

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 6200

QJ 20494—2016

铝合金薄板搅拌摩擦焊技术条件

Technical requirement for friction stir welding of aluminium alloy thin plates

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：封小松、郭立杰、赵慧慧、熊艳艳、宿国友、徐春风。

铝合金薄板搅拌摩擦焊技术条件

1 范围

本标准规定了航天产品铝合金薄板搅拌摩擦焊I型对接接头、搭接接头的一般要求、接头质量要求、缺陷的修整与返修焊及质量保证规定等。

本标准适用于母材厚度为0.5mm~3mm的铝合金I型对接接头、搭接接头的设计、制造和检验。

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 焊接质量控制要求

GJB 1187 射线检验

GJB 2367 渗透检验

QJ 2344 航天工业焊工的资格鉴定与认证

QJ 3040 焊缝建档规定

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

隧道状空洞 **tunnellike cavity**

在搅拌摩擦焊接头内部形成沿着焊接方向的隧道状连续空洞，见图1。

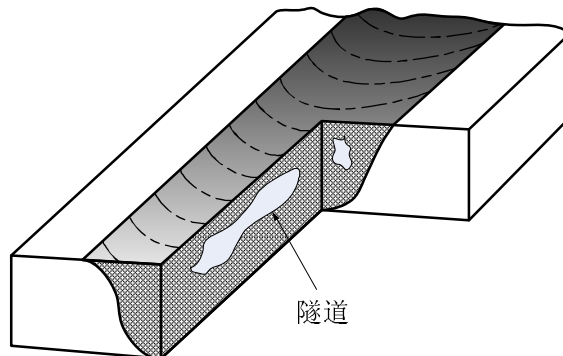


图1 隧道状空洞

3.2

背面粘连 **back surface adhesion**

搅拌针穿过工件下表面，与背部支撑材料接触搅拌造成焊缝的背面凹凸不平。

4 一般要求

4.1 从事搅拌摩擦焊的操作人员应经相应的搅拌摩擦焊操作专项培训，并通过相应考核、鉴定和认证，取得上岗证书后方能上岗操作，考核、鉴定和认证按照 QJ 2344 执行。对于中断半年以上的操作人员应进行适应性考核。

4.2 搅拌摩擦焊接操作应在专用搅拌摩擦焊设备上进行，设备的安装调试、使用及维护保养按设备手册执行。设备焊接主轴旋转速度、焊接速度、扭矩及顶锻力等指标应满足产品焊接要求。焊接应采用工装，待焊工件背面应有垫板提供刚性支撑。

4.3 工件被焊区域不应有涂、镀层，搭接接头应满足搭接量要求及焊缝位置要求。

5 接头质量要求

5.1 接头质量等级

接头质量等级按 GJB 481 分为 I 级、II 级、III 级。接头质量等级由设计人员根据焊件结构特点、工作使用条件、受力情况、重要程度及工艺上的可能性，会同工艺人员综合评定后确定。I 级、II 级接头应在设计文件中注明，未注明的为 III 级接头。

5.2 接头力学性能

5.2.1 母材为完全退火状态时，焊前未经强化处理，焊后也不再进行强化处理（冷变形或热处理）的铝合金搅拌摩擦焊对接接头，在室温下其接头抗拉强度应满足：

- a) I 级对接接头的抗拉强度应不低于母材技术条件规定的材料抗拉强度下限值的 90%；
- b) II 级对接接头的抗拉强度应不低于母材技术条件规定的材料抗拉强度下限值的 80%；
- c) III 级对接接头的抗拉强度不作规定。

5.2.2 母材焊前经人工时效、焊后不进行热处理的 I 级对接接头，其室温抗拉强度应不低于母材技术条件规定的材料抗拉强度下限值的 60%。II 级、III 级对接接头不作规定。

5.2.3 搭接接头一般应测量其抗剪力学性能指标，有要求时，应经试验确定并在设计文件中规定。

5.2.4 母材为其他状态的接头抗拉强度及其他力学性能指标，有要求时，应经试验确定并在设计文件中规定。

5.3 表面质量

5.3.1 焊缝宽度

焊缝宽度应符合表 1 的规定。

表 1 焊缝宽度

单位为毫米

母材厚度 t	0.5~1.0	>1.0~2.0	>2.0~3.0
焊缝宽度 b	≤8	≤12	≤16

5.3.2 焊缝表面下凹量

5.3.2.1 焊缝表面下凹应与母材金属圆滑过渡，对接接头焊缝表面下凹量应符合表 2 规定。

表2 对接接头表面下凹量

单位为毫米

母材厚度 t	0.5~1.0	>1.0~2.0	>2.0~3.0
表面下凹量	$\leq 10\%t$	$\leq 10\%t$ 或 0.15, 取较小值	$\leq 10\%t$ 或 0.25, 取较小值

5.3.2.2 搭接接头焊缝表面下凹量应符合表3规定,其中母材厚度是指搭接接头上板厚度。

表3 搭接接头表面下凹量

单位为毫米

母材厚度 t	0.5~1.0	>1.0~2.0	>2.0~3.0
表面下凹量	$\leq 20\%t$ 或 0.15, 取较小值	$\leq 15\%t$ 或 0.2, 取较小值	$\leq 10\%t$

5.3.3 飞边

接头表面修整后应无飞边。

5.3.4 起皮

接头表面修整后应无起皮。

5.3.5 匙孔

I级、II级接头应无匙孔,III级接头不作规定。

5.3.6 表面犁沟与表面裂纹

接头表面应无表面犁沟与表面裂纹。

5.3.7 未焊透

I级、II级对接接头应无未焊透,III级对接接头不作规定。

5.3.8 接头背面粘连

I级、II级接头应无背面粘连,III级接头允许存在背面粘连,但累积长度不超过焊缝全长25%。

5.4 内部质量

5.4.1 根部弱结合

I级、II级接头应无根部弱结合,III级接头不作规定。

5.4.2 夹杂物及空洞

I级、II级接头应无隧道状空洞及单个孔洞,III级接头不作规定。I、II级接头允许存在不超过表4规定的夹杂物缺陷,III级接头不作规定。

表4 夹杂物缺陷

母材厚度 t mm	单个夹杂物尺寸 不大于 mm		相邻夹杂物的 间距不小于 mm	在任取100mm长度焊缝内 单个夹杂物的累积面积 ^a 不大于 mm ²	
	I级	II级		I级	II级
>0.5~1.0	0.5 t	0.75 t	相邻较大夹杂物尺寸的3倍	2.0	3.0
>1.0~3.0	0.5 t 或 1.0, 取较小值	0.75 t 或 2.0, 取较小值		4.0	9.0
注1: 夹杂物包括因背面粘连而进入焊缝的杂质。 注2: 缺陷尺寸按缺陷的最大尺寸计算,两个缺陷之间的间距应为其相离最近的两边缘之间的最短距离。 注3: 两个或两个以上的相邻缺陷,其间距如小于其中最小缺陷尺寸则作为一个缺陷处理。					
^a 当焊缝长度小于100mm但不小于30mm时,允许的单个夹杂物最大累积面积按该焊缝长度占100mm长度的比例缩小。					

5.4.3 内部裂纹

I级、II级接头应无裂纹，III级接头不作规定。

5.5 致密性与液压强度

致密性及液压强度要求按设计文件规定。

6 缺陷的修整与返修焊

6.1 缺陷的修整

接头正面飞边、起皮，未焊透和背面穿透，焊缝背面向母材急剧过渡的根部弱结合允许采用机械方法进行修整。修整时，应保证修整部位焊缝表面圆滑过渡。

6.2 缺陷的返修焊

6.2.1 下列缺陷允许进行返修焊，返修焊后经检验应满足 5.3 及 5.4 要求：

- a) 修整后仍不合格的各种表面缺陷及修整过程中出现的新缺陷；
- b) 焊缝犁沟、根部弱结合、未焊透、隧道性空洞、孔洞、超过表 4 规定的夹杂物。

6.2.2 对于经修整后仍不合格的焊缝背面凹坑、表面犁沟、裂纹等缺陷，焊缝内部裂纹、隧道状空洞、孔洞缺陷以及超过 5.4.2 规定的内部夹杂物可采用搅拌摩擦焊进行返修。

6.2.3 返修焊规则如下：

- a) I级、II级接头焊缝全长上在同一缺陷部位进行返修焊的次数不应超过两次，III级接头不作规定；
- b) 匙孔填补，可采用机械填充后进行搅拌摩擦焊或填充式摩擦点焊的方法，也可采用熔焊方法进行返修，返修焊的次数应不超过两次；
- c) 在原焊接部位调换一个零件，应算作返修焊一次。但如在调换零件时，将零件上的热影响区全部除去则不算作一次返修焊；
- d) 对焊后需热处理的焊件，应在热处理前进行返修焊；
- e) 返修焊后的焊缝应圆滑过渡至母材；
- f) 返修焊后的内部质量应按所用返修方法的相关标准规定重新进行检验。

7 质量保证规定

7.1 检验项目

7.1.1 焊接接头质量应在焊接、缺陷修整和返修焊后进行检验。

7.1.2 焊后的焊件经矫形、成形、热处理、机械加工后的检验项目应在设计文件及工艺文件中规定。

7.1.3 在内部质量检验前，应对外观质量进行检查，在焊前准备、焊接装配、定位焊、焊接、缺陷修整及返修焊后设置检验点，检验项目见表 5。检验记录按 QJ 3040 进行建档。

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		5.2	7.2.1
2	表面 质量	焊缝尺寸	5.3	7.2.2
		外观质量		
3	内部质量	根部弱结合	5.4.1	7.2.3
		夹杂物及孔洞	5.4.2	
		内部裂纹	5.4.3	
4	致密性	气密、氦质谱检漏	5.5	7.2.4.1
5	液压强度	液压强度	5.5	7.2.4.2

7.1.4 焊后需进行矫形、热处理等工序的焊件，其后应再进行接头质量检验。

7.1.5 气密、液压试验后应再进行外观检查。

7.2 检验方法

7.2.1 力学性能

焊接接头力学性能测试方法的取样按 GB/T 2649 的规定进行，抗拉强度测试方法按 GB/T 2651 的规定进行。其他力学性能检测按设计文件规定进行。

7.2.2 表面质量

应 100%进行目视和采用检测器具进行测量。必要时也可采用 5 倍~10 倍放大镜或渗透检验进行判别，渗透检验方法按 GJB 2367 规定进行。

7.2.3 内部质量

7.2.3.1 X 射线检验

7.2.3.1.1 I 级、II 级对接接头应 100%进行 X 射线检验，检验方法按 GJB 1187 的规定，III 级接头的 X 射线检验不作要求。

7.2.3.1.2 I 级、II 级搭接接头 X 射线检验按设计文件规定，检验方法按 GJB 1187 规定。

7.2.3.2 剖切检验

7.2.3.2.1 有剖切检查要求的，应通过剖切的方法进行接头内部质量检验；因结构条件等的限制不能进行 X 射线检查的 I 级、II 级接头，按设计文件的规定进行产品或试件的剖切检查；对 III 级各种接头的剖切检查不作规定。

7.2.3.2.2 剖切检查部位和试样数量按设计文件执行，剖切可采用机械加工、线切割等方法。取样位置、数量及方法由设计和工艺人员协商确定。

7.2.4 致密性及液压强度

7.2.4.1 致密性

气密、氦质谱检漏检测方法按设计文件或相关技术文件的规定进行。

7.2.4.2 液压强度

产品液压强度检测方法按设计文件或相关技术文件的规定进行。

中华人民共和国航天行业标准
铝合金薄板搅拌摩擦焊技术条件

QJ 20494—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：16 元