

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 33960—2017

---

## 压力容器焊接用铝及铝合金线材

Aluminum and aluminum alloy welding wires for pressure vessel



2017-07-12 发布

2018-04-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准主要起草单位：杭州坤利焊接材料有限公司、东北轻合金有限责任公司、西南铝业(集团)有限公司、浙江宇光铝材有限公司、北京有色金属与稀土应用研究所。

本标准主要起草人：陈继强、谢幸儿、高新宇、高玉亭、杜恒安、林中强、焦磊、谢迪江。



# 压力容器焊接用铝及铝合金线材

## 1 范围

本标准规定了压力容器焊接用铝合金线材的要求、试验方法、检验规则、可追溯性和标志、包装、运输、贮存及质量证明书与订货单(或合同)内容。

本标准适用于中低常压罐体、塔体、箱体等铝制容器焊接用铝合金线材(以下简称线材)。

## 2 规范性引用文件

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

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 3199 铝及铝合金加工产品包装、标志、运输、贮存

GB/T 3880.1 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分:一般要求

GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 16672 焊缝 工作位置 倾角和转角的定义

GB/T 17432 变形铝及铝合金化学成分分析取样方法

GB/T 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法

NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测 第2部分:射线检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测

## 3 要求

### 3.1 线材分类

#### 3.1.1 牌号、类别、尺寸规格及净重

线材的牌号、类别、尺寸规格及净重应符合表1的规定,需要其他牌号、规格或净重的线材时,应供需双方协商,并在订货单(或合同)中注明。

表1 牌号、类别、尺寸规格及净重

牌号 <sup>a</sup>	类别	尺寸规格 mm			净重(每盒或卷) kg
		直径	长度	线盘直径	
1100 1188 4043、4043A 4047 5183、5183A 5356、5356A 5554 5556	直条线材	1.60、2.00、2.40、3.00、3.20、 4.00、5.00	1 000	—	2.5、5、10、20
	盘装线材	0.80、1.00、1.20、1.60	—	100	0.45
				200	2.0、2.5
				270、300	5、6、7
	空心卷线材	2.40、3.00、3.20、4.00	—	—	5、8、10、12、15

<sup>a</sup> 需方可参照附录A,为需焊接的铝合金材料选择相匹配的焊接线材。

3.1.2 标记及示例

线材标记按产品名称或类别、标准编号、牌号、尺寸规格及净重的顺序表示。标记示例如下：

示例 1：

5356 牌号、直径为 1.60 mm、每盒质量为 7 kg 的盘装线材，标记为：

盘装线材 GB/T 33960 5356-Φ1.6-7

示例 2：

5356 牌号、直径为 1.60 mm、长度为 1 000 mm、每盒质量为 5 kg 的直条线材，标记为：

直条线材 GB/T 33960 5356-Φ1.6×1 000-5

示例 3：

5356 牌号、直径为 3.20 mm、每盒质量为 8 kg 的空心卷线材，标记为：

空心卷线材 GB/T 33960 5356-Φ3.2-8

3.2 化学成分

1188、5183A、5356A 牌号线材的化学成分应符合表 2 的规定，其他牌号线材的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。对其他杂质元素的质量分数有特殊要求时，由供需双方协商确定后在订货单（或合同）中注明。



表 2 化学成分

牌号	化学成分 <sup>a</sup> (质量分数)/%												
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn		Ti	Be	其他杂质 <sup>a</sup>		Al <sup>b</sup>
											单个	总计	
1188	≤0.06	≤0.06	≤0.005	≤0.01	≤0.01	—	≤0.03	Ga≤0.03 V≤0.05	≤0.01	≤0.000 3	0.01	—	≥99.88
5183A	≤0.40	≤0.40	≤0.10	0.50~ 1.0	4.3~ 5.2	0.05~ 0.25	≤0.25	—	≤0.15	≤0.000 5	0.05	0.15	余量
5356A	≤0.25	≤0.40	≤0.10	0.05~ 0.20	4.5~ 5.5	0.05~ 0.20	≤0.10	—	0.06~ 0.20	≤0.000 5	0.05	0.15	余量

<sup>a</sup> 其他杂质指表中未列出或未规定数值的元素。  
<sup>b</sup> 铝的质量分数为 100.00% 与所有质量分数不小于 0.010% 的元素质量分数总和的差值，求和前各元素数值要表示到 0.0X%。

3.3 尺寸偏差

尺寸偏差应符合表 3 的规定。

表 3 尺寸偏差

线材类别	直径允许偏差 mm	长度允许偏差 mm
盘装线材	+0.03 -0.05	—

表 3 (续)

线材类别	直径允许偏差 mm	长度允许偏差 mm
空心卷线材	+0.03 -0.05	—
直条线材	±0.10	±2

### 3.4 焊接性能

3.4.1 盘装线材及空心卷线材熔敷金属 X 射线探伤结果应符合 NB/T 47013.2—2015 中铝制承压设备质量等级 I 级要求。

3.4.2 直条线材平板堆敷焊接试验结果:熔敷金属流动性好、无飞溅,焊缝规则、匀称、表面光滑;经焊缝渗透探伤试验,未发现裂纹或直径超过 0.4 mm 的气孔。

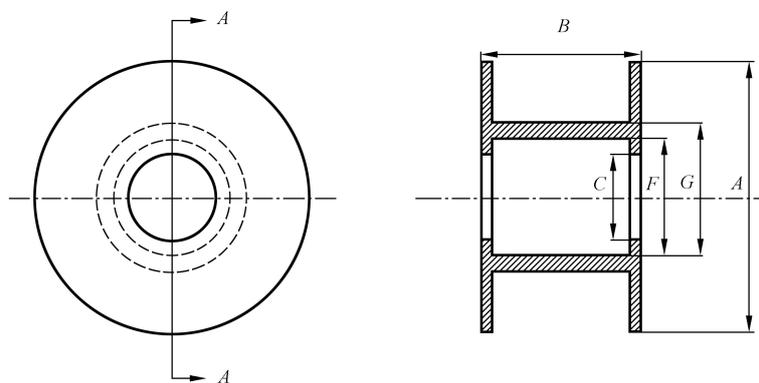
### 3.5 外观质量

线材表面应光滑,色泽均匀,不应有裂纹、毛刺、起皮、凹陷、黑斑、折叠、油污和其他对焊接产生有害影响的缺陷。

### 3.6 线盘

3.6.1 直径为 100 mm 的线盘形状示意图见图 1;直径大于 100 mm 的线盘形状示意图见图 2。线盘尺寸及偏差参见表 4。

3.6.2 线盘应清洁、干燥。线盘在正常的搬运中及在不小于 120 °C 的温度下正常使用时,不应发生变形。



说明:

A —— 直径;

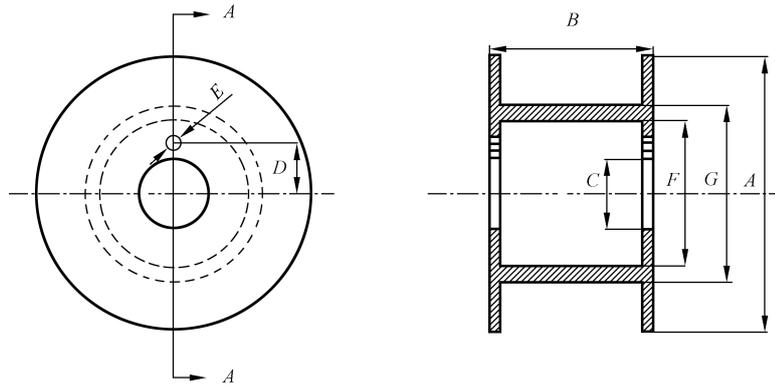
B —— 幅宽;

C —— 法兰内径;

F —— 芯轴内径;

G —— 芯轴外径。

图 1 直径为 100 mm 的线盘形状示意图



说明：

- A —— 直径；
- B —— 幅宽；
- C —— 法兰内径；
- D —— 驱动孔轴间距；
- E —— 驱动孔直径；
- F —— 芯轴内径；
- G —— 芯轴外径。

图 2 直径大于 100 mm 的线盘形状示意图

表 4 线盘尺寸及偏差

单位为毫米

直径 A 及允许偏差	$100_0^{+2}$	$193_{-1}^{+1}$	$200_0^{+3}$	$270_0^{+5}$	$300_0^{+5}$
幅宽 B 及允许偏差	$45_{-2}^0$	$60_{-3}^0$	$55_{-3}^0$	$100_{-3}^0$	$100_{-3}^0$
法兰内径 C 及允许偏差	$16_0^{+1}$	$50.5_0^{+2.5}$	$50.5_0^{+2.5}$	$50.5_0^{+2.5}$	$50.5_0^{+2.5}$
驱动孔轴间距 D 及允许偏差	—	$44.5_{-0.5}^{+0.5}$	$44.5_{-0.5}^{+0.5}$	$44.5_{-0.5}^{+0.5}$	$44.5_{-0.5}^{+0.5}$
驱动孔直径 E 及允许偏差	—	$10_0^{+1}$	$10_0^{+1}$	$10_0^{+1}$	$10_0^{+1}$

### 3.7 盘装要求

采用盘装交货的线材应连续、无接头，最外层与线盘外缘的距离不少于 3 mm，线盘装线应满足自动或半自动焊接设备上连续送丝的要求。

## 4 试验方法

### 4.1 化学成分

4.1.1 化学成分分析方法采用 GB/T 20975 或 GB/T 7999，仲裁分析方法应符合 GB/T 20975 的规定。

4.1.2 仅对本标准的表 2 和 GB/T 3190 中相应牌号的“Al”及“其他”之外有数值规定的元素进行常规化学分析。当怀疑非常规分析元素的质量分数超出了本标准的限定值时，供方应对这些元素进行分析。

4.1.3 “Al”质量分数按 GB/T 3190 规定的方法计算,计算“Al”质量分数时,取常规分析元素与怀疑超量的非常规分析元素分析数值的和值作为“元素质量分数总和”。

4.1.4 分析数值的判定采用修约比较法,数值修约规则按 GB/T 8170 的有关规定进行,修约数位应与本标准的表 2 或 GB/T 3190 规定的极限数位一致。

## 4.2 尺寸偏差

线材的直径用精度不低于 0.01 mm 的量具进行测量,长度用直尺或卷尺等相应尺寸精度的量具测量。

## 4.3 焊接性能

盘装线材及空心卷线材的熔敷金属 X 射线探伤试验方法按附录 B 进行。直条线材的平板堆敷焊接试验方法按附录 C 进行。

## 4.4 外观质量

采用目视或借助于 20 倍放大镜检查线材外观质量。仲裁时采用 20 倍放大镜。

## 4.5 线盘

线盘尺寸偏差用能保证相应精度的量具测量,其他项目以目视检查。

## 4.6 盘装要求

盘装要求应目视检验,必要时可采用相应精度量具进行测量。

# 5 检验规则

## 5.1 检验和验收

5.1.1 线材应由供方进行检验,保证线材质量符合本标准及订货单(或合同)的规定,并填写质量证明书。

5.1.2 需方应对收到的线材按本标准的规定进行检验。检验结果与本标准或订货单(或合同)的规定不符时,应以书面形式向供方提出,由供需双方协商解决。属于外观质量或尺寸偏差的异议,应在收到线材之日起一个月内提出,属于其他性能的异议,应在收到线材之日起三个月内提出。如需仲裁,可委托供需双方认可的单位进行,并在需方共同取样。

## 5.2 组批

线材应成批提交验收,每批应由同一牌号、熔次和尺寸规格的材料组成,批重不限。

## 5.3 计重

线材应检斤计重。

## 5.4 检验项目

每批线材出厂前均应进行化学成分、尺寸偏差、焊接性能、外观质量和盘装要求的检验。

## 5.5 取样

线材取样应符合表 5 的规定。

表 5 取样要求

检验项目	取样规定	要求的章条号	试验方法的章条号
化学成分	按 GB/T 17432 的规定进行	3.2	4.1
尺寸偏差	每批抽取总盒数的 2%，但不少于 2 盒(卷)。直条线材每盒至少抽取 5 根	3.3	4.2
焊接性能	每批抽取 1 盒(卷)	3.4	4.3
外观质量	每批抽取总盒数的 2%，但不少于 2 盒(卷)。直条线材每盒至少抽取 5 根	3.5	4.4
线盘	每批至少抽取 2 盘	3.6	4.5
盘装要求	逐盘进行检验	3.7	4.6

## 5.6 检验结果的判定

5.6.1 任一试样的化学成分不合格时,判该批不合格。

5.6.2 任一试样的尺寸偏差不合格时,判该批不合格。但经供需双方商定,该批线材可由供方逐盒(卷)检验,合格者交货。

5.6.3 任一试样的焊接性能不合格时,应从该批线材中另取双倍数量的试样对不合格的项目进行重复试验,重复试验结果全部合格时判该批线材合格,若重复试验结果中仍有试样焊接性能不合格,判该批线材不合格。但经供需双方商定,该批线材可由供方逐盒(卷)检验,合格者交货。

5.6.4 任一线材的外观质量不合格时,判该盒(卷)线材不合格。但经供需双方商定,该批线材可由供方逐盒(卷)检验,合格者交货。

5.6.5 任一线盘不合格时,判该批不合格。但经供需双方商定,该批线材可由供方逐盒检验,合格者交货。

5.6.6 盘装要求不合格时,判该盒(卷)不合格。

## 6 可追溯性

6.1 供方应保证任何一批线材、任何一件线材的生产制造、检验或试验,交付入库具有可追溯性。保证按照线材标志可追溯到线材制造、检验各个过程的原始数据。

6.2 供方对各种原始记录应妥善保管、备查,保存期不少于 3 年。

## 7 标志、包装、运输、贮存及质量证明书

### 7.1 标志

#### 7.1.1 产品标志

在检验合格的线材外包装上打印如下标记(或贴标签),其上标明:

- a) 牌号;
- b) 尺寸规格;
- c) 本标准编号;
- d) 认证标志;
- e) 产品熔次号、批号;

- f) 供方质检部门的检印(或质检人员的签名或印章);
- g) 每根直条线材的端部用永久性印记标示出线材合金牌号。

### 7.1.2 包装箱标志

线材的包装箱标志应符合 GB/T 3199 的规定。

## 7.2 包装、运输、贮存

线材采用铝箔真空包装或塑料袋真空包装后,再装入纸质包装箱内。贮存条件为:湿度不超过 60%。或按照供需双方协议包装,其他包装、运输、贮存的要求按 GB/T 3199 的规定。

## 7.3 质量证明书

每批线材应附有产品质量证明书,其上注明:

- a) 供方名称;
- b) 产品名称;
- c) 牌号及尺寸规格;
- d) 批号;
- e) 熔次号;
- f) 净重、或箱、件数;
- g) 本标准编号;
- h) 认证标志;
- i) 各项分析项目的检验结果和供方质检部门的检印(或检验标识);
- j) 包装日期(或出厂日期);
- k) 使用期限(标明启封后应立即使用,密封状态下在一年内使用)。

## 8 订货单(或合同)内容

订购本标准所列线材的订货单(或合同)内应包括下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 牌号;
- c) 尺寸规格;
- d) 重量(或件数);
- e) 本标准编号;
- f) 特殊包装要求;
- g) 其他特殊要求。

附录 A  
(资料性附录)

线材与需焊接的铝合金材料的匹配关系

线材与需焊接的铝合金材料的匹配关系见表 A.1。

表 A.1 线材与需焊接的铝合金材料的匹配关系

需焊接的铝合金材料牌号	需焊接的铝合金材料牌号									
	1060、1070、 1080、1350	1100、 3003	3004	5052、 5652	5083、 5383	5086、5186、 5182、5059、 5088	5154、 5754	5454	5456	6061、 6082
	线材牌号									
1060、1070、 1080、1350	1188 <sup>a,b,e</sup>	1100 <sup>a,b</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356	5356 <sup>b,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>c</sup>	4043 <sup>a</sup>
1100、3003	1100 <sup>a,b</sup>	1100 <sup>a,b</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>b,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>c</sup>	4043 <sup>a</sup>
3004	4043 <sup>a,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>b,d</sup>	5356 <sup>b,d</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>c</sup>	4043 <sup>a,d</sup>
5052、5652	4043 <sup>a,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>b,d</sup>	5554 <sup>d</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>b,d</sup>
5083、5383	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5183 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5183 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>
5086、5186、 5182、5059、 5088	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>
5154、5754	5356 <sup>b,c</sup>	5356 <sup>b,c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5554 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>
5454	4043 <sup>a,c</sup>	4043 <sup>a,c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5554 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>
5456	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5183 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5556 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>
6061、6082	4043 <sup>a</sup>	4043 <sup>a</sup>	4043 <sup>a,d</sup>	5356 <sup>b,d</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>c</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>d</sup>	5356 <sup>c</sup>	4043 <sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> 也可以根据用途选择使用 4047。

<sup>b</sup> 也可以根据用途选择使用 4043。

<sup>c</sup> 也可以根据用途选择使用 5356、5183 或 5556。

<sup>d</sup> 也可以根据用途选择使用 5356、5183、5556 或 5554。

<sup>e</sup> 也可以根据用途选择使用 1100。



附 录 B  
(规范性附录)

熔敷金属 X 射线探伤试验方法

### B.1 试样的制备

#### B.1.1 母板的制备

按表 B.1 的规定选择相应牌号的铝合金板,按表 B.2 选择母板厚度作为该铝合金板厚度,该铝合金板应符合 GB/T 3880.1 的规定。将该铝合金板按表 B.2 规定的长度和坡口角度进行加工,加工后的铝合金板(以下简称母板)形状如图 B.1 所示,尺寸符合表 B.2 规定。

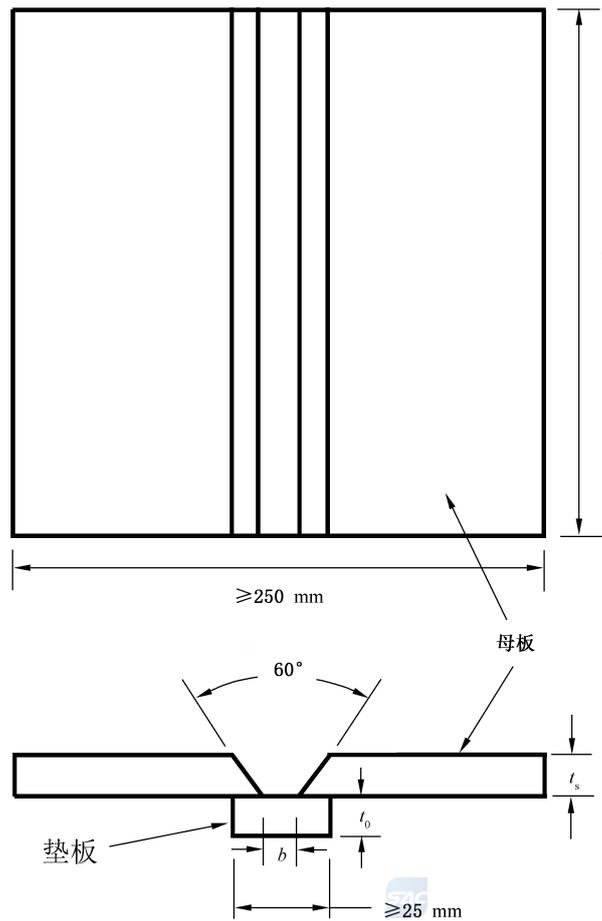
表 B.1 与线材牌号对应的铝合金板牌号

线材牌号	铝合金板牌号
1100、1188	1060、1100、1350、3003
4043、4043A、4047	3003、6061
5183、5183A、5356、5356A、5556、5554	3004、5052、5083、5086

表 B.2 母板尺寸、定位参数及焊接位置的选择

线材类型	线材直径 $d$ mm	母板尺寸			垫板厚度 $t_0$ mm	根部间隙 $b$ mm	焊接位置 <sup>b</sup>
		长度 $l$ mm	厚度 $t_s$ <sup>a</sup> mm	坡口角度			
盘装线材 或空心卷 线材	0.8	$\geq 250$	6.5	30°	6.5	6.5	仰焊(PE)
	0.9		6.5		6.5	仰焊(PE)	
	1.0		6.5		6.5	仰焊(PE)	
	1.2		6.5		6.5	仰焊(PE)	
	1.6		10.0		10.0	仰焊(PE)	
	2.0		10.0		10.0	仰焊(PE)	
	2.4		10.0		10.0	平焊(PA)	
	3.0		10.0		10.0	平焊(PA)	
	3.2		10.0		10.0	平焊(PA)	
	4.0		10.0		10.0	平焊(PA)	

<sup>a</sup> 母板厚度允许存在 5% $t_s$  的偏差。  
<sup>b</sup> 焊接位置参照 GB/T 16672 规定。



说明：

$l$  —— 母板长度；

$t_s$  —— 母板厚度；

$b$  —— 根部间隙；

$t_0$  —— 垫板厚度。

图 B.1 母板形状及其在制备焊接试板时的摆放形式

### B.1.2 焊接试板的制备

B.1.2.1 将两母板并排摆放(如图 B.1 所示),根部间隙应符合表 B.2 的规定。

B.1.2.2 根据线材直接按表 B.2 的规定选择相应的焊接位置,用线材将两母板侧边对焊在一起,制成焊接试板。

B.1.2.3 盘状线材及空心卷线材均采用熔化极惰性气体保护焊(MIG),当供需双方没有协议时,按提供方提供的焊接工艺和程序施焊。

B.1.2.4 母板的预热温度以及层间温度(需要多道焊时)都应控制在  $16\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间。

B.1.2.5 焊接用保护气体为高纯(99.99%以上)氩气或氩气与氮气混合气体。

B.1.2.6 焊接时如有使用垫板,垫板材料应与母板相同,母板焊合后应先将垫板去掉。

## B.2 X 射线探伤检测方法

熔敷金属 X 射线探伤检测应按 NB/T 47013.2—2015 进行,射线检测技术不低于 AB 级。

附录 C

(规范性附录)

平板堆敷焊接试验方法

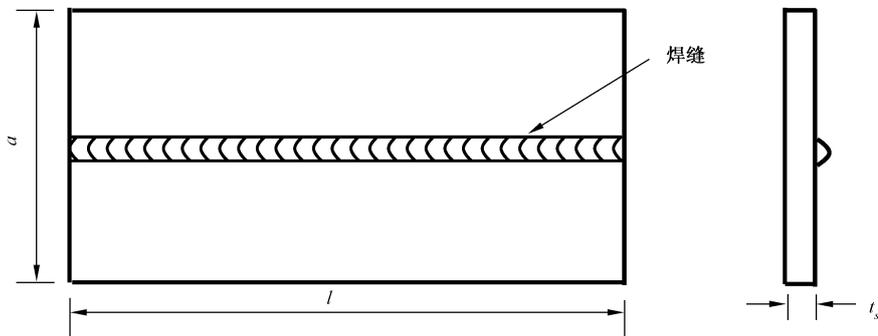
C.1 按表 B.1 的规定选择相应牌号的铝合金板,该铝合金板应符合 GB/T 3880.1 的规定。将该铝合金板按表 C.1 规定的长度和宽度进行加工,加工后的铝合金板(以下简称母板)形状如图 C.1 所示。

表 C.1 母板尺寸

单位为毫米

长度 $l$	宽度 $a$	厚度 $t_s$
$\geq 250$	$\geq 150$	$\geq 10$

C.2 在母板上用直条线材进行钨极惰性气体保护焊(TIG)堆敷焊接,如图 C.1 所示,当供需双方没有协议时,按供方提供的焊接工艺和程序施焊。母板的预热温度应控制在  $16\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间。焊接用保护气体为高纯(99.99%以上)氩气或氩气与氦气混合气体。



说明:

$l$ ——母板长度;

$a$ ——母板宽度;

$t_s$ ——母板厚度。

图 C.1 平板堆敷焊接试验示意图

C.3 焊接过程中熔敷金属流动性,焊缝成型以及表面以目视检查。焊缝的渗透探伤试验方法按 NB/T 47013.5 进行。