

5B01 铝合金方管型材的热挤压温度试验

蹇海根^{1,2}, 谢幸儿², 尹志民³, 胡曼弘², 姜 锋³

(1. 湖南工业大学 冶金工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 银宇控股集团, 浙江 杭州 311255;
3. 中南大学 材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 用低倍宏观观察、高倍扫描电镜微观组织观察和断口形貌观察等方法, 对 5B01 铝合金方管型材内外表面、外角、焊缝以及力学拉伸断口进行观察, 研究了挤压温度对型材挤压质量的影响。结果表明: 该合金在 430 ℃ 时挤压加工, 方管型材的内外表面质量好, 外角无裂纹, 焊合效果良好, 型材整体塑性较好, 呈韧性断裂, 而且具有较好的基本力学性能, 抗拉强度、屈服强度和延伸率分别为 335 MPa, 138 MPa 和 26%。

关键词: 5B01 铝合金; 挤压温度; 开裂; 焊缝

中图分类号: TG379

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)04-0009-04

Extrusion Temperature Test for 5B01 Aluminum Alloy Square Tube

Jian Haigen^{1,2}, Xie Xing'er², Yin Zhimin³, Hu Manhong², Jiang Feng³

(1. School of Metallurgical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;
2. Yinyu Holding Group, Hangzhou 311255, China;
3. School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The internal and external surface, exterior angle, welding seam and tensile fracture surface of 5B01 aluminum alloy square tube are investigated by means of macrostructure, scanning electron microscopy and fracture morphology observation, and the extrusion temperature effect on the quality of profile extrusion is studied. The results reveal that the internal and external surface are in good quality and the exterior angle achieves good welding results without any fracture at 430 ℃ extrusion treatment, meanwhile it has good plasticity, shows ductile fracture, and its tension strength, yield strength and elongation rate are 335 MPa, 138 MPa and 26% respectively.

Keywords: 5B01 aluminum alloy; extrusion temperature; cracking; weld seam

0 引言

5B01 铝合金属于 Al-Mg 系, 以 Mg 为主要添加元素。合金中添加 Mn 或 Cr, 能改善其抗蚀性和可焊性, 提高其强度, 但合金中的 Cu, Zn, Fe 和 Si 是杂质应加以限制^[1-2]。工业用 Al-Mg 合金成分变化较大, 变形 Al-Mg 合金中 Mg 的质量分数为 2%~10%。质量分数小于 3 % 的合金稳定性高, 合金的 β

(Mg_2Al_3) 相不会在晶界处形成 β 网膜, 对应力腐蚀和剥落腐蚀不敏感。随 Mg 质量分数的增加, 其塑性和抗蚀性明显下降^[3-4]。5B01 铝合金耐蚀性好, 中等强度, 焊接性好, 常用作舰艇的板材和结构件^[5-6], 市场多以板、管、线材供应。本文结合生产实际, 试验研究了不同热挤压温度对 5B01 铝合金方管型材的影响, 以确定最适宜的热挤压温度。

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 银宇控股集团博士后基金资助项目 (2011-KYY-05)

作者简介: 蹇海根 (1980-), 男, 湖南衡阳人, 湖南工业大学讲师, 博士, 主要从事新型铝合金研究,

E-mail: jianhaigen2001@163.com

1 试验

1.1 试验材料制备

5B01 铝合金铸锭采用纯铝、纯镁和以中间合金

形式加入的锰、铬和钛自行熔铸而成。浇铸前取样进行化学成分分析，成分合格后浇铸。试验用 5B01 铝合金的名义成分和实测结果见表 1。

表 1 5B01 铝合金化学成分

Table 1 The chemical composition of 5B01 aluminum alloy

成 分		Mg	Mn	Cr	Ti	Zr	Fe+Si	Cu	Zn	其它		Al
										单个	合计	
质量分数	标准	5.20~6.20	0.30~0.70	0.10~0.20	0.15	0.10~0.20	≤ 0.40	0.10	0.25	≤ 0.05	≤ 0.15	Bal.
	实测	5.73	0.49	0.15	0.15	0.11	0.29	0.04	0.12	< 0.05	< 0.15	Bal.

合金熔炼温度控制在 720~760 ℃，采用氩气精炼除气，静置后热顶铸造成直径为 120 mm 的铸锭，锯切后长度为 380 mm。铸锭均匀化在电阻炉中进行，470 ℃保温 16 h 处理后，喷水冷却车皮备用。

1.2 挤压工艺

均匀化处理后的铸锭分别在 400、430、460 和 490 ℃ 下保温 6 h，然后在 800 t 卧式挤压机上进行方管型材挤压，挤压速度为 40 mm/s。热挤压后的 5B01 铝合金方管型材规格为 25 mm × 25 mm，壁厚为 2.0 mm。对不同温度下挤压出来的方管型材的力学性能和组织结构进行测试和分析。

1.3 性能测试

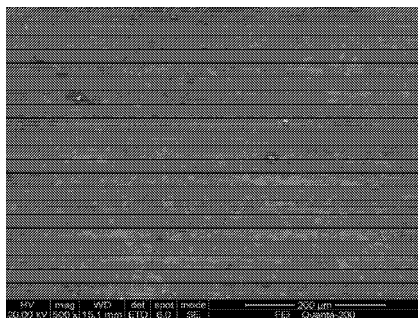
不同挤压温度下，铝合金方管型材整体形貌及焊缝低倍观察在德国产 NEOPHOT-21 大型金相显微镜上进行；高倍扫描实验在 Sirion 场发射扫描电镜上进行；力学性能拉伸试验在 CSS-44100 型万能测量试验机上进行。重点观察部位是型材的内外表面、外角以及拉伸试样断口。

2 试验结果与分析

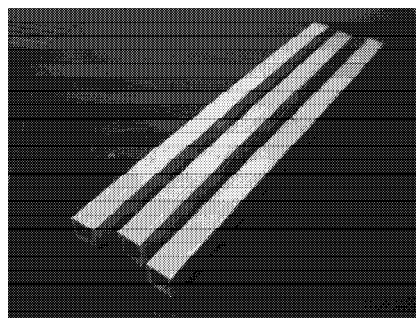
2.1 不同温度下挤压的方管型材形貌

1) 当温度为 400 ℃ 时，由于温度过低造成变形抗力大而挤不动，挤压不能顺利进行。

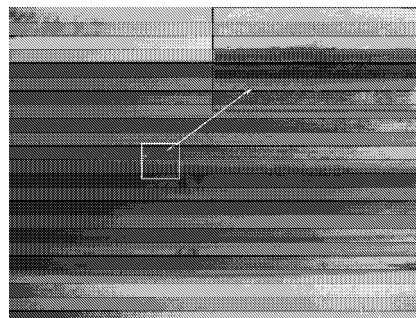
2) 当温度为 430 ℃ 时，挤压出来的方管型材形貌观察结果如图 1 所示。



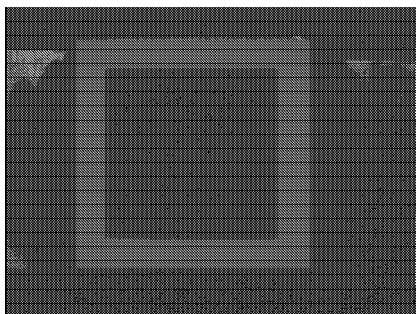
a) 内表面



b) 整体效果



c) 外角



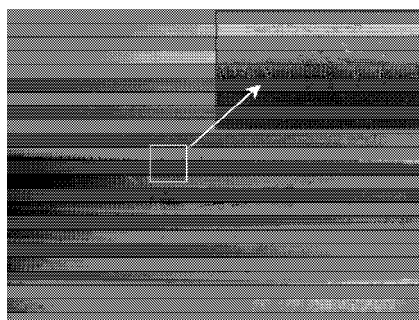
d) 焊缝

图 1 430 ℃ 时挤压的方管型材形貌

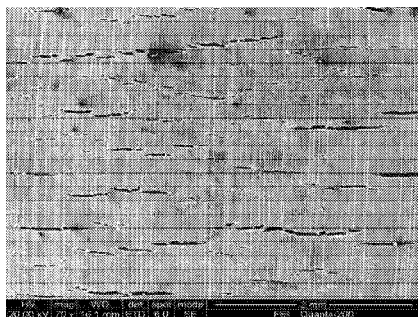
Fig. 1 The morphology of square tube extruded at 430 ℃

由图可知，方管内外表面光亮，没有出现龟裂和明显擦伤现象；方管外角也没有出现开裂现象；横截面 4 条焊缝线清晰可见，呈灰白色，焊合效果良好。

3) 当温度为 460 ℃ 时，挤压出来的方管型材形貌观察结果如图 2 所示。



a) 外角处



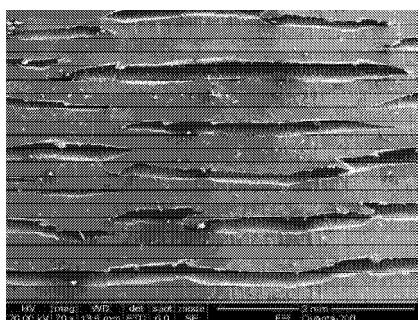
b) 内表面

图2 460 °C时挤压的方管型材形貌

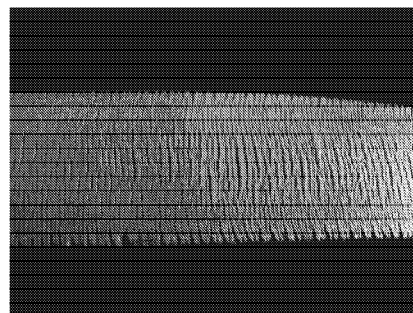
Fig. 2 The morphology of square tube extruded at 460 °C

由图2中的图a)可以看出, 方管型材的外角位置出现开裂, 开裂方向与挤压方向垂直。采用扫描电镜进行高倍观察发现, 裂纹短而深, 呈典型的晶界开裂且裂纹间距基本相等。这可能是由于挤压时表面产生拉应力造成的。由图2中的图b)可知, 方管型材的内表面出现明显的断续开裂, 裂纹长短不一, 且有明显的条状擦伤痕迹。这主要是由于挤压时合金材料发生两向压缩一向延伸的变形, 与挤压工具之间发生相对运动, 产生较大的摩擦阻力造成穿孔针表面粘铝, 使穿孔针与变形合金间的摩擦变成同种合金之间的摩擦, 从而破坏了管材内表面, 造成擦伤^[7-8]。

4) 当温度为490 °C时, 挤压出来的方管型材形貌观察结果如图3所示。



a) 内表面



b) 外表面

图3 490 °C时挤压的方管型材形貌

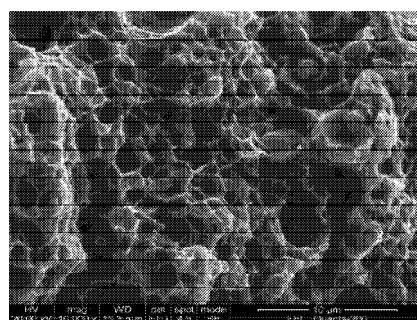
Fig. 3 The morphology of square tube extruded at 490 °C

由图可知, 由于挤压温度过高, 挤压不连续, 方管型材出现断节、龟裂。与460 °C时相比, 挤压型材的内外表面开裂更严重。

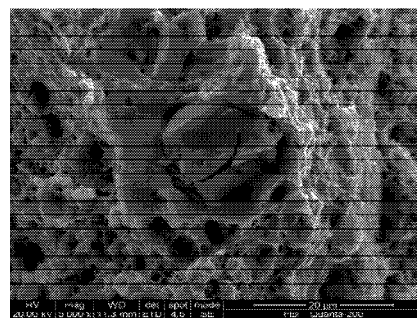
2.2 方管型材的性能

比较2.1中的结果可知, 430 °C是5B01铝合金方管型材的最佳热挤压温度。对此温度下挤压的方管型材进行常温拉伸力学性能测试, 测试结果是: 抗拉强度为335 MPa, 屈服强度为138 MPa, 延伸率为26%, 3项指标均达到了方管型材的试验目标值。

5B01 方管型材的拉伸断口形貌如图4所示。



a) 韧窝断口



b) 破裂粒子

图4 5B01 铝合金方管型材断口形貌

Fig. 4 The fracture morphology of 5B01 aluminum alloy square tube

由图可知, 断口形貌以韧窝为主, 呈韧性断裂,

韧窝大小不完全均匀,有一些韧窝大且深,同时在韧窝内还有破裂的粒子。这说明该合金方管型材的整体塑性较好。对破裂的粒子经能谱分析确定为 Al-Mg 化合物 β (Mg_2Al_3) 相,由于存在的沿晶沉淀倾向和弥散度的限制,该化合物粒子对合金强度的贡献不大。

3 结语

在确定挤压速度等条件下,对 5B01 铝合金方管型材的热挤压温度进行试验研究,结果表明:当热挤压温度为 430 $^{\circ}\text{C}$ 时,型材质量好,基本力学性能达到生产要求的试验目标。因此,430 $^{\circ}\text{C}$ 是 5B01 铝合金方管型材的最佳挤压温度。

参考文献:

- [1] 王祝堂,田荣璋. 铝合金及其加工手册[M]. 2 版. 长沙:中南大学出版社,2000: 14-15.
Wang Zhutang, Tian Rongzhang. Aluminum Alloy and Its Processing Manual[M]. 2nd ed. Changsha: Central South University Press, 2000: 14-15.
- [2] 王祝堂,王殿楹,王真超. 铝合金的新型合金元素添加剂及其添加方法[J]. 轻合金加工技术,2000,28(9): 15-19.
Wang Zhutang, Wang Dianying, Wang Zhenchao. New Alloying Element Additive for Aluminium Alloy and Its Adding Method[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2000, 28(9): 15-19.
- [3] 唐明君,吉泽升,吕新宇. $5 \times \times \times$ 系铝合金的研究进展[J]. 轻合金加工技术,2004, 32(7): 1-7.
Tang Mingjun, Ji Zesheng, Lü Xinyu. The Research Progress of $5 \times \times \times$ Aluminum Alloy[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2004, 32(7): 1-7.
- [4] 阎维刚,王继成. 7001 铝合金薄壁管材工艺研究[J]. 铝加工,2010(3): 35-37.
Yan Weigang, Wang Jicheng. Research on Process for Thin-Walled Tubes of 7001 Aluminum Alloy[J]. Aluminum Fabrication, 2010(3): 35-37.
- [5] 单长智,王贵福,迟福全. 提高 5A06 铝合金 $\Phi 720$ mm 铸锭质量的研究[J]. 轻合金加工技术,2002,30(2): 16-18.
Shan Changzhi, Wang Guifu, Chi Fuquan. Research about Upgrading Quality of 5A06 Aluminum Alloy $\Phi 720$ mm Ingot[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2002, 30(2): 16-18.
- [6] 《轻金属材料加工手册》编写组. 轻金属材料加工手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1976: 51-57.
The Drafting Group for "Light Metals Processing Manual". Light Metals Processing Manual[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1976: 51-57.
- [7] 宋禹田,赵海滨. 铝合金挤压管材内擦伤的分析[J]. 轻合金加工技术,2005, 33(1): 38-41.
Song Yutian, Zhao Haibin. Studying on the Scratch in Extruding Aluminum Alloy Pipe[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2005, 33(1): 38-41.
- [8] 姚若浩. 金属压力加工中的摩擦与润滑[M]. 北京:冶金工业出版社,1990: 23-44.
Yao Ruohao. Friction and Lubrication during Metal Pressure Processing[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1990: 23-44.

(责任编辑: 邓光辉)