产品图样的规定值；
- b. 材料标准规定的最小抗拉强度；
- c. 不同强度等级材料组成的焊接接头，则为抗拉强度较低一侧材料标准规定的最小抗拉强度。

8.2.2 弯曲试验按 GB 232 的规定进行。弯曲角及弯轴直径见表 12。

表 12

mm

母 材	弯轴直径	支座间距离	弯曲角
LF2 LF21	4 S	4S+3	180°
LF4 LF5	$6\frac{2}{3}S$	$8\frac{2}{3}S$	180°

试样冷弯至 180° 后，其拉伸面上出现长度大于 3mm 的裂纹（任何方向）即为不合格，但裂纹长度不叠加，试样的四棱先期开裂也不计。

8.2.3 折弯试验方法：将试样夹入台虎钳，焊缝正好位于钳口之上，用锤子将试样打弯，使焊缝根部受拉伸。当弯曲角达 30°，焊缝未产生任何裂纹，判定合格。

## 9 产品试板

凡符合《压力容器安全技术监察规程》第 3 条的现场制作压力容器应按台为单位带产品试板，黑色金属容器试板制作试验应符合 GB 150 附录 G 的规定。铝及铝合金制容器应符合有关标准的规定。

## 10 上塔与主冷凝器组装焊接

10.1 用电（风）动工具割去试压闷板（或封头），用机械方法清理焊接区。

10.2 按表 7 中图或按制造厂图样要求加工坡口。

10.3 现场准备：脚手架必须牢固，脚手架至焊缝高度以 1400mm 左右为宜；4 台手工氩弧焊机；预热用的氧、乙炔设施；用于筒体内的通风设施。

10.4 焊工应按表 7 经考试合格。

10.5 组对定位焊及正式焊接均采用双人双面同时横焊，壁厚不小于 8mm 时，覆盖层允许采用单人焊接。定位焊缝间距不得大于 200mm。

10.6 组对定位时必须保证板边错位量、塔体垂直度及塔板水平度符合图样规定。

10.7 焊接环境：定位焊及正式焊接不得在雨（雪）天或相对湿度不小于 80% 的环境下进行。环境温度低于零下 5℃ 时冷箱内应有取暖措施。

10.8 正式焊接前应施焊试板一块，其工艺条件应设法与正式焊接时相同，试板长度不得小于 500mm，焊后经 100%X 射线照相，应符合附录 A II 级。

10.9 焊前预热应在塔体外侧进行，但应避免焊接区氧化。当上塔、主冷凝器壁厚不大于 6mm 时，预热温度约为 100℃，壁厚不小于 8mm 时，预热温度为 100~140℃。

10.10 正式焊接过程中断时间不得超过 15min。

10.11 焊接顺序根据定位后塔体垂直度及塔板水平度确定，则利用焊接变形进一步矫正垂直度及水平度。

10.12 如上塔、主冷凝器未开设人孔，不能进行双面焊，则采用加垫环的单面焊，焊工考试及焊接接头型式按表 4 执行。

10.13 焊后检验——焊缝经外观检查合格后经 100%X 射线照相，应符合附录 A II 级。

10.14 焊缝返修——焊缝返修前应用机械方法清除缺陷，返修工艺同正式焊接时相同。

## 11 铝管道焊缝的布置及坡口型式

11.1 铝管道应尽量使管道焊缝处于平焊或立焊位置，而不处于横焊或仰焊的位置

11.2 斜插接管角焊缝其主管与支管间的夹角一般应大于或等于  $60^\circ$ ，见图 12。

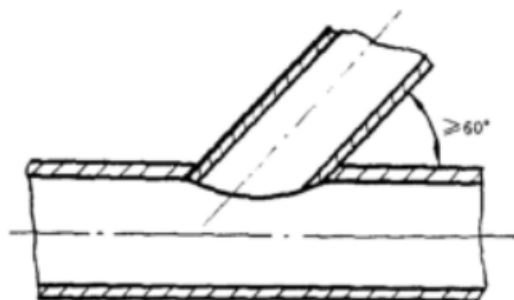


图 12 斜管接管

11.3 在焊接位置许可的情况下，应优先考试采用双面双人同时氩弧立焊。

11.4 纵焊缝不得采用永久性垫板。

11.5 壁厚大于或等于 4mm 的水平固定管道环焊缝，壁厚大于或等于 5mm 的垂直固定管道环焊缝及壁厚大于或等于 6mm 的管道转动焊缝可采用嵌入环式不锈钢垫环焊（见图 13）。作垫环用的不锈钢表面必须清洁且无划（碰）伤，在装配中也应避免表面机械损伤，不锈钢带及槽形铝的接口应采用直流氩弧焊和交流氩弧焊焊合磨光。

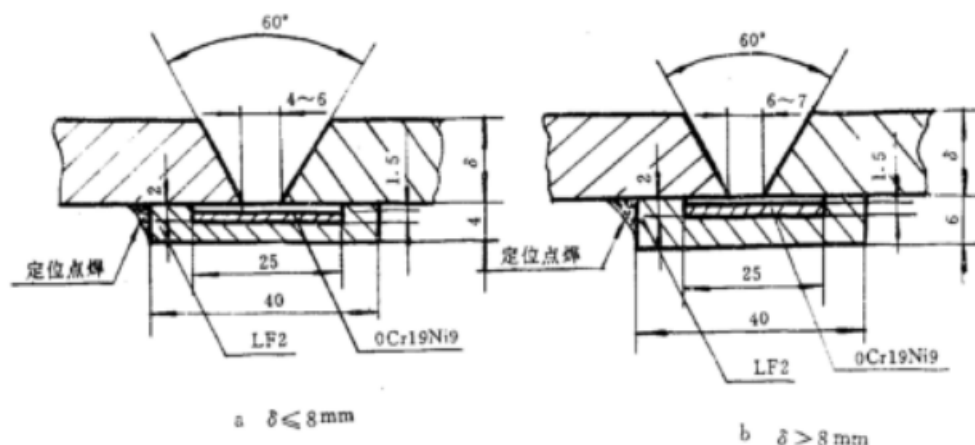


图 13 嵌入环式不锈钢垫环

11.6 加垫环的焊接接头应使用管道内壁齐平。

11.7 铝管道焊接接头及坡口型式推荐按附录 B 表 B1 选用。

## 12 铝管道焊缝焊后检验

12.1 所有焊缝均应进行外观检查,符合 6.6.1 及 6.6.2 条中的规定。

12.2 焊缝外观检验合格后方可进行无损探伤。

12.3 转动焊口在 X 射线照相未合格不得入冷箱组焊。

12.4 液化气体管道、切换管道的设计压力  $p$  不小于 0.6MPa 的管道对接纵、环缝应经 100%X 射线照相,其八管道 X 射线照相范围不应小于每条焊缝总长的 20%。

12.5 射线照相的焊缝其评片标准应符合附录 A II 级片。

12.6 外径小于或等于 80mm 的管道环焊缝允许只做一次椭圆斜投影 X 射线照相,其 20%照相比例可按焊缝条数计算。

12.7 管外径大于 800 mm 时,每个接头的射线照相长度不得小于焊缝长度的 50%。

12.8 进行局部射线检查时应选择 T 字焊缝(纵、环焊缝交叉处)、横焊、仰焊及其他焊接位置中难以保证质量的部位、熄弧坑及有缺陷疑义的部位。

12.9 局部射线检查的焊缝经照相发现有未焊透、链状气孔、未熔合、连续性夹钨或裂纹等缺陷,则该焊缝照相长度应增加一倍,如仍发现有上述缺陷则应 100%X 射线照相。存在单个或局部分布的气孔、夹钨、夹杂等缺陷时可以不扩大照相范围。

12.10 经实际操作考试合格的焊工,正式施焊的最初 5 条焊口应进行 100%X 射线照相,以确定其在生产实际条件下能否胜任焊接工作。

12.11 安装单位应逐月统计每个持证焊工的焊缝返修率,并实施焊工钢印制度或对焊工所焊焊缝进行绘图记录。如果单个焊工月返修率在 8%~16%时,则规定的射线抽查百分比应增加一倍,如月返修率超过 16%时,则应进行 100%X 射线检查。

12.12 因嵌入环式不锈钢垫环熔化而引起的不合格焊缝的返修要求:

a. 一条环焊缝垫环有多处熔化,该焊缝应锯开后重焊;

b. 一条环焊缝垫环仅有局部熔化,则应在检验员监督下确认铲净该部位焊缝金属,然后重新焊接,如返修后的底片上缺陷的大小、部位均和返修前底片上影印一致,则应认为返修合格。

## 附录 A

铝焊缝 X 射线照相底片等级的评定  
(补充件)

## A1 射线照相底片灵敏度的规定

在照相底片上可辨认的像质计最细丝直径应不大于表 A1 所规定的值。

表 A1 材料厚度与可辨认的最细丝直径 mm

材料厚度 $\delta$	可辨认的像质计 最细丝直径	材料厚度 $\delta$	可辨认的像质计 最细丝直径
<6.3	0.10	51.2~<64.0	0.64
6.3~<8.0	0.13	64.0~<100	0.80
8.0~<10.0	0.16	100~<125	1.00
10.0~<12.5	0.20	125~<160	1.25
12.5~<16	0.25	160~<200	1.60
16~<25	0.32	200~<250	2.00
25~<31.3	0.40	250~<320	2.50
31.3~<51.2	0.50	$\geq 320$	3.20

## A2 试件无缺陷部分的照相密度应在表 A2 所示的范围内。

表 A2 材料厚度与照相密度 mm

材料厚度 $\delta$	照相密度
<40	1.0~3.5
40~<80	1.5~3.5
$\geq 80$	2.0~3.5

## A3 等级的划分

底片评定等级分为 I、II、III、IV 级，表面缺陷如咬边、焊瘤等不属评定范围，表面缺陷应在射线照相前消除。

## A4 底片上缺陷评定范围其尺寸按表 A3 的规定，其范围系指底片上缺陷最密集的部位。

表 A3 材料厚度与评定范围 mm

材料厚度 $\delta$	<20	20~<80	$\geq 80$
评定范围	10×10	10×20	10×30

## A5 不计点数的缺陷尺寸

当气孔（包括夹钨、夹杂）尺寸小于表 A4 所列的数值时，可不作缺陷评定。

表 A4 不计缺陷的尺寸

mm

材料厚度 $\delta$	缺陷尺寸
$<20$	$\leq 0.4$
$20 \sim <40$	$\leq 0.6$
$\geq 40$	不大于材料厚度的 1.5%

**A6 单个缺陷的评定**

单个缺陷（指单个气孔、夹钨等）在任何方向上的最大尺寸超过材料厚度的  $1/3$  时，不应评为 I 级，超过材料厚度的  $2/3$  或 10mm 时应评为 IV 级，尺寸在材料厚度的  $1/3$  与  $2/3$  之间的缺陷则按表 A5 与表 A6 进行评定。

**A7 缺陷点数的换算及评定**

尺寸大于表 A4 所列的气孔按表 A5 计算缺陷点数，然后根据表 A6 进行等级评定。

表 A5 缺陷点数的换算

缺陷尺寸 mm	$\leq 1.0$	$>1.0 \sim 2.0$	$>2.0 \sim 4.0$	$>4.0 \sim 8.0$	$>8.0 \sim 10.0$
点 数	1	2	4	8	16

表 A6 按缺陷点数进行等级评定

mm

评 定 范 围 材料厚度 最多 等级 点数	$10 \times 10$				$10 \times 20$		$10 \times 30$
	$<3.0$	$3.0 \sim <5.0$	$5.0 \sim <10.0$	$10.0 \sim <20.0$	$20.0 \sim <40.0$	$40.0 \sim <80.0$	$\geq 80.0$
I	1	2	3	4	6	7	8
II	3	7	10	14	21	24	28
III	6	14	21	28	42	49	56
IV	缺陷点数多于 III 级						

注：当材料厚度不同时，应选较薄一侧的厚度。

**A8** 夹钨应按表 A5 所列的缺陷点数的一半作评定依据。

**A9** 夹杂当其尺寸不大于 2.0mm 时，应根据其尺寸按表 A5 点数进行计量评定。当夹杂的尺寸不大于 2.0mm 并且其位置明显存在于焊缝加强高内时，可不作缺陷来考虑。超过 2.0mm 的夹杂应按表 A7 进行评定。当夹杂与其他缺陷共存时，应分别进行等级的评定，并应取其较低的等级作为最终等级，当两种等级相同时，应降低一级作为最终等级。但是对于 I 级片来说，只有当超过表 A5 缺陷点数的一半并超过表 A5 缺陷长度的一半时，才应评为 II 级片。

表 A7 夹杂的评定 mm

等级	材料厚度 $\delta$ 缺陷尺寸		
	$\leq 12$	$>12 \sim <48$	$\geq 48$
I	$\leq 3$	不大于材料厚度的四分之一	$\leq 12$
II	$\leq 4$	不大于材料厚度的三分之一	$\leq 16$
III	$\leq 6$	不大于材料厚度的二分之一	$\leq 24$
IV	缺陷长度大于III级		

**A10 夹杂长度的计算**

夹杂的最大尺寸应作为缺陷长度来考虑。当两个或两个以上的条状缺陷存在时，若相邻两个缺陷之间距离超过一个较大缺陷的尺寸时，它们应作为单独缺陷分别评定；若不大于一个较大尺寸时，则应把它们作为连续缺陷评定，即缺陷之间距离也应计入缺陷长度。

**A11** 底片中存在裂纹、未熔合及焊缝中熔入铜或不锈钢缺陷时应评为IV级。

**A12** I、II级焊缝中不允许存在未焊透。单面焊焊缝中未焊透深度小于母材厚度的 15%且小于 2mm 时应评为III级。超过上述值者应评为IV级。双面焊缝中存在未焊透时应评为IV级。

**A13 密集缺陷**


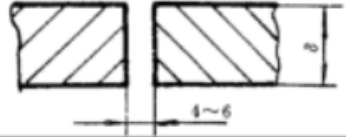
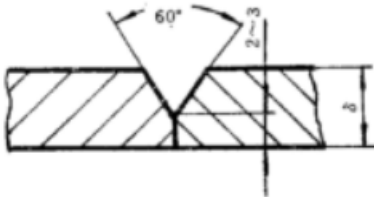
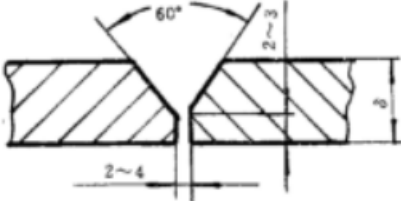
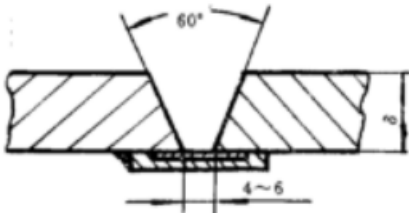
当尺寸不大于表 A4 的缺陷密集存在时，那范围应作一个较大缺陷来考虑，并且按表 A5、表 A6 进行评定。但当这些缺陷明显存在于焊缝加强高中时可不作缺陷考虑。

当III级片允许的缺陷点数连续存在并超过评定范围尺寸的三倍时，应评为IV级片。

附 录 B

铝制空分设备铝管道焊接接头坡口型式、特点及适用范围  
(参考件)

B1 铝制空分设备铝管道焊接接头坡口型式、特点及适用范围铝见表 B1。

表 B1		mm
序号	接头及坡口型式	特 点 及 适 用 范 围
1		手工钨极氩弧焊 (以下简称 TIG)。单面焊双面成形 主要适用于 $\delta \leq 5\text{mm}$ 的平焊和横焊
2		TIG 双面双人同时立焊 适用范围: $\delta \leq 10\text{mm}$ 的纵环焊缝应优先考虑先用这种方法及坡口
3		TIG 单面焊双面成形, 焊层数 $\geq 2$ , 主要适用于 $\delta = 6\text{mm}$ 的纵、环焊缝
4		TIG 双面焊。 适用于 $\delta \geq 8\text{mm}$ 又无法进行双面双人同时立焊的焊缝
5		TIG 单面焊。 适用于 $\delta \geq 4\text{mm}$ 的水平固定管道 环焊缝及 $\delta \geq 5\text{mm}$ 垂直固定管道 环焊缝以及 $\delta \geq 6\text{mm}$ 的管道转动环焊缝



续表 B1

序号	接头及坡口型式	特点及适用范围
6		TIG 单面焊（或双面焊） 如果管径、管道长度允许，应优先考虑采用双面焊
7		TIG 双面双人同时立焊（可完全焊透），如果管径 $\phi$ 足够大，可以用双面双人同时立焊时，应优先选用此种接头型式，一般适用 $\delta \leq 6\text{mm}$
8		TIG 双面双人同时立焊（可完全焊透），适用范围： $\phi_1 > 250\text{mm}$ ， $L$ （支管长度）较短，位置允许双面双人同时立焊的情况， $\delta_1 \leq 6\text{mm}$
9		TIG 双面双人同时立焊（可完全焊透），适用范围：管径 $\phi$ 足够大，若可以采用双面双人同时立焊，应优先选用此种接头型式，一般选用 $\delta > 6\text{mm}$

附加说明：

本标准由机械工业部杭州制氧机研究所提出并归口。

本标准由杭州制氧机厂负责起草。

本标准主要起草人徐志烽、周剑。



中 华 人 民 共 和 国  
机 械 行 业 标 准  
铝制空气分离设备安装焊接技术规范  
JB/T 6895—1993

机械科学研究院出版发行  
机械科学研究院印刷  
(北京首体南路2号 邮编 100044)

开本 880×1230 1/16 印张  $1\frac{3}{4}$  字数 46,000  
1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷  
印数 1—500 定价 4.00 元

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>