

铝合金小直径薄壁管的全位置焊工艺研究

谢 峰 张凌云 厉克勤

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

文 摘 采用 MK—200 全位置焊管机焊接小直径薄壁铝合金导管,必须解决好焊缝的表面成形和内部气孔问题。分析了气孔产生的原因,并提出了抑制气孔的措施。大量试验表明,采用加填充环和背保护气加压的方法可改善焊缝成形;通过严格的焊前清理、合理的参数设置等抑制气孔的工艺措施可获得理想的气孔合格率。

关键词 全位置焊,铝合金,导管

Study on Orbital Welding of Aluminum Alloy Pipe with Small Diameter and Thin Wall

Xie Feng Zhang Lingyun Li Keqin

(Aerospace Research Institute of Materials and Processing Technology Beijing 100076)

Abstract Welding line quality and welding porosity has to be improved as to how aluminum alloy pipes with small diameter and thin wall are welded by MK—200 orbital welding system. In this paper the generation of porosities is analyzed and the methods to decrease the porosities are presented. It is indicated that filling rings and pressure of backup shielding gas can be used to improve the welding line quality and the weld porosities can be obviously decreased by strict pre-weld cleaning and reasonable welding parameters setting.

Key words Orbital welding, Aluminum alloy, Pipe

1 前言

在航天产品上经常涉及铝合金导管的全位置焊接问题。过去导管焊接基本上都是手工焊,焊接质量很不稳定,随着生产的发展,对导管焊接质量提出了严格要求,因而用全位置自动焊代替手工焊成为发展的必然。铝合金导管的全位置自动焊具有相当难度,焊缝的气孔问题十分棘手。影响气孔的因素很多,如原材料中的氢含量和杂质、表面污物及氧化膜、焊接环境湿度、保护气的纯度及工艺参数等,通过各种工艺方法避免和减少向焊接熔池增氢是有效抑制气孔形成的办法。

2 试验条件

目前在航天产品上多采用防锈铝合金系列,故本研究主要针对此系列导管进行。材料为 LF6M 管材 10 mm ×1 mm;设备为美国 MK—200 全位置焊管机。

MK—200 全位置焊管机主要由主电源、逆变电源、计算机控制系统和焊管钳四部分组成,具有参数分段设置和调节功能,电流调节范围为 1 A ~ 200 A。焊管钳选用 6002 型,此焊管钳不具备送丝功能。

3 试验过程和方法

3.1 导管的焊前准备

导管的焊前准备是为了保证焊接过程的顺利进行和焊接质量,因此,铝管对焊之前,采用端口加工

收稿日期:1999-08-30

谢峰,1961年出生,高级工程师,主要从事焊接设备及自动化研究工作

机对管端口进行加工,以保证端面 and 管子的垂直。管端未经加工或加工不平,对接接缝有较大间隙,焊接时可能造成焊穿。对接端面和管子中心线不垂直时,焊后还可能出现未熔透现象。

焊前准备的另一重要环节就是清洗。为确保去除表面的油污和氧化膜,焊前对导管进行严格的化学法清洗,清洗后在尽可能短的时间内进行焊接,并在焊接前对焊接区域进行刮削。

3.2 焊缝分段及各段参数设置

全位置焊焊缝的分段要考虑到熔池所在位置及

管钳和工件的热积累,在保证焊透的情况下,熔池越小,熔池重力对成形的影响越小。对小直径薄壁管而言,由于熔池很小,这时主要考虑热积累对焊缝成形影响,因此焊缝分段数不宜太少,否则在一个分段上焊缝熔宽就会不同,造成焊缝成形不均匀。各段的焊接参数是根据热积累和焊缝位置确定,特别注意避免起弧时温度低造成未焊透和收弧时温度高造成凹陷。本试验将焊缝分为八段,通过反复试验确定了如表 1 所示的各段参数,试验证明这样的设置可获得较为理想的焊缝成形。

表 1 导管焊接参数(LF6 10 mm ×1 mm)

Tab. 1 Welding parameters for LF6 10 mm ×1 mm pipe

钨极直径 /mm	电弧长度 /mm	脉冲时间 /s	脉冲电流 /A	基值时间 /s	基值电流 /A	转速 /r min ⁻¹	保护气流量 /L min ⁻¹	背保护气流量 /L min ⁻¹
1.6	0.52	0.10	48.3~28.5	0.01	11.3	9.50~10.00	6~10	3~5

3.3 焊缝成形

焊缝加填充金属:MK-200 全位置焊管机无送丝机构,因此我采取了加填充环的办法来解决填充金属并满足焊缝余高的要求。试验设计了多种形式的填充环,并重点对其中一种(如图 1 所示)进行了大量焊接试验,有效地解决了余高问题,并获得良好焊缝成形。但从减少或避免焊缝气孔的角度看,加填充环的方法由于增加了接缝表面积,对抑制焊缝气孔是不利的。焊缝不加填充金属:焊缝不加填充金属时,由于电弧力和熔池重力作用会使焊缝凹陷,采用背保护气加压的方法,即通过减小背保护气出口流量,使背保护气对焊缝施加一定压力,可消除焊缝凹陷。这种直接对接的方法可在焊前对接缝和焊接区表面进行平端口和刮削,可有效消除表面氧化膜对熔池增氢,达到抑制气孔的目的。

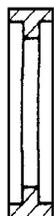


图 1 填充环结构

Fig. 1 Diagram of filling ring

4 试验结果及分析

宇航材料工艺 2000 年 第 4 期

4.1 表面质量分析

加填充环焊缝内外表面均有余高,与母材过渡均匀;不加填充环焊缝内外表面没有余高,基本没有凹陷。采用这两种成形工艺,均能有效保证焊缝成形,无未焊透及目视可见的裂纹、气孔、夹钨及非金属夹杂物等缺陷。

4.2 X 光检验结果与分析

大量试验表明,在焊接环境相对湿度不超过 40% 时,加填充环方法 I 级焊缝气孔合格率 60%~80%,不加填充环方法 I 级焊缝气孔合格率 90%~100%。由于填充环有定位直角,不能进行平端口及刮削处理,焊接过程中填充环的两个端面会使焊缝增氢,使气孔概率增大。不加填充环而采用背保护气加压直接对接的接头形式,对抑制焊缝气孔是有利的。

4.3 力学性能测试结果及分析

接头力学性能具体数据见表 2。从测试数据可以看出,LF6M 铝合金导管加环与不加环全位置焊,两种焊接接头的拉伸强度系数均大于 0.9,符合 QJ 2865-97 标准 I 级要求。显然,通过改善成形,对接无填充金属的接头形式,完全满足实际要求,可以作为铝合金导管焊接技术条件中接头形式的一种补充。

表 2 接头力学性能数据*

Tab.2 Mechanical properties of weld joint with filling ring

焊接方式	子样数	拉伸强度 σ_b /MPa		强度系数
		实测	标准 (GB221—84)	
加填充金属焊缝	5	288 ~ 352 (321.4)	314	0.92 ~ 1.12 (1.02)
不加填充金属焊缝	4	301 ~ 317 (312.5)	314	0.96 ~ 1.01 (0.995)

*表中括号中数据为平均数。

4.4 金相组织

图 2、图 3 分别为接头加填充金属和不加填充金属焊缝的金相组织。

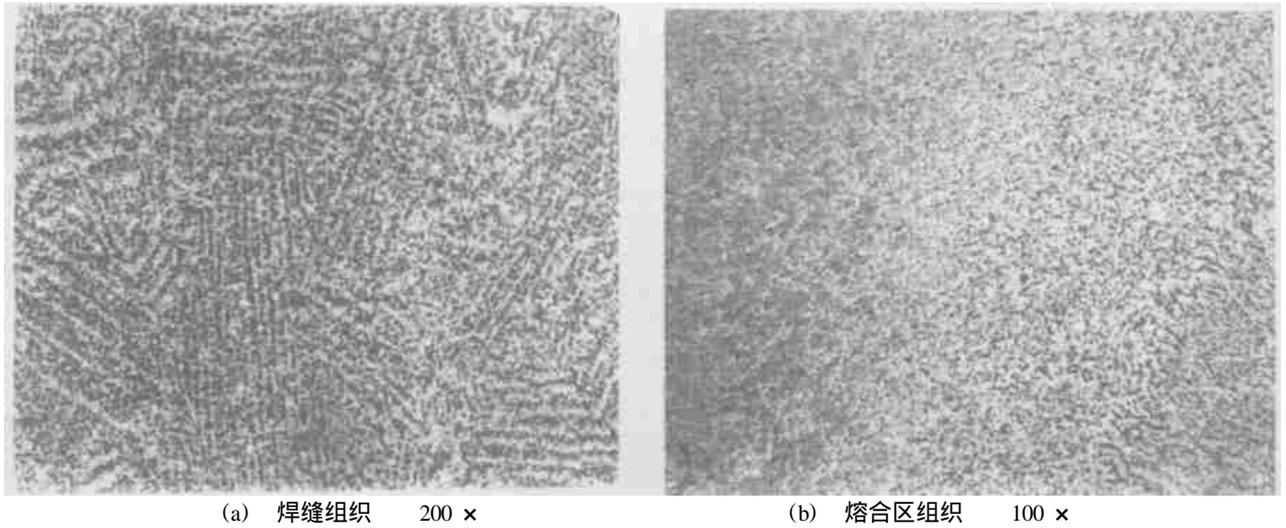


图 2 加填充金属焊缝金相组织

Fig. 2 Metallographic structure of welding line with filling ring

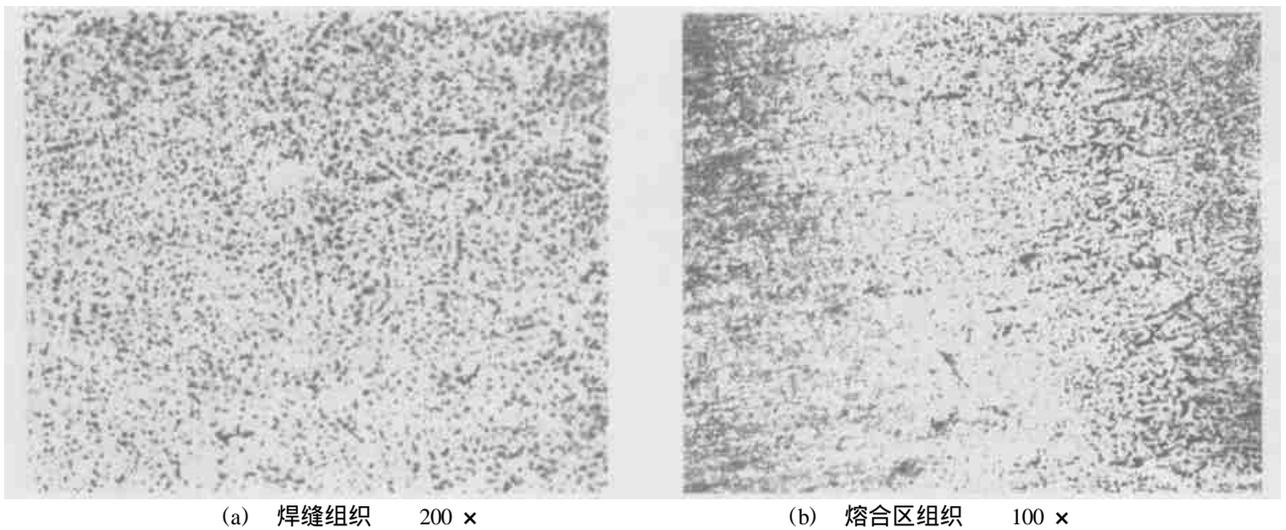


图 3 不加填充金属焊缝金相组织

Fig. 2 Metallographic structure of welding line without filling ring

由照片可知填丝与不填丝焊缝组织皆正常,无裂纹、夹渣、疏松等缺陷,焊缝组织晶粒细小。

4.5 导管焊缝的气孔抑制^[1~3]

铝合金导管焊接接头的内部缺陷主要是气孔,而氢是造成气孔的主要原因,在实际工艺中,氢的来源很多,如原材料的含氢量、接头表面污物和氧化膜中的水、焊接环境湿度、保护气中含的氢和水等,因此要完全避免产生气孔比较困难,只能将气孔抑制到一定的程度。

酸洗质量对焊缝气孔的影响非常明显,严格酸洗过程,洗液浓度、温度符合要求,酸洗时间适宜,冲洗彻底,对抑制气孔有很大作用。严格酸洗后的铝合金导管表面总会有一层结合了水的薄氧化膜,焊前对导管端面 and 焊接区进行刮削打磨,对抑制气孔是有利的。采用加填充环的方法,如果焊前无法对其表面进行清理,焊接过程中就会向熔池增氢,增大了焊缝气孔倾向,因此,直接对接的接头形式可减小焊缝气孔倾向。

焊接参数对焊缝气孔也有一定的影响,采用大的焊接电流配合较高的焊接速度对抑制气孔是有利的。

铝导管焊接时必须对环境湿度提出要求,大量试验表明在湿度较大的潮湿天气环境下进行焊接时,气孔问题是难以避免的。随着湿度的降低气孔

倾向逐渐减少。采用直接对接的接头形式,环境湿度大约在 40% 以下时,I 级焊缝气孔合格率可达到 100%。

5 结论

(1) 采用 MK-200 全位置焊管机对铝合金导管焊接必须进行严格的焊前清理,酸洗后平端口,尽可能多地去除接缝处的氧化膜,并且要求焊接环境相对湿度不能高于 40%,这样才能获得良好的焊缝内部质量。

(2) LF6 10 mm 导管采用加填充环的方法,焊缝成形及接头力学性能可达到 QJ 2865—97 I 级焊缝标准,I 级焊缝气孔合格率达到 75% ~ 85%。

(3) LF6 10 mm 导管不加填充环,采用背保护气加压方法改善焊缝成形,焊缝基本无凹陷,金相组织正常,内部质量及接头力学性能均达到 QJ 2865—97 I 级焊缝标准。环境湿度在 40% 以下时,I 级焊缝气孔合格率可达到 100%。

参考文献

- 1 周振丰. 金属熔焊原理及工艺. 北京:机械工业出版社,1983:138~165
- 2 周敏惠等. 焊接缺陷与对策. 上海:上海科学技术文献出版社,1984:142~176
- 3 John E. Hatch 主编,刘静安等译. 铝的性能及物理冶金. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1990:13~15

(上接第 52 页)

观察拉伸断口形貌可以发现,断口比较平齐,呈脆性断裂,没有发生纤维从基体中拔出现象,碳纤维都被基体铝合金牢牢地固结在一起。由此可见,在复合过程中纤维与基体之间产生了紧密接触,界面结合良好。这说明只要工艺参数选择适当,用热等静压法可以制备质量符合要求的 B/Al 复合型材。

4 结论

(1) 采用等离子喷涂法制取 B/Al 复合材料无纬布,以热等静压方法制备 B/Al 复合型材的技术方案切实可行,可一次成型多根形状复杂的常用形式的 B/Al 复合型材。

(2) 用热等静压法制备 B/Al 复合型材时,试验工装对整个试验的成败以及复合材料的质量均有重要影响。

(3) 实验过程中,热等静压工艺参数为温度 510 ~ 520、压力 70 MPa、保温时间 1.5 h ~ 2 h 时可以得到质量、性能良好的 B/Al 复合型材。

参考文献

- 1 冶金工业部金属研究所. 国外纤维增强金属基复合材料的发展. 1973:6~25
- 2 张国定,赵昌正. 金属基复合材料. 上海交通大学出版社,1996:26,175
- 3 曾汉民,李成功等. 高技术新材料要览. 中国科学技术出版社,1993:522,523,564,565
- 4 于琨,徐洪清等. 硼/铝型材的研制. 见:第三届全国复合材料学术会议论文集(第三册). 中国力学学会、中国航空学会、中国宇航学会,1984:711~719
- 5 库吉诺夫 B B [苏]. 等离子涂层. 科学出版社,1981:169