

# QJ

## 中华人民共和国航天行业标准

FL 6200

QJ 20496—2016

---

### 铝合金回填式摩擦点焊技术条件

Technical requirement for refill friction spot welding of aluminium alloys

2016—01—19 发布

2016—03—01 实施

---

国家国防科技工业局 发布



## 前 言

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：国营一四九厂、中国航天标准化研究所。

本标准主要起草人：尹玉环、郭立杰、宿国友、张成聪、徐春风。



# 铝合金回填式摩擦点焊技术条件

## 1 范围

本标准规定了航天产品变形铝合金回填式摩擦点焊的一般要求、质量要求、缺陷的修整和返修焊及质量保证规定等要求。

本标准适用于上板厚度为 1mm~4mm、下板厚度不小于 1mm 的变形铝合金回填式摩擦点焊搭接接头的设计、制造和质量检验。

## 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/T 2649 焊接接头机械性能试验取样方法
- GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法
- GB/T 3375 焊接术语
- GJB 481—1988 焊接质量控制要求
- GJB 1187 射线检验
- QJ 3040 焊缝建档规定
- QJ 3099—1999 航天产品焊接质量控制通用要求
- QJ 20043 铝合金中厚板搅拌摩擦焊技术要求

## 3 术语和定义

GB/T 3375 和 QJ 20043 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**回填式摩擦点焊** **refill friction spot welding**

一种通过搅拌套和搅拌针之间的相对运动，利用搅拌工具的热力挤压、回填与锻造作用形成表面平整的点焊接头的连接方法，焊接过程主要由四个阶段组成，见图1。

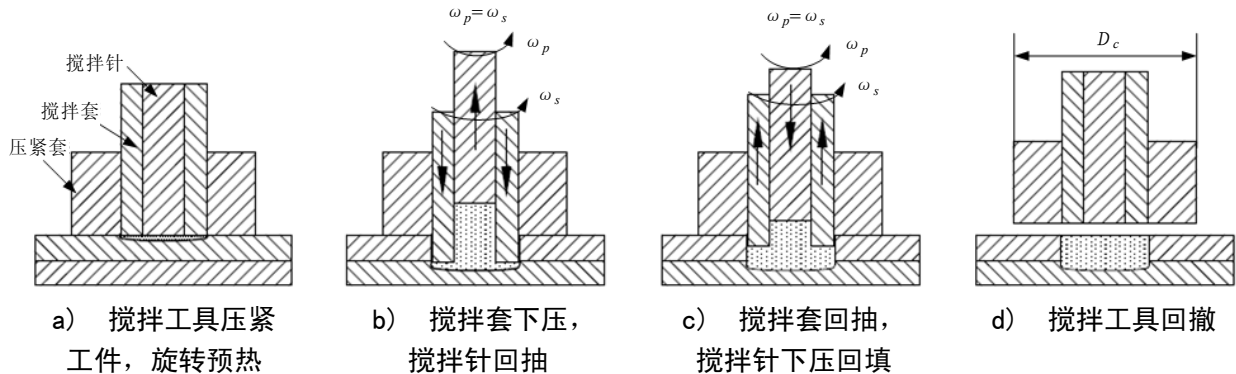


图 1 回填式摩擦点焊过程示意图

### 3.2

#### 表面粘连 surface adhesion

焊点表面局部区域金属被焊接工具带走而形成的粗糙表面，见图 2。

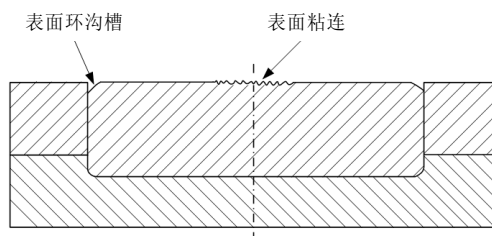


图 2 表面粘连和环沟槽示意图

### 3.3

#### 表面环沟槽 surface annular groove

在焊点表面四周出现的环形沟槽，见图 2。

### 3.4

#### 焊点底面弱结合 bottom interface partial bonding

焊点与下板之间界面未达到良好结合，见图 3。

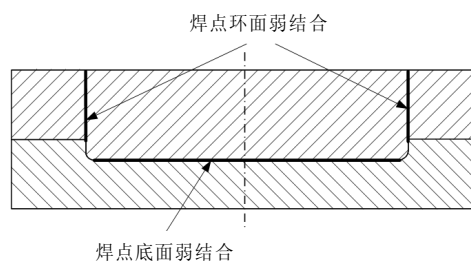


图 3 弱结合示意图

### 3.5

#### 焊点环面弱结合 ring surface partial bonding

焊点与母材未达到良好结合，见图 3。

## 4 一般要求

4.1 焊接人员、设备、工作环境等应符合 GJB 481—1988 的有关规定。

4.2 回填式摩擦点焊操作应在专用设备上进行，设备的安装调试、使用及维护保养按设备手册执行。

4.3 被焊材料应符合 QJ 3099—1999 中 5.2.4 的规定。

4.4 零件待焊部位应无涂、镀层。

## 5 接头质量要求

### 5.1 焊接接头等级

接头的质量等级按 GJB 481—1988 附录 A 的规定划分为 I、II、III 级。应根据结构特点、使用条件、重要程度及工艺上的可能性确定，I、II 级接头应在设计文件中注明，未注明的为 III 级接头。

### 5.2 焊点几何尺寸

5.2.1 焊点直径与母材厚度的对应关系应符合表 1 的要求。

表 1 母材厚度与焊点直径的关系 单位为毫米

| 上层板材厚度<br>$t$ | 焊点最小直径<br>$d_{\min}$ | 压紧套外径<br>$D_c$ |
|---------------|----------------------|----------------|
| 1.0~1.5       | 5.0                  | 12             |
| >1.5~4.0      | 7.0                  | 18             |

5.2.2 焊点的最小边距  $b_{\min}$ （见图 4）应按公式（1）取值。

$$b_{\min} \geq 0.5D_c \cdots \cdots (1)$$

式中：  
 $b_{\min}$  ——焊点最小边距的数值，单位为毫米（mm）；  
 $D_c$  ——压紧套外径的数值，单位为毫米（mm）。

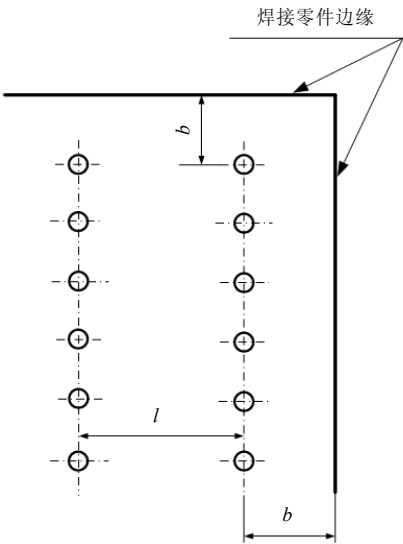


图 4 焊点边距示意图

5.2.3 单排焊点母材的最小搭边（见图 5）按公式（2）取值。

$$B_{\min} = 2b_{\min} \cdots \cdots (2)$$

式中：  
 $B_{\min}$  ——单排焊点母材的最小搭边的数值，单位为毫米（mm）；  
 $b_{\min}$  ——焊点最小边距的数值，单位为毫米（mm）。  
其中，搭边尺寸为搭接平面部分，不包括圆角半径。

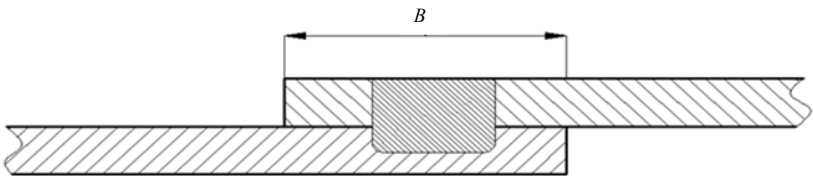


图 5 焊点的搭边示意图

5.2.4 焊点间距

焊点间距  $l$  宜不小于压紧套外径  $D_c$ 。

5.3 接头力学性能

5.3.1 同种材料厚度相同的 I 级和 II 级接头焊点单点抗剪力应不低于表 2 的规定；III 级接头的焊点单点抗剪力应不低于表 2 规定值的二分之一。

5.3.2 不同厚度或不同材料组合焊点单点抗剪力的确定，根据表 2 按上、下板分别计算后取较小值。

表 2 回填式摩擦点焊接头力学性能

| 母材厚度<br>mm                 | 焊点单点最小抗剪力<br>N |         |         |         |           |           |         |        |        |           |        |
|----------------------------|----------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|--------|--------|-----------|--------|
|                            | 7A09-T6        | 2219-T6 | 2A14-T6 | 2A12-T4 | 5A06-H112 | 5A05-H112 | 6061-T6 | 7A09-O | 2A12-O | 5A03-H112 | 3A21-O |
| 1.0                        | 3180           | 2960    | 2850    | 2520    | 2330      | 2190      | 2100    | 1950   | 1880   | 1730      | 1520   |
| 1.2                        | 4200           | 3900    | 3600    | 3280    | 2900      | 2580      | 2450    | 2280   | 2170   | 2050      | 1850   |
| 1.5                        | 5400           | 5100    | 4820    | 4350    | 3890      | 3520      | 3305    | 3090   | 2950   | 2830      | 2500   |
| 2.0                        | 6700           | 6280    | 5960    | 5500    | 5050      | 4650      | 4390    | 4010   | 3910   | 3790      | 3510   |
| 2.5                        | 7850           | 7250    | 6900    | 6500    | 6080      | 5570      | 5140    | 4950   | 4820   | 4680      | 4450   |
| 3.0                        | 9100           | 8250    | 7750    | 7250    | 6850      | 6150      | 5820    | 5600   | 5420   | 5230      | 4980   |
| 3.5                        | 10250          | 9230    | 8580    | 8050    | 7620      | 6900      | 6470    | 6240   | 6050   | 5810      | 5580   |
| 4.0                        | 11050          | 10260   | 9380    | 8740    | 8290      | 7460      | 7060    | 6860   | 6620   | 6350      | 6040   |
| 注：表中接头的抗剪力为同等厚度、同种材料的点焊接头。 |                |         |         |         |           |           |         |        |        |           |        |

5.4 外观质量

5.4.1 表面环沟槽

点焊接头不应存在表面环沟槽。

5.4.2 表面压痕

表面压痕深度应不大于上层母材厚度的 20%。

5.4.3 飞边

点焊接头不应存在飞边。

5.4.4 表面粘连

I、II 级点焊接头不应存在表面粘连。III 级接头不作规定。

5.5 内部质量

5.5.1 孔洞

I 级点焊接头不应存在孔洞缺陷。II、III 级点焊接头允许存在的孔洞缺陷见表 3。II、III 级点焊接头每一焊件上允许存在孔洞缺陷的焊点数量见表 4。

表 3 II、III 级点焊接头允许存在的孔洞缺陷 单位为毫米

| 母材厚度<br><i>t</i> | 缺陷尺寸   |         |
|------------------|--------|---------|
|                  | II 级接头 | III 级接头 |
| 1.0~1.5          | ≤0.50  | ≤0.75   |
| >1.5~4.0         | ≤0.75  | ≤1.10   |

表 4 II、III 级点焊接头每一焊件上允许存在孔洞缺陷焊点数量

| 接头等级  | 每一焊件上允许存在孔洞缺陷的焊点  |                   |
|-------|-------------------|-------------------|
|       | 焊点总数 <i>n</i> ≤10 | 焊点总数 <i>n</i> >10 |
| II 级  | 1 个               | 不超过焊点总数的 10%      |
| III 级 | 2 个               | 不超过焊点总数的 20%      |

5.5.2 焊点底面弱结合

点焊接头不应存在焊点底面弱结合。

5.5.3 焊点环面弱结合

点焊接头不应存在焊点环面弱结合。

6 缺陷的修整和返修焊

6.1 缺陷的修整

焊点表面飞边和表面粘连允许用机械方法进行修整，修整后的焊点表面应圆滑过渡。

6.2 返修焊

6.2.1 超过 5.4、5.5 规定的缺陷，允许进行返修焊。

6.2.2 可采用回填式摩擦点焊、氩弧焊等方法进行返修焊。应优先选用回填式摩擦点焊。

6.2.3 I、II 级点焊接头，同一焊点用回填式摩擦点焊返修不超过两次，或用氩弧焊返修一次；III 级接头或有补强设计的点焊接头允许用回填式摩擦点焊返修三次，或氩弧焊返修两次。

6.2.4 返修焊后应按所采用的返修焊方法的相关技术条件规定重新进行检验。

7 质量保证规定

7.1 检验项目

7.1.1 按表 5 规定的检验项目进行检验，相关要求按 QJ 3040 规定执行并记录。

表 5 检验项目

| 序号 | 检验项目 |        | 要求章条号 | 检验方法章条号 |
|----|------|--------|-------|---------|
| 1  | 力学性能 |        | 5.3   | 7.2.1   |
| 2  | 表面质量 | 焊点几何尺寸 | 5.2   | 7.2.2.1 |
|    |      | 外观     | 5.4   | 7.2.2.2 |
| 3  | 内部质量 | 孔洞     | 5.5   | 7.2.3.1 |
|    |      | 弱结合    |       | 7.2.3.2 |

7.1.2 对 I 级点焊接头，试件应 100%进行外观、X 射线、低倍金相和接头抗剪力检验；对 II 级点焊接头，试件应 100%进行外观和低倍金相检验、接头抗剪力检验。研制阶段应 100%进行 X 射线检验；III 级焊接接头只需做外观检查和撕破检验。焊件补焊后先进行外观检查，再进行 X 射线检验。

7.1.3 在进行焊接设备鉴定时，对焊接试件应做外观检查和 X 射线、低倍金相、接头抗剪力检验。

7.2 检验方法

7.2.1 力学性能

7.2.1.1 抗剪力测试

焊接接头抗剪力测试试样的取样按 GB/T 2649 的规定，测试应按 GB/T 2651 的规定进行。

7.2.1.2 撕破检验

撕破检验通过试件进行。每一连续工作班焊接开始时应焊接试件进行检验。撕破试验的焊点数应不少于五个以上连续焊点。质量合格的试样撕破形式包括：底层母材破坏、焊点内部断裂（底层母材上残留深度大于母材厚度 20%的凹坑）以及焊点环面塑性断裂等。

7.2.2 表面质量

**7.2.2.1 焊点几何尺寸检查**

焊件及试件应 100%进行焊点几何尺寸检查。

**7.2.2.2 外观检查**

焊件及试件均应 100%进行外观检查，采用目视或 5 倍～10 倍放大镜检查。

**7.2.3 内部质量**

**7.2.3.1 X 射线检验**

7.2.3.1.1 X 射线照相检验按 GJB 1187 规定。

7.2.3.1.2 当 X 射线检验发现有需要补焊的缺陷时，补焊后需进行外观检查，并重新进行 X 射线检验。

**7.2.3.2 低倍金相检验**

7.2.3.2.1 无法进行 X 射线检验时，焊件及试件应按设计文件规定抽样进行低倍金相检验。

7.2.3.2.2 点焊接头低倍金相试件沿焊点中心切取。经磨光腐蚀后，在不大于 25 倍的放大镜或者体视显微镜下进行宏观金相检查。

---

中华人民共和国航天行业标准

# 铝合金回填式摩擦点焊技术条件

QJ 20496—2016

\*

中国航天标准化研究所出版

北京市丰台区小屯路 89 号

邮政编码：100071

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

**版权专有 不得翻印**

\*

2016 年 2 月出版

定价：18 元