

ICS 47.020.05  
U 06  
备案号: 11148-2003



# 中华人民共和国船舶行业标准

CB/T 3953—2002

---

## 铝-钛-钢过渡接头焊接技术条件

Specification for welding of aluminum-titanium-steel cladding transition joint

2002—11—20 发布

2003—02—01 实施

---

国防科学技术工业委员会 发布

## 前 言

本标准由中国船舶重工集团公司提出。

本标准由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本标准起草单位：中船重工七院第七二五研究所。中船工业601院、449厂参加。

本标准主要起草人：王 军、武 晶、姚朱根、时 锦、刘富国。

# 铝-钛-钢过渡接头焊接技术条件

## 1 范围

本标准规定了焊接船用铝-钛-钢过渡接头（以下简称过渡接头）时，对材料、焊工、焊接工艺、焊接质量检验及焊接缺陷返修等要求。

本标准适用于以铝合金为复层，钛为中间层，船体结构钢或其他结构钢为基层的爆炸复合板加工的过渡接头，作为铝结构与钢结构过渡连接时的焊接。

## 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（不包含勘误的内容）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所有各方研究是否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 712 船体结构钢
- GB/T 3190 变形铝及合金化学成分
- GB/T 3880 铝及铝合金轧制板材
- GB/T 4842 纯氩
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 6052 工业液体二氧化碳
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GJB 1138A 铝及铝合金焊丝规范
- CB 1343 铝-钢过渡接头规范
- JB 4730 压力容器无损检测

## 3 材料

- 3.1 过渡接头和与其连接的铝材、钢材及选用的焊接材料，应具有质量合格证书，必要时还应按有关标准进行复验。
- 3.2 过渡接头的材料组合、规格及质量要求等应符合 CB 1343 或供需双方协议的规定。
- 3.3 铝材、钢材应分别符合 GB/T 3190、GB/T 3880、GB 712 或其他相关标准的规定。
- 3.4 焊条、焊丝应分别符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 8110、GJB 1138A 或其他相关标准的规定。
- 3.5 氩气、二氧化碳应符合 GB/T 4842、GB/T 6052 的规定。
- 3.6 非熔化极氩弧焊时，宜采用纯钨电极。
- 3.7 用于密封过渡接头焊缝的粘胶剂，应满足高强度、高密封性和对过渡接头无腐蚀性等要求。

## 4 焊工

- 4.1 从事过渡接头焊接施工的焊工，应具有中国船级社或相应机构认可的铝合金、钢焊接资格证书。
- 4.2 焊工施焊的材质、采用的焊接方法、焊接位置及焊接接头型式应与焊工资格证书的核准项目相符。
- 4.3 产品施焊中，焊工应遵守焊接工艺规程。

## 5 焊前准备

### 5.1 下料及坡口加工

过渡接头的下料及坡口加工，应采用机械方法或不影响复合界面结合性能的其他有效方法。

### 5.2 接头型式

5.2.1 过渡接头的焊接接头型式分为过渡接头之间的焊接接头和过渡接头与船体结构件的焊接接头两类。

5.2.2 过渡接头之间的焊接接头分为对接接头和角接头两种，其中对接接头有两种型式，一种是对接时过渡接头可以自由翻转的自由式接头，另一种是不能翻转的拘束式接头。接头型式及尺寸见表 1。

5.2.3 过渡接头与船体结构件的焊接接头主要是角接头，其型式及尺寸见表 2。焊脚尺寸  $K$ 、 $K'$  按合同规定执行。

### 5.3 焊前清理

5.3.1 焊件坡口及坡口边缘 30 mm 范围内应去除铁锈、水、油等污物，铝表面的氧化膜应用机械方法（如刮刀、不锈钢丝刷）或其他有效方法清除。

5.3.2 经表面钝化处理的焊丝可不作清理。焊丝若有污染应先用丙酮清除油污，然后用化学清洗去除氧化膜，冲洗干净并烘干。若表面仅有氧化膜，也可用机械方法（如刮刀）去除。

5.3.3 经清理后的焊件和焊丝应保持清洁、干燥，并及时使用。

### 5.4 装配及定位焊

5.4.1 过渡接头应避免强行装配，装配时可采用必要的工装夹具，并注意保护铝表面。装配尺寸应准确。过渡接头之间装配时，以钛层为基准，错边量应小于 0.5 mm。

5.4.2 定位焊的焊材应与正式产品相同。过渡接头之间定位焊点应设在两端，过渡接头与船体结构件之间定位焊可设在结构的一侧或两侧。定位焊缝尺寸一般为 10 mm~20 mm，间距约 150 mm，也可视工况而定。若发现定位焊缝有裂纹或其他缺陷时应予铲除，重新移位定位焊。

## 6 焊接

### 6.1 一般要求

6.1.1 过渡接头之间焊接时，应采用铝与铝、钢与钢分别焊接，钛层不焊的原则。

6.1.2 焊接时，应采用较小线能量的焊接工艺及工艺参数。

6.1.3 焊接时，铝-钛界面温度不宜超过 350℃。

6.1.4 多道焊时，道间温度不宜超过 60℃。

6.1.5 焊接时，一般应先焊铝侧、后焊钢侧。若不能按此程序进行焊接时，也可先焊钢侧，但应采取有效措施保持铝侧焊接区域的清洁。

### 6.2 焊接工艺评定

6.2.1 必要时宜在产品制造前进行焊接工艺评定。

6.2.2 焊接工艺评定应按本标准的规定，结合产品结构特点及技术要求，自行制定评定办法，并取得有关质量监督部门的认可。

6.2.3 应根据已认可的焊接工艺，结合产品结构特点及技术要求等，制定合理的焊接工艺规程。

### 6.3 焊接工艺试验

6.3.1 在首次使用过渡接头时，应进行焊接工艺试验。

6.3.2 焊接工艺试验试板尺寸及装配见图 1。图中 A、B 为铝-钛界面测温孔，位于钢和铝焊缝的正下方。铝焊缝宜采用非熔化极氩弧焊，钢焊缝宜采用手工电弧焊。

表 1 过渡接头之间焊接接头型式及尺寸

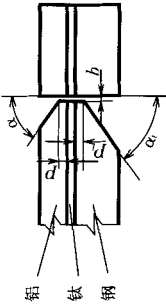
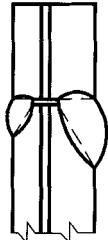
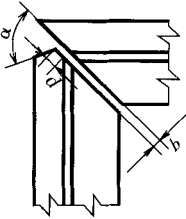
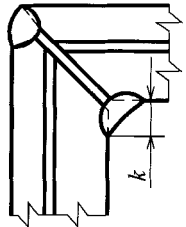
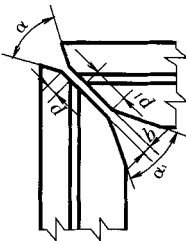
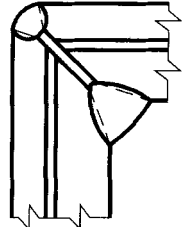
接头型式	序号	坡口型式	焊缝型式	尺寸 mm										
角 接 接 头	1	 <p>铝 钛 钢</p>		<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\alpha_i</math></td> <td><math>p</math></td> <td><math>p_i</math></td> <td><math>b</math></td> </tr> <tr> <td><math>50^\circ</math></td> <td><math>50^\circ</math></td> <td>3</td> <td>3</td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$	$50^\circ$	$50^\circ$	3	3	$\leq 2$
	$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$									
	$50^\circ$	$50^\circ$	3	3	$\leq 2$									
2			<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>p</math></td> <td><math>b</math></td> <td><math>k</math></td> </tr> <tr> <td><math>60^\circ \sim 70^\circ</math></td> <td>3</td> <td><math>\leq 2</math></td> <td><math>8 \sim 10</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$p$	$b$	$k$	$60^\circ \sim 70^\circ$	3	$\leq 2$	$8 \sim 10$			
$\alpha$	$p$	$b$	$k$											
$60^\circ \sim 70^\circ$	3	$\leq 2$	$8 \sim 10$											
3			<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\alpha_i</math></td> <td><math>p</math></td> <td><math>p_i</math></td> <td><math>b</math></td> </tr> <tr> <td><math>60^\circ \sim 70^\circ</math></td> <td><math>50^\circ</math></td> <td>3</td> <td>7~8</td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$	$60^\circ \sim 70^\circ$	$50^\circ$	3	7~8	$\leq 2$	
$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$										
$60^\circ \sim 70^\circ$	$50^\circ$	3	7~8	$\leq 2$										

表 1 (续)

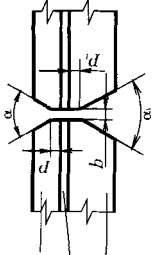
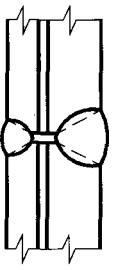
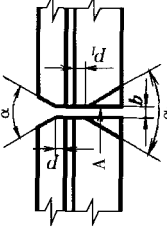
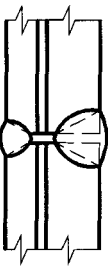
接头型式	序号	坡口型式	焊缝型式	尺寸 mm											
对接接头	1	 <p>铝 钛 钢</p> <p>自由式</p>		<table border="1" data-bbox="308 109 443 471"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\alpha_i</math></td> <td><math>p</math></td> <td><math>p_i</math></td> <td><math>b</math></td> </tr> <tr> <td><math>60^\circ \sim 70^\circ</math></td> <td><math>60^\circ</math></td> <td>3</td> <td>3</td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$	$60^\circ \sim 70^\circ$	$60^\circ$	3	3	$\leq 2$	
	$\alpha$	$\alpha_i$	$p$	$p_i$	$b$										
$60^\circ \sim 70^\circ$	$60^\circ$	3	3	$\leq 2$											
2	 <p>A 向</p> <p>约束式</p>		<table border="1" data-bbox="671 109 826 471"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\alpha_i</math></td> <td><math>P</math></td> <td><math>p_i</math></td> <td><math>b</math></td> <td><math>L</math></td> </tr> <tr> <td><math>60^\circ \sim 70^\circ</math></td> <td><math>60^\circ</math></td> <td>3</td> <td>3</td> <td><math>\leq 2</math></td> <td>8~10</td> </tr> </table>	$\alpha$	$\alpha_i$	$P$	$p_i$	$b$	$L$	$60^\circ \sim 70^\circ$	$60^\circ$	3	3	$\leq 2$	8~10
$\alpha$	$\alpha_i$	$P$	$p_i$	$b$	$L$										
$60^\circ \sim 70^\circ$	$60^\circ$	3	3	$\leq 2$	8~10										

表2 过渡接头与船体结构件角接头型式及尺寸

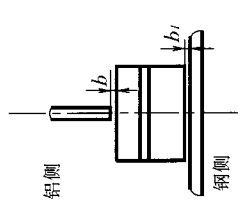
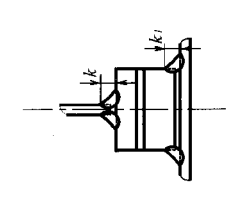
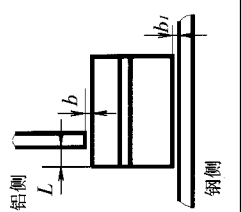
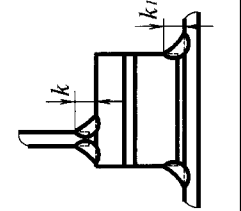
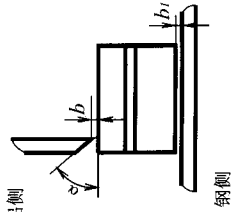
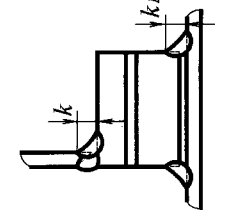
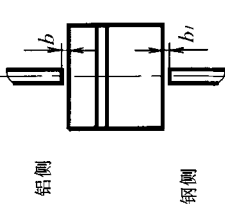
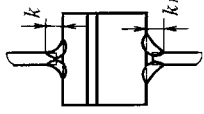
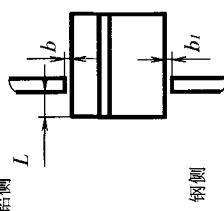
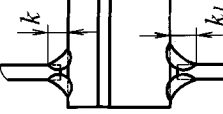
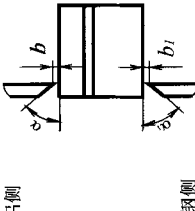
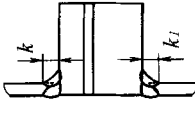
序号	坡口型式	焊缝型式	尺寸 mm						
1			<table border="1"> <tr> <td><math>B</math></td> <td><math>b_1</math></td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$B$	$b_1$	$\leq 1.5$	$\leq 2$		
$B$	$b_1$								
$\leq 1.5$	$\leq 2$								
2			<table border="1"> <tr> <td><math>b</math></td> <td><math>b_1</math></td> <td><math>L</math></td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> <td><math>k+1</math></td> </tr> </table>	$b$	$b_1$	$L$	$\leq 1.5$	$\leq 2$	$k+1$
$b$	$b_1$	$L$							
$\leq 1.5$	$\leq 2$	$k+1$							
3			<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>b</math></td> <td><math>b_1</math></td> </tr> <tr> <td><math>50^\circ</math></td> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$b$	$b_1$	$50^\circ$	$\leq 1.5$	$\leq 2$
$\alpha$	$b$	$b_1$							
$50^\circ$	$\leq 1.5$	$\leq 2$							

表 2 (续)

序号	坡口型式	焊缝型式	尺寸 mm								
4			<table border="1"> <tr> <td><math>b</math></td> <td><math>b_1</math></td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$b$	$b_1$	$\leq 1.5$	$\leq 2$				
$b$	$b_1$										
$\leq 1.5$	$\leq 2$										
5			<table border="1"> <tr> <td><math>b</math></td> <td><math>b_1</math></td> <td><math>L</math></td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> <td><math>k+1</math></td> </tr> </table>	$b$	$b_1$	$L$	$\leq 1.5$	$\leq 2$	$k+1$		
$b$	$b_1$	$L$									
$\leq 1.5$	$\leq 2$	$k+1$									
6			<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\alpha_1</math></td> <td><math>b</math></td> <td><math>b_1</math></td> </tr> <tr> <td><math>50^\circ</math></td> <td><math>50^\circ</math></td> <td><math>\leq 1.5</math></td> <td><math>\leq 2</math></td> </tr> </table>	$\alpha$	$\alpha_1$	$b$	$b_1$	$50^\circ$	$50^\circ$	$\leq 1.5$	$\leq 2$
$\alpha$	$\alpha_1$	$b$	$b_1$								
$50^\circ$	$50^\circ$	$\leq 1.5$	$\leq 2$								



### 6.3.3 焊接工艺试验的步骤如下:

- 选择合适的规范, 在过渡接头上分别焊上铝板、钢板, 四条焊缝应均为连续焊;
- 在焊接过程中, 测量铝—钛界面温度;
- 在试板的中间位置取两个拉伸试样, 试样加工尺寸见图 2。

### 6.3.4 焊接工艺试验的要求如下:

- 两个试样的拉伸力应不低于船体结构件中按标准规定的最小抗拉强度所计算的较小拉力值;
- 过渡接头铝—钛界面温度不应超过 350℃。

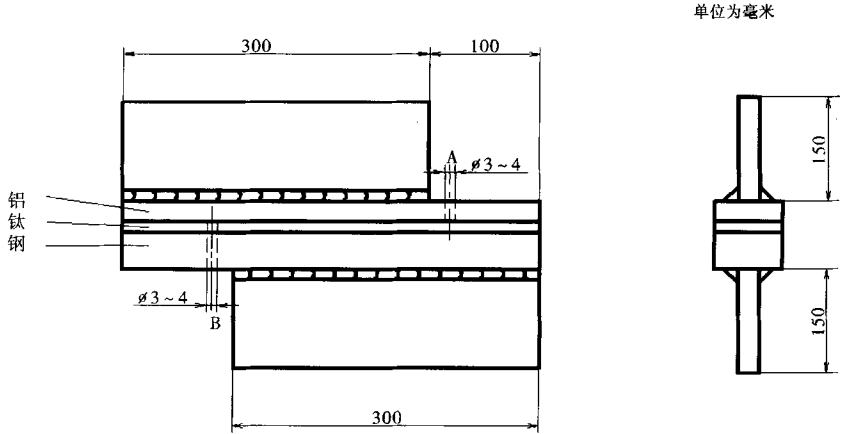


图1 试板尺寸及装配

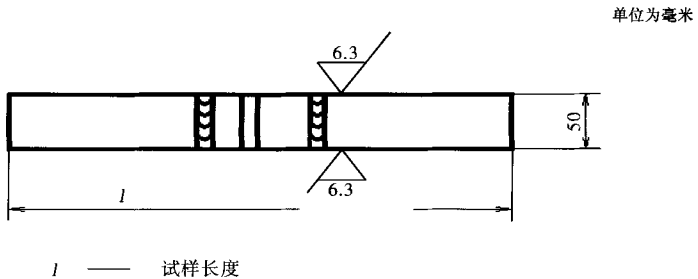


图2 试样尺寸

## 6.4 焊接工艺参数

产品的焊接工艺参数由施工单位经焊接工艺评定或焊接工艺试验确定。

## 6.5 焊接方法及设备

6.5.1 钢结构焊接宜采用熔化极气体保护焊或手工电弧焊, 并选用相应的焊接设备。

6.5.2 铝结构焊接宜采用熔化极氩弧焊 (MIG) 或非熔化极氩弧焊 (TIG), 并选用相应的焊接设备。

6.5.3 允许采用能确保焊接质量的其他焊接方法。

## 6.6 焊接材料

焊接材料的选择应与相匹配的船体结构件等强度。过渡接头复层为3A21时，铝合金焊接材料的选择可参照表3。

表3 铝合金焊接材料

结构用铝板	1100 1060 3A21	5A05	5A06	5454	5456	5083	5086	5A01
焊接材料	1100	5556	5A06	5356	5556	5183	5356	5B01

## 6.7 焊接程序

6.7.1 焊前准备按第5章的规定。

6.7.2 过渡接头之间的焊接要求如下：

- 过渡接头之间焊接时，应防止熔及钛层，确保铝、钢层的钝边尺寸和装配间隙；
- 焊接时应采用引弧板和熄弧板，并采取防止变形的措施；
- 施焊后的焊缝，应用机械方法去除余高并对两侧进行修整；
- 有密性要求时，接头间隙处应钻 $\phi 5\text{ mm} \sim \phi 6\text{ mm}$ 小孔，然后注入高效粘接剂进行密封，或采用其他有效的方法进行密封。

6.7.3 过渡接头与结构件的焊接要求如下：

- 焊接施工时，应尽可能采用平角焊位置；
- 单边长焊缝应采用分段跳焊法、逐步退焊法或分中对称焊接法焊接，并控制连续焊缝长度，一般应不超过500 mm。

6.7.4 非熔化极（TIG）焊发生触钨时，应立即停止焊接，该部分焊缝应铲除。

6.7.5 焊后应清理焊件表面的焊渣、焊瘤及飞溅物等污物，必要时应对焊缝进行局部修整。

## 7 质量检验

### 7.1 检验人员

焊接质量检验人员应经技术培训，能正确掌握焊接质量评级标准，并取得有关部门的认可资格。

### 7.2 工序检验

焊接过程中的每一道工序完成后，应经质量检验人员检验合格，方可进行下道工序施工。

### 7.3 外观检验

7.3.1 可用肉眼或5~10倍放大镜对焊缝和过渡接头复合界面的外观进行检验，外观检验率为100%。

7.3.2 焊缝外形尺寸应符合设计图样的要求。

7.3.3 焊缝成形应均匀一致，与母材圆滑过渡，表面不得有裂纹及超出其他相关标准规定的咬边、气孔、夹渣、弧坑等缺陷。

7.3.4 过渡接头的复合界面不应有剥离等缺陷。

### 7.4 渗透检验

当设计图样或技术文件有要求时，应对焊缝及过渡接头的复合界面进行渗透检验，其检验方法按JB 4730的规定。

### 7.5 密性检验

焊缝及过渡接头的密性检验，应按设计图样或技术文件的规定。

## 8 焊接缺陷返修

- 8.1 当焊缝发现有不允许的缺陷时，应用机械方法清理后予以返修，同一部位返修次数不宜超过 2 次。
- 8.2 对经过两次返修仍不合格的焊缝，若再返修时，需经技术总负责人批准。应将返修次数、部位和返修情况记入质量档案。
- 8.3 当过渡接头的复合界面产生剥离缺陷时，应将此段过渡接头更换并重新焊接，其更换最小长度为 100 mm。

## 9 焊接环境

- 9.1 过渡接头焊接一般应在室内进行。若在室外施焊时，应有防风、防雨、防曝晒等设施。
- 9.2 焊接环境应清洁、明亮，相对湿度较大时，应采取干燥措施。
- 9.3 当环境温度低于 0℃ 时，应在始焊处 100 mm 范围内进行预热。其预热温度应不低于 16℃。

## 10 安全防护

- 10.1 焊接设备应安装正确、牢靠，电焊机应接地，电缆线绝缘应良好。
  - 10.2 焊接车间应有良好的通风设备，在窄小空间内施焊时，应有专人监护。
  - 10.3 施焊人员应按规定穿戴工作服。
-