

# 厚板铝合金水火弯板工艺研究

郭小辉, 景宝全, 晏阳阳, 张建超, 徐希军

(中国船舶重工集团公司第七二五研究所, 河南 洛阳 471023)

**摘要:** 研究了 10 mm 5083 铝合金水火弯板技术工艺, 讨论了加热温度、加热区域、火焰行速、水火距离等参数对铝板晶粒度、腐蚀性能、力学性能的影响, 并最终确定了合适的水火弯板(矫正)的工艺。

**关键词:** 水火弯板; 厚板; 铝合金

中图分类号: TG 146.2 文献标识码: A

## Technics of Fire and Water Rectification for Thick Plate of Aluminium Alloy

GUO Xiao-hui, JING Bao-quan, YAN Yang-yang, ZHANG Jian-chao, XU Xi-jun

(Luoyang Ship Material Research Institute, Luoyang 471023, China)

**Abstract:** This paper introduce a technics of fire and water rectification test for 5083 aluminium alloy of 10 mm thickness. On basis of analysis of crystal grain, corrosive capability and mechanical properties, the heating temperature, heating area, fire speed, the distance of fire and water were discussed and a fire and water rectification technics for aluminium alloy were determined.

**Keywords:** fire and water rectification; thick plate; aluminium alloy

铝镁合金具有密度小、比强度高、耐海水腐蚀、焊接性能好、无磁性及良好的低温性能等特点, 被广泛应用于建造各类船舶。铝板成形或矫正一般采用机械或火工两种方法, 前者多用于平板。水火弯板或矫正具有效率高, 板材不易过热等优点, 因此成为主要的成形或矫正手段<sup>[1]</sup>。5083 铝合金(H 态)再结晶温度低且 β 相不同形态及分布会影响铝材性能, 火工温度不易控制。摸索出适合 5083 铝合金的水火弯板(矫正)工艺方法是保证铝材性能、建造质量, 提高生产效率的有效途径。

因此, 本文着重研究加热温度对 10 mm 5083 铝板晶粒度、腐蚀性能、力学性能的影响, 试验合适的火焰行速、水火距离、加热区域等参数。

### 1 试验材料及方法

#### 1.1 试验材料

本试验选用 10 mm 的 5083 铝合金板材, 大小

约为 500 mm × 1 000 mm, 铝板化学成分见表 1。

表 1 5083 铝板化学成分

Table 1 Chemical element of 5083 plates(w) %

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
0.06	0.19	0.02	0.66	4.8	0.05	0.01	0.01

#### 1.2 试验方法

分别在 200、300、400 °C 3 个温度条件下进行水火弯板试验, 并对 3 个条件所得试样进行常规力学性能试验、晶粒度检测和剥落腐蚀试验, 以测试加热温度对铝材性能、晶粒度和腐蚀性能的影响。通过实际操作试验确定火焰大小、行速、水火距离等参数。

### 2 试验过程简述

#### 2.1 试验仪器和工具

水火弯板、矫正所用工具为氧-乙炔焊(割)

收稿日期: 2012-08-20

基金项目: 国防科工局重工项目子专项(JK110801)

作者简介: 郭小辉, 男, 1981 年生, 硕士, 工程师, 现从事有色金属工艺研究。

枪、输水管,可调节水速的水枪(可选用紫铜管或不锈钢管配合水龙头制作),成形样板,卡兰等。

2.2 试验操作过程

试验前,先熟悉根据火焰大小、加热时间、被加热铝板部位的颜色变化等判断铝板温度<sup>[2-3]</sup>。烤枪尽量沿直线行走,速度要均匀,烤枪枪嘴离试板表面 15 mm 左右<sup>[4]</sup>,水枪紧跟烤枪防止局部温度升高过快超过预定范围。在加热区域背面测量温度。因铝板传热快,加热面和背面温差可

能不大。过程记录见表 2。

3 试验结果及分析

对 3 种温度水火弯板工艺得到的试板取样并分别进行常规拉伸力学性能测试、晶粒度检测及剥落腐蚀试验。力学性能测试结果见表 3,晶粒度检测结果见图 1,剥落腐蚀试验结果见图 2。

表 2 水火弯板工艺记录

Table 2 Parameter of fire and water rectification for thick plate

Item	Temperature of heating/°C	Temperature of back plate/°C	Speed /mm/min	Heating times	Temperature of after water cooling /°C	Colour of heating surface	Angle
Technics for 200 °C	180 ~ 220	160 ~ 190	130 ~ 150	5	50 ~ 60	no change	10°
Technics for 300 °C	280 ~ 320	260 ~ 300	90 ~ 110	5	60 ~ 80	canary	20°
Technics for 400 °C	400 ~ 430	380 ~ 400	60 ~ 80	5	70 ~ 80	yellow black of local	15°

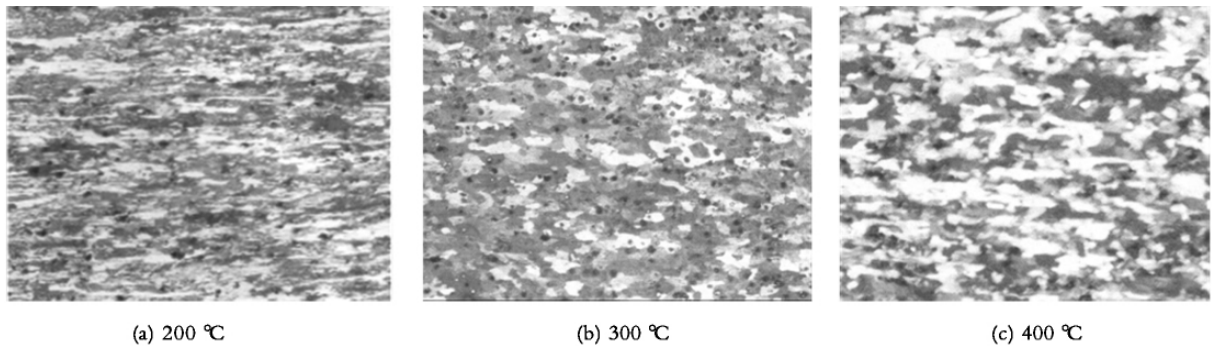


图 1 3 种温度水火弯板工艺试样晶粒度测试

Fig. 1 Granularity of the samples rectified at different temperature

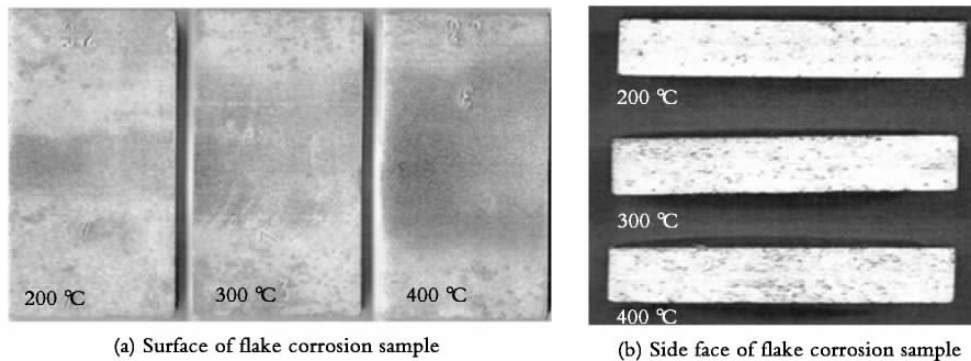


图 2 3 种温度水火弯板工艺试样剥落腐蚀后形态图

Fig. 2 Flake corrosion samples rectified at three temperature

表3 10 mm厚5083铝板200℃、300℃、400℃水火弯板试样拉伸力学性能

Table 3 Mechanical properties of fire and water rectified 5083 plate

Samples	$R_m$ /MPa	Average $R_m$ /MPa
Base material	340 350 340	343.3
200℃ rectified	340 345 345	343.3
300℃ rectified	320 335 330	328.3
400℃ rectified	335 315 320	323.3

由试验结果可以看出:

(1) 200℃左右进行水火弯板对10 mm厚5083铝板拉伸性能无明显影响,加热后表面颜色无明显变化,正面角变形10°,晶粒度与原始试板组织基本相同。剥落腐蚀试验表明,试样表面及侧面发生明显点蚀,没有剥落腐蚀现象。腐蚀评级为PB级。

(2) 300℃左右进行水火弯板,校正部位拉伸力学性能有所下降, $R_m$ 下降4.4%,加热后表面颜色呈淡黄色,正面角变形20°。金相试验表明,该温度下已发生再结晶,呈等轴晶粒,晶粒度级别为6.5级。剥落腐蚀试验表明,试样表面及侧面发生明显点蚀,且两个端面腐蚀比较严重,特征为不连续的线状,没有剥落腐蚀现象,腐蚀评级为PC级。

(3) 400℃左右进行水火弯板,加热后表面颜色呈黄色,局部黑色,反面角变形15°,拉伸力学性能有所下降, $R_m$ 下降5.8%。金相试验表明,该温度下已发生再结晶,呈等轴晶粒,晶粒度级别为6.0级。剥落腐蚀试验与300℃左右水火弯板试样相近,腐蚀评级为PC级。

## 4 结论

(1) 200℃左右进行水火弯板5次可以使10 mm厚5083铝板发生10°角变形,而材料的力学性能和晶粒度及耐腐蚀性能均没有明显降低。

(2) 300℃左右进行水火弯板5次可以使10

mm厚5083铝板发生20°角变形,但力学性能下降,晶粒变得粗大,耐腐蚀性能下降。

(3) 水火弯板最佳温度应该在200至300℃之间。

参考文献:

- [1] 唐伟,杨澍,许江淳. 数控水火弯板机及其工艺发展现状[J]. 材料开发与应用, 2010, 25(3): 75—78.  
Tang W, Yang S, Xu J C. Progress in Numerical Control Device of Line Heating and Technology [J]. Development and Application of Materials 2010, 25(3): 75—78.
- [2] 张雪彪,纪卓尚,刘玉君,等. 火弯板成形因素对横向收缩量的影响[J]. 船舶力学, 2006, 10(2): 111—119.  
Zhang X B, Ji Z S, Liu Y J *et al.* Effect of line heating factors on transverse shrinkage generated by line heating [J]. Journal of Ship Mechanics, 2006, 10(2): 111—119.
- [3] 张雪彪,纪卓尚,刘玉君,等. 水火弯板成形因素对角变形的影响[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40(6): 1010—1014.  
Zhang X B, Ji Z S, Liu Y J *et al.* The Effect of Line Heating Factors on Angular Deformation Generated by Line Heating [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University 2006, 40(6): 1010—1014.
- [4] Henrik B C. Numerical methods for plate by line heating [J]. Ship Technology Research, 2004, 47: 102—109.

(编辑: 房威)