



中华人民共和国国家标准

GB/T 22086—2008

铝及铝合金弧焊推荐工艺

Recommendations for welding of aluminium and aluminium alloys

(ISO/TR 17671-4:2002, Welding—Recommendations for welding of metallic materials—Part 4: Arc welding of aluminium and aluminium alloys, MOD)

2008-06-26 发布

2009-01-01 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

本标准修改采用 ISO/TR 17671-4:2002《焊接 金属材料焊接推荐工艺 第 4 部分:铝及铝合金的弧焊》(英文版)。

本标准根据 ISO/TR 17671-4:2002 重新起草。本标准与 ISO/TR 17671-4:2002 相比,技术内容修改如下:

——增加了附录 A(资料性附录),用于说明铝及铝合金合金母材的类组划分,并将原标准附录 A 改为附录 B,附录 B 改为附录 C。

为了便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

——删除了国际标准的前言;

——将标准名称改为“铝及铝合金弧焊推荐工艺”;

——对 ISO/TR 17671-4:2002 中引用的其他国际标准,有被等同采用为我国标准的用我国标准代替对应的国际标准,未被等同采用为我国标准的直接引用国际标准;

——删除了规范性引用文件中的欧洲铝及铝合金母材标准。

本标准附录 A、附录 B、附录 C 为资料性附录。

本标准由全国焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:长春轨道客车股份有限公司。

本标准主要起草人:宫文彪、王炎金、刘俊峰、陈永刚、劭力、王俊玖。

铝及铝合金弧焊推荐工艺

1 范围

本标准规定了铝及铝合金弧焊的推荐方法及工艺。

本标准适用于铝及铝合金材料的焊接。

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(不包括勘误的内容)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 985.3 铝及铝合金气体保护焊的推荐坡口(GB/T 985.3—2008,ISO 9692-3:2000,MOD)

GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号(GB/T 5185—2005,ISO 4063:1998,IDT)

GB/T 6417.1 金属熔化焊接头缺欠分类及说明(GB/T 6417.1—2005,ISO 6520-1:1998,IDT)

GB/T 16672—1996 焊缝 工作位置 倾角和转角的定义(idt ISO 6947:1993)

GB/T 18591—2001 焊接 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南(ISO 13916:1996, IDT)

GB/T 22087 铝及铝合金弧焊接头 缺欠质量分级指南(GB/T 22087—2008,ISO 10042:2005, IDT)

ISO/TR 15608 焊接 金属材料分类体系指南

3 母材

3.1 概述

用于焊接的铝及铝合金母材应符合附录 A 的要求,此外,还应结合具体焊接条件,对母材规定特殊要求(包括化学成分、力学性能、表面光洁要求等)。

焊接永久性或临时性附加物(如加工工艺梁/定位板、引弧板和收弧板等)应与母材相匹配。

3.2 储存及保管

为防止腐蚀或污染,铝及铝合金储存时应避免与碳钢、铜等材料接触,并做清晰的标记。

4 影响焊接结构及构件性能的因素

附录 B 列出了因焊接可能产生的不利因素,这些因素仅限于一般的铝及铝合金冶金技术方面,同时也列出了其形成原因及解决措施。

在焊接结构的设计过程中,应考虑焊接对热影响区和焊缝性能的影响,热影响区和焊缝的力学性能一般低于母材。

在操作时,更应注意避免出现任何设计以外的热影响区,诸如临时附件的焊接、电弧擦伤等。

5 弧焊方法

焊接铝及铝合金时,可以采用如下焊接方法(焊接方法代号参见 GB/T 5185):

——131 熔化极惰性气体保护焊(MIG);

——141 钨极惰性气体保护焊(TIG);

——15 等离子弧焊。

也可考虑采用其他焊接方法(如激光焊、激光-MIG 复合焊、冷丝焊等)。

6 焊接材料

6.1 填充金属

填充金属(焊条或焊丝等)应与母材相匹配,参见附录 C。

填充金属应按相关标准或供应商推荐要求,储存在原包装内,置于在各种气候下能保持干燥的环境中。

在车间和生产现场拆开包装但未使用完的焊接材料应作标识,并作适当包装,妥善保管,以免混用、受潮或污染。

6.2 保护气体

铝及铝合金焊接通常采用氩气作为保护气体,也可以采用氦气、氩氦混合气体、氩氦氮混合气体保护以改善熔深、提高焊接速度、减少焊接缺欠。

保护气体应按照气体标准或相关的规程选择使用。

7 设备

铝及铝合金焊接所采用的设备应定期维护保养,确保其处于正常的状态。焊接回路部分的导线规格应大于或等于引出部分的导线规格。

8 接头形式

8.1 通则

铝及铝合金焊接的推荐坡口参见 GB/T 985.3,坡口间隙过大可能导致缺欠产生(诸如烧穿、变形等),因此,应尽量采用最小的间隙。

8.2 对接接头

8.2.1 通则

对接接头包括板对接、管对接和管-板对接要求焊透(包括 T 型接头在内)的接头。

8.2.2 完全熔透

8.2.2.1 单面焊

可采用如下方法焊接:

- a) 不带衬垫;
- b) 带临时衬垫;
- c) 带永久衬垫;
- d) 其他合适的方法。

8.2.2.2 双面焊

可采用如下方法焊接:

- a) 第一面焊完后,再焊第二面;
- b) 两面交替焊接,最后以两面对称的顺序完成焊接,这种方法变形量最小;
- c) 先在背面施焊打底焊焊道(相当于衬垫),然后在正面清根,焊接;
- d) 其他合适的方法。

8.2.3 部分熔透

8.2.3.1 单面焊

可采用如下方法焊接:

- a) 焊至规定的熔深,但不焊透至另一面;
- b) 其他合适的方法。

8.2.3.2 双面焊

可采用如下方法焊接：

- a) 从一面焊至要求的熔深,然后从另一面焊至要求的熔深;
- b) 从两面进行部分焊接,再以对称的次序焊至要求的熔深,这种方法变形量最小;
- c) 从一面焊至要求的熔深,然后从另一面焊接密封焊道来完成焊接过程;
- d) 其他合适的方法。

8.3 角焊缝

连接面的根部间隙要尽可能的小。

9 衬垫材料

9.1 永久衬垫材料

永久衬垫的材料型号参见附录 A。

9.2 临时衬垫材料

临时衬垫可采用不锈钢、铜或陶瓷材料。但应注意防止铜或其他材料粘着或衬垫过热。采用不锈钢做衬垫时,仅考虑采用奥氏体不锈钢。

10 支管连接

10.1 通则

这种类型的接头一般用在圆形(或椭圆形)管的完全熔透焊缝和/或非完全熔透焊缝。所有的这些管连接的细节内容(例如:接头形式、构件之间的角度、坡口角、根部间隙等)应合理安排,以便采用合适的焊接工艺。

10.2 对接接头

由于支管连接的特点,支管接头通常为不同几何形状的单面坡口,坡口形状取决于主管和支管的尺寸及组对角度。是否采用衬垫应按工艺选择。

焊接骑座式支管接头时,应考虑保证整个支管上的焊缝厚度(或者设计图样规定的尺寸);焊接插入式(或穿透式)支管接头时,应保证焊缝厚度不小于主管壁厚。

10.3 角接接头

支管连接处应该采用角焊缝,以使得整个接头尺寸满足设计要求。主管和支管的连接面尽量紧密结合、减少间隙,以免出现诸如烧穿和气孔过多等有害现象。

11 清根

对于完全熔透的双面对接焊,打底焊的背面焊缝需要清根。

清根推荐采用铣、刨等机械加工方法。加工时应采用非油性润滑剂。如果采用打磨方法,砂轮应该为铝合金的专用类型。清根后应保证待焊部位清洁,无缺欠。

12 焊接坡口

坡口应采用机械方法,或采用激光、等离子、水射流或其他合适的方法加工。

当切割对相邻区域的性能产生有害影响时,应去除切割后的受损材料。切割之后首先应检查并确认切割面无裂纹。

为了避免对焊缝的不利影响,坡口表面和边缘应适合焊接工艺要求。坡口应当无裂纹、划痕,且干燥、无氧化、油污、油脂、油漆及水分等。在组对和焊接之前,坡口的熔化面及临近区域表面应该去油污和氧化层。为了避免再次污染及氧化,清理与焊接的间隔时间应尽可能短。

使用溶剂或其他方法去除油污后应采用机械方法去除表面的氧化层。去油污的化学试剂也可能会

GB/T 22086—2008

去除原始的表面氧化层。

13 焊接位置

焊接铝及铝合金时,尽量采用 PA、PB 焊接位置,但因条件限制也可采用 PC、PD、PE 和 PF 位置。焊接位置参见 GB/T 16672。

14 错边

应按照 GB/T 22087 的相应质量等级控制错边,必要时,可确定更严格的限值要求。

15 预热温度及道间温度

表 1 推荐了各类铝合金的焊接预热温度及道间温度。此外,预热时间也应做适当控制,以免产生不利影响。

表 1 推荐的预热温度和道间温度

母 材	预热温度/℃	道间温度/℃
非热处理强化铝合金 1××× 3××× 5××× AlSi 铸件 AlMg 铸件	≤120 ^a	≤120 ^a
热处理强化铝合金 6××× AlSiMg 铸件 AlSiCu 铸件	≤120 ^a	≤100
7×××	≤100 ^a	≤80
注 1: 表中温度值仅为指南。这些数值可以经合同双方协商修改,并在焊接工艺规程中说明。 注 2: Mg>3.5% 的合金组 22.4(5×××)和合金组 23.2(7×××),在某些使用环境下会出现相析出,这些析出会增加剥落腐蚀和应力腐蚀裂纹敏感性。		
^a 延长加热时间会导致加工硬化铝合金发生局部退火,也会使可热处理强化铝合金产生过时效。		

预热温度和道间温度的测量应参照 GB/T 18591—2001 的有关规定。

16 其他要求

16.1 焊道间的清理

每一焊道表面在施焊下一焊道之前,应使用不锈钢丝刷(或采用其他机械方法)清理。

16.2 检查

焊缝在被检之前,建议不要在其上画粉笔、涂漆或做其他类似的处理。

16.3 质量等级及不符合项纠正

焊接缺欠的验收等级应按照 GB/T 22087(或者产品设计规范)的要求确定。缺陷的修复及不符合项的纠正应按照有关程序进行,并保持其可追溯性。

附 录 A
(资料性附录)
铝及铝合金母材的分类说明

根据 ISO/TR 15608 的铝及铝合金分类见表 A.1。

表 A.1 铝及铝合金母材的分类

类别	组别	主要成分
21		杂质(或合金含量) $\leq 1\%$ 的纯铝
22		非热处理强化铝合金
	22.1	铝锰合金
	22.2	$Mg \leq 1.5\%$ 的铝镁合金
	22.3	$1.5\% < Mg \leq 3.5\%$ 的铝镁合金
	22.4	$Mg > 3.5\%$ 的铝镁合金
23		热处理强化铝合金
	23.1	Al-Mg-Si 合金
	23.2	Al-Zn-Mg 合金
24		$Cu \leq 1\%$ 的 Al-Si 合金
	24.1	$Cu \leq 1\%, 5\% < Si < 15\%$ 的 Al-Si 合金
	24.2	$Cu \leq 1\%, 5\% < Si < 15\%, 0.1\% < Mg < 0.80\%$ 的 Al-Si-Mg 合金
25		$5.0\% < Si \leq 14\%; 1.0\% < Cu \leq 5.0\%, Mg \leq 0.8\%$ 的 Al-Si-Cu 合金
26		$2.0\% < Cu \leq 6.0\%$ 的 Al-Cu 合金
注：21、22、23 一般为锻件，24、25、26 为铸件。		

附 录 B
(资料性附录)
缺欠的产生及防止

虽然通过选择正确的工艺和焊接材料,可以比较容易地焊接多数铝及铝合金,但是在某些环境下,还可能出现某些缺欠。缺欠的出现可能是由于焊接材料的选取、焊接工艺参数的选择或者是母材/焊接材料结合的冶金效果造成。因而,可以通过选择合适的焊接参数或焊接材料减少或消除这些缺欠。表 B.1 给出了铝合金焊接常见的典型缺欠、产生原因及其防止措施。在安全要求较高的动载结构中,特别需要防止产生这些缺欠。

就焊缝质量而言,设计不足对焊缝的正常使用会带来不利影响。这些不利影响可能包括由于材料厚度不均匀导致的应力集中、由于接头过密和接近产生较高的残余应力。

对于加工硬化铝合金或可热处理强化铝合金而言,进行设计计算时,应该考虑焊接热影响区力学性能下降这一因素。但是,在焊接过程中还是应注意避免热输入过高导致热影响区软化区范围扩大。

保持焊枪和工件间正确的角度和距离也可以防止一些有害缺欠。送丝装置使用的材料应该与焊丝相匹配以避免污染和损坏焊丝。铝合金焊接使用的焊枪、电缆和导线,体积大且不容易在狭窄空间内操作,焊接结构设计人员就要考虑给焊枪和焊工足够的空间来进行所有接头的焊接。在某些场合,只能采用合适的坡口(带永久衬垫或临时衬垫)进行单面焊。

表 B.1 缺欠的产生及防止

缺 欠	主 要 原 因	防 止 措 施
气孔 例如: 线状气孔(2014)或团状 气孔群(2013)	有污迹的焊丝。 焊丝表面潮湿。 焊缝区有油污。 连接表面潮湿。 焊丝/或母材含氢量过高。 接头间隙过小。 不合适的焊接位置 PC、PD、PE、PG。 气体析出时间太短。 由于冷却水或气体供应系统泄漏,造成保护气体不纯。 由于湿气侵入,造成保护气体不纯。 不合适的软管质量。 保护气流速太大或太小产生非层流气流。 电弧电压太高。 焊枪角度太小	改善焊丝清洁度,存储于工作区域露点以上的清洁环境中。 焊接前清洁和干燥焊缝区,如:预热、焊前确保材料处于室温。 如有必要,联系焊丝或母材的供应商或生产商解决。 改善焊接间隙,促进气体从熔池逸出。 焊接位置尽可能采用 PA、PB。 提高热输入量或预热,改变焊缝前处理工艺。 消除泄漏现象。 气体按相关标准或技术要求确定采用。确保软管质量,更换损坏的软管,软管应尽量短,尽可能采用铝合金专用软管。 采用合适的气体流量,避免紊流和空气卷入。 改善峰值电弧电压。 使用正确的焊枪角度

表 B.1 (续)

缺 欠	主 要 原 因	防 止 措 施
氧化夹杂物(303)	<p>由于焊接中断或不充足的保护气流,使氧侵入电弧或熔池内导致氧化物形成。</p> <p>焊缝区或前一道焊缝清理不彻底。</p> <p>预热火焰含过多氧气。</p> <p>TIG 焊添丝操作不正确</p>	<p>见气孔部分要求。</p> <p>采用合适的气体流量,避免空气进入。</p> <p>确保焊缝区域和前一道焊缝的清洁度。改善电弧条件。</p> <p>可采用中性火焰。</p> <p>不要将焊丝从保护气中移出</p>
<p>裂纹(100)</p> <p>凝固裂纹</p> <p>例:热裂纹(104)</p> <p>例:液化裂纹</p>	<p>焊缝中存在低熔点共晶体。</p> <p>内应力。</p> <p>HAZ 晶界析出的低熔点共晶体</p>	<p>选择能确保焊接性能的填充材料。</p> <p>使用收弧板,将收弧结束于工件之外,或收弧时采用适当的操作措施填满弧坑。</p> <p>选择合适的焊接顺序可降低内应力和变形。</p> <p>降低热输入和层间温度。</p> <p>通过采用单道焊焊接技术降低裂纹敏感性。</p> <p>降低内应力。</p> <p>选择适合的焊丝(例如:4×××系列)</p>
<p>金属夹杂(304)</p> <p>钨夹杂(3041)</p>	<p>钨夹杂(TIG:141 和等离子弧焊:15)是由于焊接电流过高或在焊接过程中钨极接触到了熔池</p>	<p>根据钨极的类型和直径选择合适的焊接电流。</p> <p>不要将钨极侵入到熔池中</p>
<p>铜夹杂(3042)</p>	<p>铜夹杂(MIG:131):由于焊嘴过热或熔断。</p> <p>来自铜制衬垫</p>	<p>选择适合的焊炬和焊嘴。</p> <p>采用短弧焊接。</p> <p>如果必要,可用不锈钢、铝合金或陶瓷代替铜作为熔池衬垫</p>
注: 缺欠代号参见 GB/T 6417.1。		

附 录 C
(资料性附录)
焊接材料的选择建议

C.1 填充金属

选择焊丝通常基于以下几方面因素：

- 与母材的化学成分相兼容，例如：焊接裂纹倾向；
- 焊缝力学性能要求(需要将焊接热影响区和焊缝金属性能统一计算)；
- 焊接部件或构件的后续处理，例如表面处理，阳极氧化和装饰抛光；
- 焊缝要求的抗腐蚀能力；
- 最佳焊接性。

最终的选择将根据产品实际需要，在上述几方面做综合平衡。

表 C.1 提供了各类铝及铝合金焊丝的相关信息。表 C.2 推荐了若干条件下铝及铝合金焊丝的选择建议。

表 C.1 铝及铝合金焊丝

类别	型号	化学成分代号	备 注
1×××	SAL1450 SAL1080A	A199.5Ti A199.8	Ti 通过晶界强化降低了焊缝金属的裂纹倾向
3×××	SAL3103	AlMn1	
4×××	SAL4043A SAL4046 SAL4047A SAL4018	AlSi5 AlSi10Mg AlSi12(A) AlSi7Mg	4×××类焊丝在阳极氧化或暴露于空气中时会变成暗灰色，其强度会随 Si 的增加而提高。该种焊丝焊接后的焊缝颜色和铸造铝合金母材不搭配。 这种合金专门应用在预防由于高稀释及高收缩而形成的凝固裂纹
5×××	SAL5249 SAL5754 SAL5556A SAL5183 SAL5087 SAL5356	AlMg2Mn0.8Zr AlMg3 AlMg5.2Mn AlMg4.5Mn0.7(A) AlMg4.5MnZr AlMg5Cr(A)	当良好抗腐蚀性和颜色匹配是重要要求时，焊丝的 Mg 含量必须和母材搭配。 当焊缝金属的高屈服点和高断裂强度是重要要求时，应使用含 Mg 量为 4.5%~5% 的焊丝。 Cr 和 Zr 通过晶界强化降低了焊缝金属的裂纹倾向。 Zr 降低热裂倾向

表 C.2 焊丝选择

母材											
Al	4										
	1										
	4										
AlMn	4或5	3或4									
	1	3									
	4	4									
AlMg <1% ^a	4或5	4	4								
	1	4	4								
	4	4	4								
AlMg 3%	4或5	5	5	5							
	5 ^b	5 ^b 或3	5 ^b	5 ^b							
	4或5	4	4	5							
AlMg 5% ^c	5	5	5	5	5						
	5	5	5	5	5	5					
	5	5	5	5	5	5					
AlMgSi ^d	4或5	4或5	4或5	4或5	5	5	5或4				
	5	5	5	5	5	5	5				
	4	4	4	4	4	4	4				
AlZnMg	5	5	5	5	5	5	5	5			
	5	5	5	5	5	5	5	5			
	5	5	5	5	5	5	5	5			
AlSiCu <1% ^{e,f}	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AlSiMg ^g	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

表 C.2 (续)

AISiCu ^{a,f}	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AlCu ^c	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	Nr ^e	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Nr ^e
母材	Al	AlMn	AlMg <1%	AlMg 3%	AlMg 5%	AlMgSi	AlZnMg	AISiCu <1%	AlSiMg	AlSiCu	AlCu								

注 1: 当母材含 Mg≥2% 时, 使用型号为 AISi5 或 AISi10 的焊丝焊接时(或当母材含 Si≥2%, 使用型号为 AlMg5 的焊丝焊接时), 过多的 Mg2Si 相会在焊接熔合线处沉淀析出, 从而使焊缝产生脆化现象。这种母材和焊丝的组合不推荐在承受动载荷或冲击载荷的结构使用。如果使用 AlMg5 或 AISi5 型焊丝。

注 2: 表中母材取决于化学成分, 而与材料形式无关。

注 3: 每栏焊丝类别的选择出于如下考虑:

- 第一行: 最佳力学性能;
- 第二行: 最佳耐腐蚀性能;
- 第三行: 最佳焊接性能。

^a 在无焊丝焊接的条件下, 这种合金极易形成凝固裂纹。这种情况下, 可通过压紧夹具或在熔池内提高 Mg 含量为 3% 以上的方法来预防。

^b 表 B.1 中的 5××× 类焊丝在 Mg≤3% 时具有较好的抗晶间腐蚀和/或应力腐蚀能, 在有潜在晶间腐蚀和/或应力腐蚀的环境中, 焊丝金属中 Mg 含量应等于或明显超过母材的 Mg 含量。

^c 在确定的环境条件下, 如温度范围 ≥65 °C, 含 Mg>3% 的铝合金可能易产生晶间腐蚀和/或应力腐蚀。这种易腐蚀性随含 Mg 量和/或冷作硬化程度的提高而升高。应该考虑到这种焊缝稀释带来的耐腐蚀性能降低的影响。

^d 这类合金不推荐采用不填充焊丝的自熔焊(如 TIG 焊), 因为这样易形成凝固裂纹。

^e 焊丝中 Si 含量的选择应该与铸态母材金属严格搭配。

^f 当铸造铝合金为压铸件时, 由于气体含量较高而不适合焊接。

^g 不推荐, 与母材金属不匹配。

C.2 保护气体

当进行铝及铝合金焊接时,焊接保护气体的选择对其生产效率和最终焊缝质量都有着重要影响。

由于铝及铝合金对气体的敏感性,特别是氢和氧,因此应当采用诸如氩和氦做保护气体。

虽然氩气是铝及铝合金焊接时广泛使用的保护气体,但是使用氦气、氩氦混合气体、氦氩氮混合气体也有如下优点(纯氦气只限于直流的 TIG 焊中):

- 增加熔深和改善焊缝成形;
- 提高焊接速度;
- 可焊接厚度范围大;
- 降低预热温度;
- 减少诸如气孔等焊接缺陷。

当提高氩氦混合气体中氦的含量时,焊缝熔深将会增加、变宽,焊缝余高将会降低。

对于任何厚度的材料,都可以通过向氩气中添加氦气来提高焊接速度。这是由于氦从电弧中导热的能力要高于氩。提高焊接速度也可以减小焊接热影响区的尺寸。

使用含氦较高的混合气所产生的高热量输入促进了对较厚工件的焊接。然而,除了自动焊以外,高氦含量的混合气通常不推荐使用在厚度小于 3 mm 的材料上。

使用含氦的混合气所产生的附加热量集中也可以减少诸如气孔和未熔合等缺陷的产生。

中华人民共和国
国家标准
铝及铝合金弧焊推荐工艺
GB/T 22086—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷

*

书号: 155066·1-33895 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 22086—2008