

ICS 87.060.10

CCS H 60

团 体 标 准

T/CNIA XXX—202X

铝及铝合金搅拌摩擦焊搅拌头选用指南

Selection guide for welding tool of friction stir welding of aluminum and aluminum alloys

(送审稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国有色金属工业协会 发布
中国有色金属学会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

铝及铝合金搅拌摩擦焊搅拌头选用指南

1 范围

本文件规定了铝及铝合金搅拌摩擦焊搅拌头的分类、质量保证、要求、试验方法、质量证明书、订货单（或合同）内容等。

本文件适用于铝及铝合金轧制板材、挤压型材和铸材的搅拌摩擦焊搅拌头的使用选择。

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 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T1299-2014 工模具钢

GB/T 1958-2004 产品几何量技术规范 形状和位置公差 检测规定

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 6060.2-2006 表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面

GB/T 11354-2005 钢铁零件 渗氮层深度测定和金相组织检验

GB/T 34630 搅拌摩擦焊 铝及铝合金

T/CWAN 0043-2021 搅拌摩擦焊搅拌头设计及制造标准

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 34630和T/CWAN 0043-2021界定的术语及定义适用于本文件。

4 分类

4.1 搅拌摩擦焊搅拌头分类

搅拌摩擦焊搅拌头按结构分为三类，见表1。

表 1 搅拌头分类

类型	代号	结构特点	适用产品类型
一体式	YT	搅拌头夹持紧固部位、过渡连接部位以及焊接功能部位（轴肩和搅拌针）为整体结构，焊接过程中共同旋转	适用于可进行下部刚性支撑且焊接表面较平整的产品
分体式	FT	搅拌头夹持紧固部位、过渡连接部位以及轴肩为 1 个整体结构，搅拌针为单独 1 个结构	适用于搅拌针寿命较短的情况；或应用于静止轴肩焊具，适用于对于焊缝表面毛刺小的产品

嵌套式	QT	在搅拌针外有2层及以上轴肩或圆筒结构，各结构间可独立运动或相互关联运行，实现预期的工艺效果	适用于搅拌摩擦回填点焊或点焊焊接的产品，焊缝较平整无匙孔（典型匙孔见图1）
-----	----	---	---------------------------------------



a) 俯视图

b) 俯视图

图1 典型搅拌摩擦焊匙孔示意图

4.2 搅拌头构成部件及典型牌号

搅拌摩擦焊搅拌头由搅拌针、轴肩和加持柄构成，典型牌号见表2。

表2 搅拌头类型、构成部件及典型牌号

类型	构成部件	典型牌号和状态
一体式	-	H11、H13、W6(W6Mo5Cr4V2)
分体式	搅拌针	H11、H13、W6(W6Mo5Cr4V2)
	轴肩	H11、H13、W6(W6Mo5Cr4V2)
嵌套式	搅拌针	H11、H13、W6(W6Mo5Cr4V2)
	轴肩	H11、H13、W6(W6Mo5Cr4V2)

4.3 标记及示例

产品标记按产品名称、标准编号、类型、牌号、状态及尺寸规格的顺序表示。标记示例如下：

示例：

搅拌摩擦焊搅拌头、一体式、H11、针长5mm的搅拌头，标记为：

搅拌头 T/CNIA XXXX-YT-H11-5

5 质量保证

5.1 原材料

原材料符合GB/T 1299的规定。

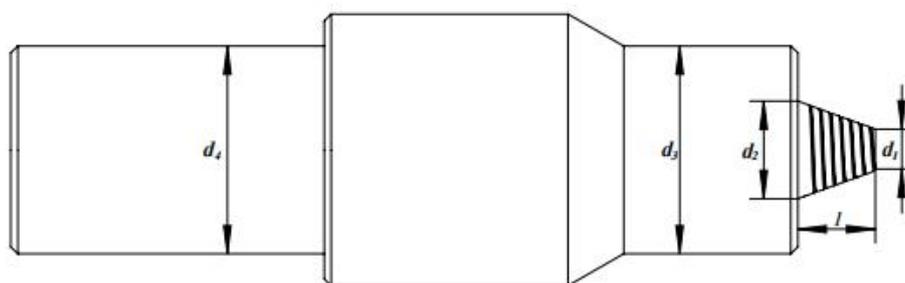
5.2 设计制造

设计制造符合 T/CWAN 0043—2021 的规定。

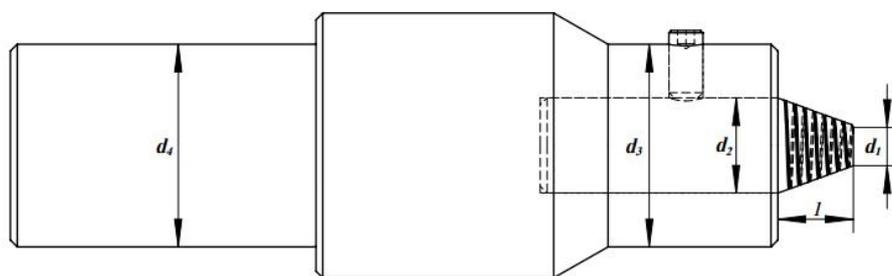
6 要求

6.1 外形尺寸

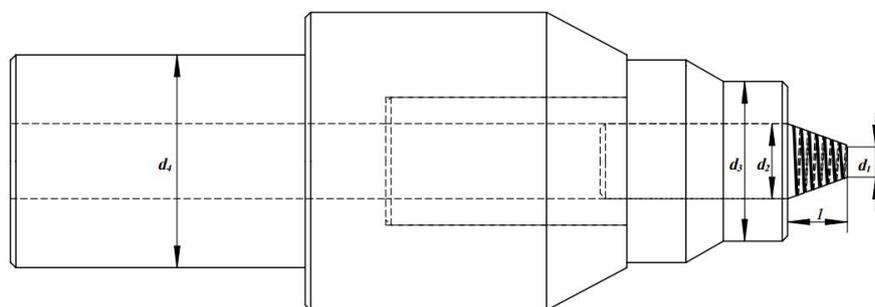
搅拌头的外形尺寸要求见表3，典型图示见图2。



a) 一体式搅拌头结构



b) 分体式搅拌头结构



c) 嵌套式搅拌头结构

标引序号说明:

d_1 —搅拌针端部直径, 单位为毫米 (mm);

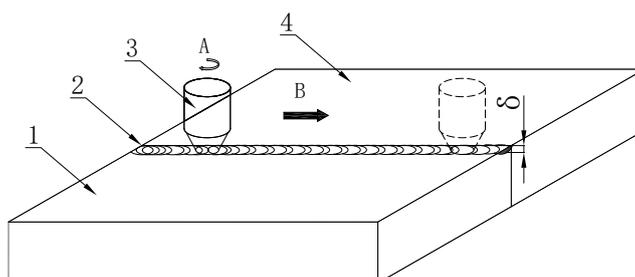
d_2 —搅拌针根部直径, 单位为毫米 (mm);

d_3 —搅拌头轴肩直径, 单位为毫米 (mm);

d_4 —搅拌头加持柄直径, 单位为毫米;

l ——针长, 单位为毫米。

图2 典型搅拌头示意图



标引序号说明:

1——焊接板材1;

2——搅拌摩擦焊焊缝;

3——搅拌摩擦焊搅拌头;

4——焊接板材2;

δ ——焊缝深度, 单位为毫米。

图3 搅拌摩擦焊焊接示意图

表3 搅拌头外形尺寸

构成部件	要求	
搅拌针	搅拌针长度 (l) 与焊接截面厚度或焊缝深度 (δ)	$l = \delta - (0.05 \sim 0.30\text{mm})$;
	搅拌针端部直径 (d_1) 和根部直径 (d_2) 之比	0.75~0.90 ($2\text{mm} \leq l < 4\text{mm}$) 0.60~0.75 ($4\text{mm} \leq l \leq 8\text{mm}$) 0.50~0.60 ($8\text{mm} \leq l$)
	螺纹 ^a 螺距与针长 (l) 的比	0.15~0.25
	螺纹 ^a 深度与针长 (l) 的比	0.15~0.20
	板厚或焊缝深度 $\geq 3\text{mm}$ 时, 可在搅拌针对称夹角为 120 度方向铣削三个平面, 其铣削深度与针长 (l) 的比	0.1~0.2
轴肩	轴肩的直径 (d_3) 与根部直径 (d_2) 之比	1.5~3.0
	轴肩与被焊工件接触表面加工内凹槽 ^b , 其凹槽间距与凹槽宽度之比	1:1
夹持柄	夹持柄直径 ^c (d_4) 与所使用搅拌头轴肩直径 (d_3) 之比	$\geq 2/3$
注 ^a 搅拌针上应加工与工作旋转方向相反的螺纹。 ^b 凹槽形状可为连续螺旋凹槽或不同直径凹槽。常见的轴肩型号见 T/CWAN 0043-2021 的表 4。对焊缝表面粗糙度要求较高的, 推荐使用无槽式以及同心环式轴肩。 ^c 夹持柄直径还应考虑主轴扭矩因素确定, 一般建议该直径不小于所使用搅拌头轴肩直径的 2/3 即可满足要求。		

6.2 尺寸偏差

搅拌针与主轴同轴度误差应小于 $\pm 0.005\text{mm}$; 其他尺寸误差范围应小于 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

6.3 表面粗糙度

夹持紧固部位及焊接功能部位表面粗糙度应达到 Ra1.6 级, 其余达到 Ra3.2 级。

6.4 硬度

搅拌头使用前须进行调质热处理, 硬度应不小于 46HRC。

6.5 显微组织

应不存在过烧、微裂纹、气泡、残余奥氏体等缺陷。

6.6 外观质量

外观应平整光亮，无毛刺，无明显刻痕和锈斑。

6.7 焊接适用性

焊接1000m后，搅拌头不应发生0.1mm磨损或轴肩发生明显外形变化（因为材料、工艺温度直接影响搅拌头正常工作寿命，应进行焊接适用性检验）。

6.8 搅拌头的选用要求

6.8.1 基本原则

根据被焊板材厚度选择合适材料的搅拌头，其中焊接厚度 $\leq 20\text{mm}$ 时建议使用热作模具钢或高速工具钢材质搅拌头，焊接厚度 $> 20\text{mm}$ 时建议选择高温合金材质搅拌头，且具有良好的焊接适用性。

6.8.2 典型示例

焊接对象为6063-T6铝合金挤压型材，要求有效焊接深度 $\geq 3.0\text{mm}$ 。选择一体式搅拌头，搅拌针针长1为3.3mm，针尖端部直径d1为3.5mm，根部直径d2为4.6mm，螺纹螺距为0.8mm，螺纹深度0.5mm，轴肩直径11mm，轴肩端面为无槽式内凹结构，加持柄直径为20mm。搅拌头材料为H13材料，热处理硬度为46HRC。

7 试验方法

7.1 外观尺寸

按GB/T 1958-2004规定的方法进行。

7.2 尺寸偏差

按GB/T 1958-2004规定的方法进行，其他尺寸偏差采用相应精度的量具测量。

7.3 表面粗糙度

按GB/T 6060.2-2006规定的方法进行，并与样块对比。

7.4 硬度

按GB/T 230.1规定的方法进行。

7.5 显微组织

按GB/T 11354-2005的规定进行。

7.6 焊接适用性

使用搅拌头焊接1000m后，按照GB/T 1958-2004规定的要求检查搅拌头，测量发生磨损或轴肩发生明显外形变化量。其他尺寸偏差采用相应精度的量具测量。

7.7 外观质量

外观质量采用目视检验。

8 质量证明书

为保证搅拌头的质量可靠性，应与生产厂商商定质量证明书的内容。质量证明书内容至少包括以下内容。

- a) 产品所执行的标准编号；
- b) 产品名称及类型；
- c) 尺寸规格；
- d) 表面粗糙度；
- e) 硬度；
- f) 显微组织；
- g) 焊接适用性（可选）；

9 订货单（或合同）内容

完成搅拌头选择后，相关技术要求需在订货单（或合同）中体现。搅拌头订货单（或合同）应注明下列内容。

- a) 执行标准编号；
 - b) 产品名称及类型；
 - c) 尺寸规格；
 - d) 表面粗糙度；
 - e) 硬度；
 - f) 显微组织；
 - g) 适用性；
 - h) 其他特殊要求。
-