



热输入对6082铝合金带筋船板自动焊变形的影响

徐鑫 张明铭 郑永帅 王国强 王周兵 陆宏韬

【摘要】 本试验研究了热输入对船舶板用6082铝合金挤压型材焊接变形的影响。为了保证焊接检测合格,且尽量降低铝合金薄板的变形量,通过多次试验研究制定了最佳的焊接参数。最终生产出整体变形量小,表面质量、焊道质量合格及性能稳定的铝合金带筋船板,满足客户要求。

关键字: 铝合金船板; 焊接工艺; 变形量

1. 概述

6082铝合金金属Al-Mg-Si系可热处理强化铝合金,具有中等强度,良好的焊接性及耐腐蚀性,其T6状态具有较高的机械特性,广泛用于机械零部件、商务车辆、铁路结构件及造船等。

近十年来,由于世界航运事业对高速船的需求日益增多,铝合金船以自身重量轻的优势得到迅速的发展。铝合金的比重小、耐腐蚀,并具有适中的机械性能,用于船舶可增加船舶的航速,减小船舶的重量,改善船舶的稳定性,是一种较为理想的造船材料。

铝合金焊接结构应用于造船的主要障碍之一是焊接变形难以控制。铝合金的线膨胀系数大,是钢的2.5倍,弹性模数低,仅为钢的1/3,导热系数相对于钢高很多。因此,铝合金焊接易产生较大的变形,铝合金工件的焊

接变形按基本变形的形式可分为纵向变形、横向变形、弯曲变形、角变形、波浪变形和扭曲变形等几种;按焊接结构的变形形式可分为局部变形和整体变形。焊接结构的局部变形是指其某一部分发生的变形,它主要包括角变形和波浪变形两种,这种变形对结构一般影响较小,也易于矫正。焊接结构的整体变形是指整体发生形状和尺寸的变化,它包括纵向和横向变形、弯曲变形、扭曲变形等,这种变形对结构影响比较大也难以矫正,因此研究控制铝合金焊接变形对保证产品质量起重要作用。本试验主要研究热输入对铝合金焊接变形的影响。

2. 试验过程

本试验选取90MN油压双动卧式铝挤压机生产的壁厚为3mm的铝合金型材,型材断面如图1所示,其合金状态为6082-T6,化学成分符合GB/T3190—2008

要求,如表1所示。

试验将4块长度为8m的薄板进行组对,组对后焊缝接头形式如图2所示。使用奥地利进口IGM六轴双机头自动焊机进行焊接(采用双丝焊接),焊丝选用进口ER5087铝合金焊丝,焊丝直径1.2mm,保护气体采用高纯氩(99.999%),采用分步退焊法进行焊接,焊道顺序及方向如图3所示。经检测,母材力学性能符合GB/T6892—2006要求,性能如表2所示。

3. 试验方案

将船板组对成功以达到焊缝位置无缝隙后进行点焊,将压铁压在船板表面以改善焊接产生的应力变形。焊道表面打磨处理后,分别采用表3所示三种焊接参数进行焊接,统一使用分步退



图1 型材断面示意

表1 船板用6082铝合金化学成分 (质量分数) (%)

项目	Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Cr	Ti	Zn
标准	0.7~1.3	0.6~1.2	≤0.5	≤0.1	0.4~1.0	≤0.25	≤0.10	0.20
试验料	1.0	0.9	0.14	0.02	0.6	0.01	0.02	0.06

表2 母材力学性能

试样编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)
1	273.2	304.4	12.6
2	280.5	312.9	13.6
GB/T 6892—2006	250	290	6

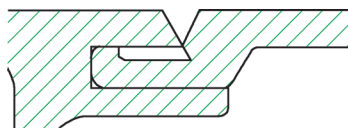


图2 焊接接头形式

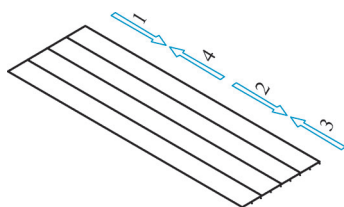


图3 薄板组对立体图及焊道焊接顺序

焊法。每焊完一条焊道，等到船板完全冷却后开始焊接下一条焊缝。所有焊缝焊接完成后撤下压铁，测量变形量。根据标准EN15614-2—2005进行取样，测量相应参数下的低倍情况及焊缝力学性能，综合比较后确定最佳焊接参数。

4. 试验结果及分析

(1) 变形产生机理 焊接时的局部不均匀热输入是产生焊接应力与变形的决定性因素。热输入是通过材料因素、制造因素和结构因素所构成的内拘束度和外拘束度而影响热源周围的金属运动，最终形成焊接应力与变形。材料因素主要包含有材料特性、热物理常数及力学性能；在焊接温度场中，这些特性呈现出决定热源周围金属运动的内拘束度。制造因素和结构因素则更多地影响热源周围金属运动的外拘束

度。

焊接应力与变形时因多种因素交互作用而导致的结果。

(2) 试验结果及分析 采用如表3所示9组参数进行焊接，每组参数焊接一整块板。试验过程中，除焊接参数外，保证外部环境基本一致。焊接结束后，撤下压铁，测量最大变形量，根据标准进行取样，取样后进行焊道性

能检测。

热输入的大小由焊接速度、焊接所采用的电流、电压及母材决定，与电流、电压成正比，与焊接速度成反比。焊接接头的热输入量大，焊接熔化效率就高，但是，也使焊接接头的热影响区增大，其主要影响就是使焊接接头产生应力和变形的可能性也增大了；焊接接头的热输入量小，导致焊缝不能完全熔透，焊道不合格。经低倍检测后，发现第1、4、7、8组由于热输入太小导致焊缝没有完全熔合，出现宏观裂纹，焊道不合格，其余5组低倍显示无缺陷。排除完全熔合的焊道，其余5组焊接参数导致的最大变形如表4所示。

试验发现，焊接热输入越大，焊接产生的变形越大，当热输入大致相同时，焊接速度越慢，产生的热冷却越慢，产生的变形越大。但当速度达到最大值时，继续加快焊接速度会导致焊道出现咬边等缺陷，导致焊道检测不合格。

根据标准进行取样，将所取试样加工成拉伸试样板后进行力

表3 焊接参数

试验编号	功率/kW		焊接速度/cm·min ⁻¹	焊接热输入/J·mm ⁻¹	
	前丝	后丝		前丝	后丝
1	62	52	95	3132	2627
2	68	58	95	3436	2931
3	74	64	95	3739	3234
4	62	52	100	2976	2496
5	68	58	100	3264	2784
6	74	64	100	3552	3072
7	62	52	105	2834	2377
8	68	58	105	3109	2651
9	74	64	105	3383	2926

表4 最大变形量及焊后试样力学性能

序号	标准/MPa	2	3	5	6	9
最大变形量/mm	—	28	31	20	26	16
屈服强度/MPa	125	168.2	134.1	187.3	173.5	165.4
抗拉强度/MPa	275	312.2	286.9	324.8	315.7	305.7

学性能检测（见表4），检测结果均满足试验要求。

5. 结语

（1）在保证焊缝完全熔合的前提下，焊接热输入越大，抗拉强度相应较小；热输入越小，抗拉强度越大。

（2）焊接热输入越大，产生的变形越大；热输入相同时，焊接速度越慢，产生的变形量越大。

综上所述，试验所得最佳焊接参数为前丝74W，后丝64W，焊接速度为105cm/min，焊接后

的薄板变形最小且力学性能符合标准。

参考文献：

- [1] 杨贵臣,邱铁男.铝合金船焊接变形的控制[C].会议论文, 2004.
- [2] 邵松林.铝合金焊接在铝合金船上的应用[C].会议论文, 1998.
- [3] 周万盛,姚君山.铝及铝合金的焊接[M].北京:机械工业出版社, 2005.

作者简介：徐鑫等，辽宁忠旺集团有限公司。MW 20161129

（上接第71页）

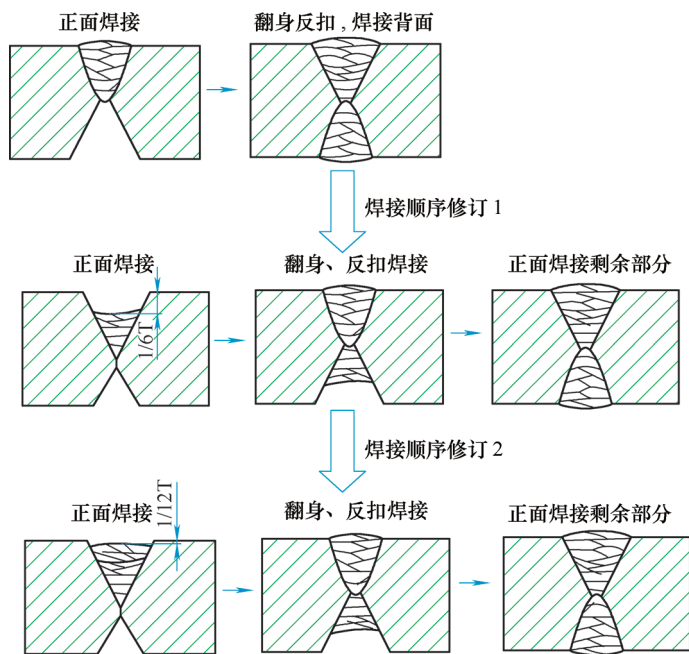


图3 焊接顺序的修改

挥了单双丝的优点，同时避免了双丝焊对于角度较小，深度过深焊接不良的缺点，提高了一定的焊接效率，同时又最大程度地保证了焊接质量。

4. 结语

（1）通过现场的工艺修订，焊后变形量基本可以控制在12mm以内，变形方向为正面焊缝下凹，这个变形量在正面安装

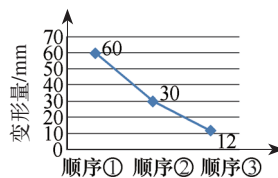


图4 不同焊接顺序的变形趋势

纵骨并进行焊接后会有一定范围进行缩小约至6mm，最终满足整体变形要求。

（2）利用合理的焊接顺序、焊道布置和坡口设置，控制焊接参数，合理利用双丝焊是可以使自由状态下的厚板双面拼板达到变形平衡状态。

（3）在设定合理的工艺流程后，厚板双面坡口的设计和下料同时影响到碳刨和焊缝的填充量，对于焊接质量控制起到关键作用。

作者简介：江泽新等，广船国际有限公司。MW 20161129