

Effect of Temperature on Mechanical Properties and Microstructure of Welded Joints of A6N01 Aluminum Alloys

Zhongchen Dai¹, Wentao Jin¹, Zhonghuang Yun¹, Jinjin Wu¹, Jingnan Sun¹, Guoqing Gou², Chao Qin²

¹CSR Nanjing Puzhen Co., Ltd., Nanjing Jiangsu

²College of Materials Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Email: daipeter@163.com

Received: May 22nd, 2017; accepted: Jun. 2nd, 2017; published: Jun. 9th, 2017

Abstract

The welded joints of A6N01 are fabricated at the temperature of -20°C, -10°C, 0°C and 20°C and the tensile strength, impact toughness, microhardness and microstructure were studied. The results showed that the temperature didn't change the tensile strength but affected the fracture location. The temperature affects the impact toughness in large amount. A lot of precipitate phases precipitated from the weld zone in the normal temperature but the much less precipitate phases with the decrease of the temperature, and the porosity and slag decreased too.

Keywords

A6N01 Aluminum Alloys, Temperature, Mechanical Properties, Microstructure

环境温度对A6N01铝合金焊接接头力学性能及微观组织的影响

戴忠晨¹, 金文涛¹, 云中煌¹, 吴金津¹, 孙景南¹, 苟国庆², 覃超²

¹南车南京浦镇车辆有限公司, 江苏 南京

²西南交通大学材料科学与工程学院, 四川 成都

Email: daipeter@163.com

收稿日期: 2017年5月22日; 录用日期: 2017年6月2日; 发布日期: 2017年6月9日

摘要

在 -20°C 、 -10°C 、 0°C 、 20°C 的温度条件下对A6N01铝合金焊接接头进行焊接,测试不同环境温度条件下焊接接头的拉伸强度,冲击韧性,硬度以及显微组织。研究表明,温度对A6N01铝合金对接接头的抗拉强度的数值影响不大,但是接头断裂的位置发生了变化,这可能需要引起重视。温度对A6N01铝合金对接接头的冲击韧性的数值影响较大。在常温情况下的焊缝中可以观察到较多的析出相,而随着温度下降,析出相逐渐减少,气孔和夹渣也较少。

关键词

A6N01铝合金,环境温度,力学性能,微观组织

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国国土面积辽阔,气候环境多样,高速列车无论是在生产过程还是在运行过程中均要经受复杂气候变化的考验。在铝合金车体MIG焊接过程中,环境温度、温度、风速等均对焊接接头的微观组织、常规力学性能以及疲劳性能等产生不可低估的影响。工厂采用控制环境条件,采用进口焊接装备与焊接材料,优化熔化焊接工艺等措施控制车体铝合金的焊接质量。但是还是存在焊接变形和应力严重,气孔较多,接头强度系数低等问题,制约了铝合金车体向更高速度的设计及运用。生产实践表明,车体铝合金焊接质量与焊接生产环境条件密切相关[1] [2] [3] [4] [5]。

本文对动车组常用车体铝合金材料A6N01焊接接头在不同的环境温度条件下进行焊接,研究在不同的环境温度条件下,焊接接头力学性能以及微观组织的变化,从而研究环境温度对焊接接头性能的影响。

2. 试验材料与方法

实验采用4 mm厚A6N01铝合金板材进行焊接,采用ER5356铝镁合金焊丝,焊丝的直径为 $\phi 1.2\text{ mm}$,选用氩气保护,纯度为99.99%。焊接后试件的尺寸为 $350\text{ mm} \times 220\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,焊缝宽度为20 mm,焊接工艺参数见表1所示。根据工厂的现场环境条件进行设计,设计焊接环境温度为 -20°C 、 -10°C 、 0°C 、 20°C 。

采用HV-10B维氏硬度计测量焊接接头各区域的硬度值,测量载荷为10 kg,载荷持续时间为15秒。采用WDW3100微机控制电子万能试验拉伸机上进行拉伸实验,拉伸速率为1 mm/min,试验机自动记录载荷位移曲线,测量接头的屈服强度、抗拉强度和延伸率。采用JBN-300摆锤式冲击试验机进行冲击试验。采用1%氢氟酸(HF)+1.5%盐酸(HCl)+2.5%硝酸(HNO₃)的混合酸溶液进行腐蚀,腐蚀时间为20~30秒,室温。然后在Zeiss A1M光学显微镜下观察母材、HAZ和焊缝的组织。

3. 试验结果与讨论

3.1. 不同温度条件下的焊接接头的拉伸强度

表2是不同温度条件下A6N01铝合金焊接接头的拉伸强度。

Table 1. Welding parameters**表 1.** 焊接工艺参数

材料厚度(mm)	道次	焊接电流(A)	焊接电压(V)	焊接速度(mm/min)
4	1	134~151	20.2~21.9	460~490

Table 2. Tensile strengths of A6N01 Aluminum alloys at different temperatures**表 2.** 不同温度条件下 A6N01 铝合金焊接接头拉伸强度

板厚/mm	接头形式	环境因素	抗拉强度/MPa	平均抗拉强度/MPa	断裂位置
		温度			
4	对接	-20℃	210	207	热影响区
			210		热影响区
			200		焊趾
			198		热影响区
			190		热影响区
			188		热影响区
		-10℃	205	热影响区	
			200	热影响区	
			200	203	热影响区
			205	熔合线	
			210	熔合线	
			200	205	熔合线
0℃	205	热影响区			
	205	热影响区			

由表 2 分析可知,当焊接环境温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时,以 0°C 为参考, -10°C 时的抗拉强度下降了 4.78%, -20°C 时抗拉强度升高了 1.97%。当焊接环境温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 时,以 0°C 为参考, 20°C 时抗拉强度升高了 0.99%。因此,总体分析,温度对 A6N01 铝合金对接接头的抗拉强度的数值影响不大,但是接头断裂的位置发生了变化,这可能需要引起重视。

3.2. 不同温度条件下的焊接接头的冲击韧性

表 3 是不同温度条件下 A6N01 铝合金焊接接头的冲击性能。

由表 3 分析可知,当焊接环境温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时,以 0°C 为参考, -10°C 时的冲击韧性下降了 9.77%, -20°C 时冲击韧性下降了 20.56%。当焊接环境温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 时,以 0°C 为参考, 20°C 时冲击韧性升高了 14.61%。。因此,总体分析,温度对 A6N01 铝合金对接接头的冲击韧性的数值影响较大。

3.3. 不同温度条件下的焊接接头的硬度

图 1 是不同温度条件下 A6N01 铝合金焊接接头的硬度分布曲线。

由图 1 可以看出,焊缝部位的硬度较低,随着远离焊缝中心的距离的增加,硬度上升。到最大值以后硬度开始下降,由于拉伸实验试件的断裂都在热影响区,所以推断软化区的硬度值会略低于焊缝。这是由于焊接热影响区是由于受到焊接热输入的影响而产生的, A6N01 铝合金焊接接头的热影响区分为淬火区和软化区。在淬火区,化合物大部分固溶到基体中,析出相较少;而在过时效区,出现了很多粗大的析出相,降低了接头的强度和塑性。

Table 3. Tensile strengths of A6N01 Aluminum alloys at different temperatures
表 3. 不同温度条件下 A6N01 铝合金焊接接头的冲击性能

板厚/mm	接头形式	环境因素		冲击吸收功/J	冲击韧性/(J/cm ²)
		温度			
4	对接	-20℃		20.14	20.17
				22.20	
				18.16	
		-10℃		22.37	
				23.50	
				22.87	
		0℃		27.41	
				25.35	
				23.40	
		20℃		30.11	
				28.67	
				28.51	

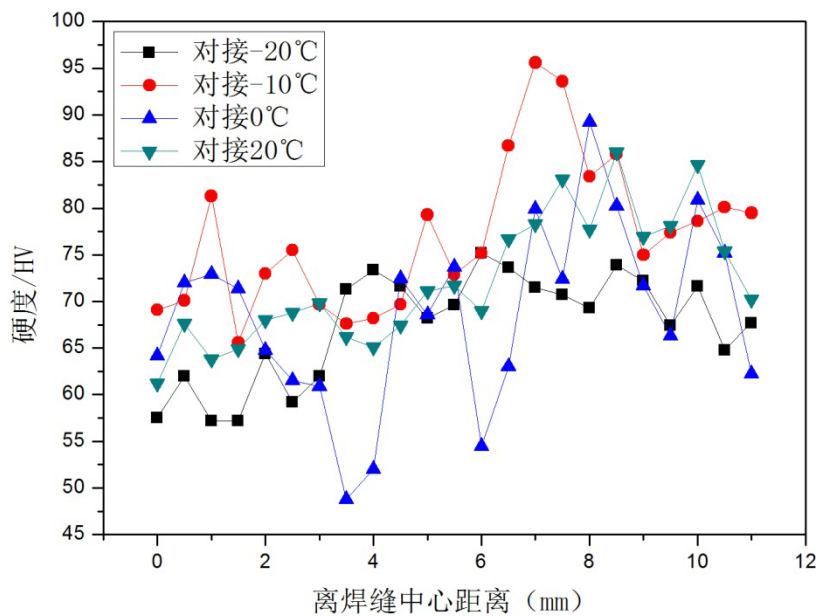


Figure 1. Curve: hardness distribution of A6N01 Aluminum alloys at different temperatures

图 1. 不同温度条件下 A6N01 铝合金焊接接头的硬度分布曲线

总体来说，当温度高于 0℃，即 20℃时，硬度的分布比较均匀。而当温度低于 0℃，硬度的变化起伏比较大，尤其是 0℃和-10℃的起伏比较大。

3.4. 不同温度条件下的焊接显微组织

图 2 是不同温度条件下焊接接头熔合区和焊缝的显微组织。

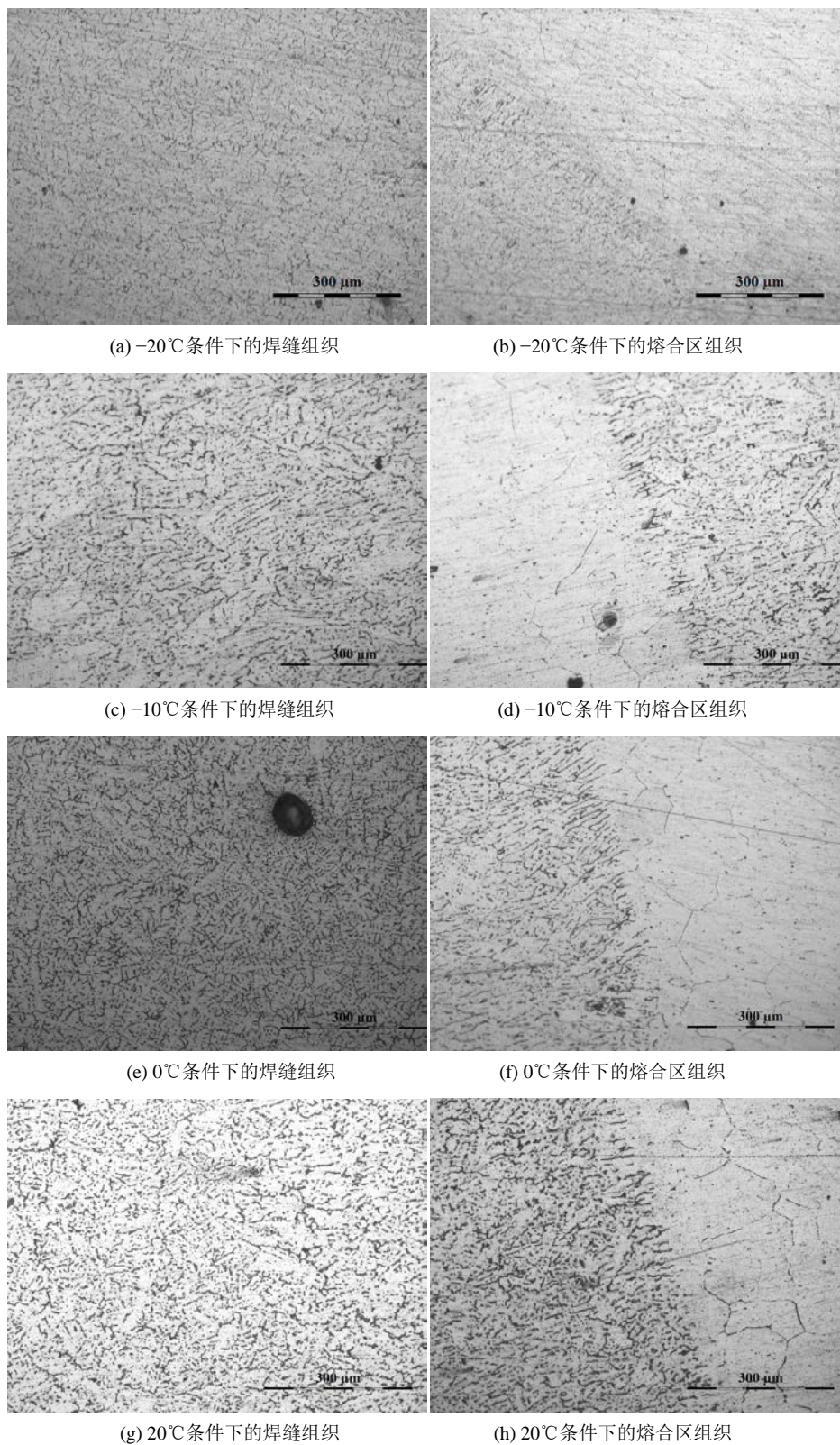


Figure 2. Microstructure of the fusion zone and the weld seam of A6N01 Aluminum alloys at different temperatures

图 2. 不同温度条件下焊接接头熔合区和焊缝的显微组织

从图 2 中可以看出, 焊缝区为铸态等轴晶组织。热影响区的晶粒粗大, 晶界不清晰, 有 Mg₂Si 强化相和少量杂质相析出, 随着温度的下降焊缝晶粒越细小。这之前硬度实验得出的结论: 随着温度的降低焊缝区的硬度越低相符合。在常温情况下的焊缝中可以观察到较多的析出相, 而随着温度下降, 析出相逐渐减少, 气孔和夹渣也较少。

4. 结论

- 1) 温度对 A6N01 铝合金对接接头的抗拉强度的数值影响不大, 但是接头断裂的位置发生了变化, 这可能需要引起重视。
- 2) 温度对 A6N01 铝合金对接接头的冲击韧性的数值影响较大。
- 3) 在常温情况下的焊缝中可以观察到较多的析出相, 而随着温度下降, 析出相逐渐减少, 气孔和夹渣也较少。

参考文献 (References)

- [1] Gou, G., Zhang, M., Chen, H., Chen, J., Li, P. and Yang, Y.P. (2015) Effect of Humidity on Porosity, Microstructure, and Fatigue Property of A7N01S-T5 Aluminum Alloy Welded Joints in High Speed Trains. *Materials and Design*, **85**, 309-317.
- [2] Zhu, X.K. and Chao, Y.J. (2002) Effects of Temperature-Dependent Material Properties on Welding Simulation. *Computers and Structures*, **80**, 967-976.
- [3] Jang, K.C. and Lee, D.G. (2005) Welding and Environmental Test Condition Effect in Weld Ability and Strength of Al Alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, **164-165**, 1038-1045.
- [4] Ashton, R.F., Wesley, R.P. and Dixon, C.R. (2003) The Effect of Porosity on 5086-H116 Aluminum Alloy Welds. *Welding Research*, **25**, 315-320.
- [5] Linder, J., Axelsson, M. and Nilsson, H. (2006) The Influence of Porosity on the Fatigue Life for Sand and Permanent Mould Cast Aluminum. *International Journal of Fatigue*, **28**, 1752-1758.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: met@hanspub.org