DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.07.007

均匀化处理对6061铝合金棒材显微组织影响研究

谭国寅[1,2],张建宇[3],胥福顺[1,2],李　恒[1,2],孙彦华[1,2],岳有成[1,2],陈　越[1,2],冯绍棠[1,2]

(1. 昆明冶金研究院,云南 昆明 650031; 2. 共伴生有色金属资源加压湿法冶金技术国家重点实验室,云南 昆明 650031; 3. 云南云铝泽鑫铝业有限公司,云南 曲靖 655500)

摘　要:应用金相显微镜和SEM研究了均匀化处理后6061铝合金的显微组织,结果表明铸态组织晶界上有较多的粗大析出相粒子。经过均匀化处理后,晶粒尺寸显著增加。存在的网状非平衡相和枝晶组织也已经基本回溶至铝基体内,晶界上的粗大析出相粒子数量有所减少。SEM分析表明,铸态中存在的析出相粒子是细长针状的Al(MnFe)Si相,经过均匀化处理后,针状Al(MnFe)Si相开始分段断裂,部分回溶至基体内,残留部分表现出球化特征。该类析出相粒子的存在有利于提高合金强度和塑性,提高了产品的后续加工性能。

关键词:均匀化处理;6061铝合金;显微组织;析出相粒子

中图分类号:TG166　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)07-0627-03

Study of Homogenization Treatment on Microstructure of 6061 Aluminum Alloy Rod

TAN Guoyin[1,2], ZHANG Jianyu[3], XU Fushun[1,2], LI Heng[1,2], SUN Yanhua[1,2], YUE Youcheng[1,2], CHEN Yue[1,2], FENG Shaotang[1,2]

(1. Kunming Metallurgical Institute, Kunming 650031, China; 2. State Key Laboratory of Pressure Hydrometallurgical Technology of Associated Nonferrous Metal Resources, Kunming 650031, China; 3. Yunnan Aluminium Zexin Co., Ltd., Qujing 655500, China)

Abstract: Using metallographic microscope and SEM studied the microstructure of 6061 aluminum alloy after homogenization treatment. The results show that there are many coarse precipitate particles observed on the grain boundary of as-casted microstructure. After homogenization treatment, the grain size increases remarkably. The existing network non-equilibrium phase and dendritic structure dissolved back into the aluminum matrix substantially, and the amount of coarse precipitate particles on the grain boundary is reduced. SEM analysis shown that the precipitated phase particles in the as-casted alloy were slender needle-like Al(MnFe)Si phase. After homogenization treatment, the needle-like Al(MnFe)Si phase started to be broken and partially dissolved into the matrix, while the residual portion exhibited spheroidization characteristics. The existence of such precipitated phase particles is good to improve the strength and plasticity of the alloy and the subsequent processing ability of the product.

Key words: homogenization treatment; 6061 aluminum alloy; microstructure; precipitated phase particles

6061铝合金是一种性能优异的铝-镁-硅系合金,具有良好的塑性和较高的强度,焊接性能良好,无应力腐蚀开裂倾向,并且易于抛光、上色膜容易、氧化效果极佳,在建筑行业及装饰装潢等领域得到了广泛应用,在交通运输行业也有大量6061加工材得到使用[1,2]。

目前国内外学者对6061铝合金板材的生产工艺及热处理制度进行了大量的研究[3-5],但对挤压材坯料的均匀化处理及其显微组织研究较少。均匀化处理是铝合金材料生产中的一个重要工艺,作为铝合金加工前的预备工序,对整个加工过程及产品性质具有很大的影响[6]。本试验主要研究了均匀化处理对6061铝合金棒材显微组织的影响,旨在优化坯料棒材质量,提高成品挤压材性能。

1　实验材料及方法

本文研究的原材料从ϕ254 mm×8 000 mm的6061铝合金棒材上截取,合金成分如表1。该批次棒材在云南云铝泽鑫铝业有限公司引进的挪威海德鲁铸造系统上进行生产。该系统包括Hycast RAM除碱系统、Hycast I-60 SIR在线精炼除气装置、负压真空铸造系统(LPC)以及垂直铸造机(CMV)等,该系统生产的产品具有组织均匀、表面质量高等优点,生

收稿日期:2019-11-26

基金项目:云南省重大科技专项计划(2018ZE005)

作者简介:谭国寅(1986-),湖南衡阳人,工程师.主要从事金属材料加工方面的工作.E-mail:80982250@163.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 6061铝合金成分 w(%)
Tab.1 The chemical component of 6061 aluminum alloy

Si	Cr	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Al
0.75	0.12	1.10	0.15	0.70	0.30	0.25	余量

产的 6061 铝合金棒材如图 1。

实验所采用的均匀化处理工艺为 560 ℃×12 h。热处理后的试样在蔡司 Axiovert 200 光学显微镜上进行金相显微组织观察,显示金相组织所用腐蚀剂为 HF1 mL+HCl 1.5 mL+$HNO_3$2.5 mL+H_2O95 mL。在 SEM 上进行析出相粒子的微观形貌及成分分析。

2 实验结果与分析

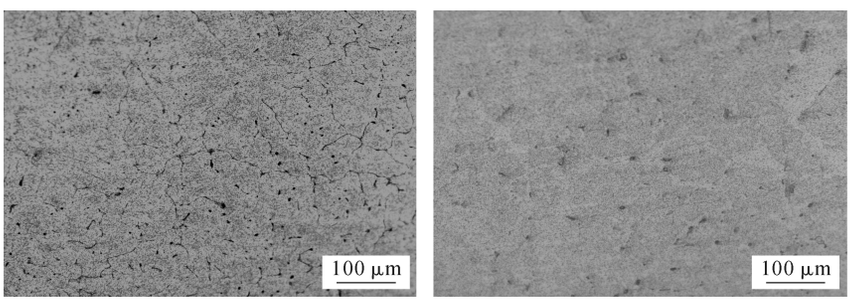
2.1 均匀化处理对 6061 铝合金显微组织的影响

6061 铝合金棒材铸态组织如图 2(a),从图中看出晶界上有较多的粗大析出相,并且有部分细小晶粒的存在,这是由于在激冷条件下晶粒长大所需的热能获取不够充分所致。在经过 560 ℃×12 h 均匀化处理之后,从图 2(b)看出晶粒尺寸显著增加,使用金相分析软件统计发现,晶粒平均尺寸由铸态的 85~90 μm 增大至 120~130 μm。原本存在的细小晶粒在热激活作用下得到了充分的成长,同时原来存在的网状非平衡相和枝晶组织也已经基本回溶至铝基体内,晶界上的粗大析出相数量有所减少。

2.2 均匀化处理对 6061 铝合金析出相的影响

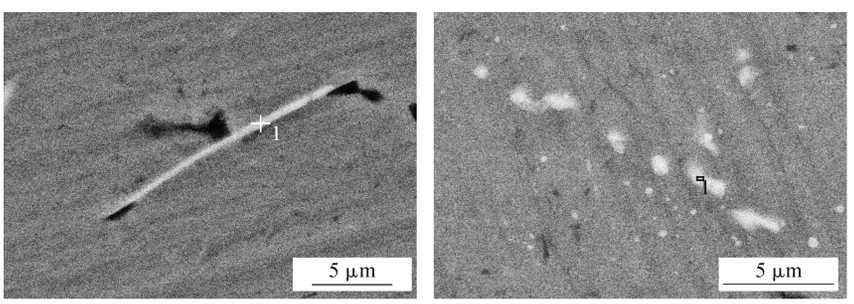
原始铸态的析出相如图 3(a),从图中看出原始的析出相为细长针状,该析出相为 Al(MnFe)Si 相。该析出相的存在会恶化棒材的塑性,不利于后续加工,需要经过均匀化处理对该析出相粒子进行调控。在经过均匀化处理后,原始的针状 Al(MnFe)Si 相回溶至基体内部如图 2(b)。由于该析出相含有 Mn 元素,具有较好的热稳定性,因此能在视场中观察到较多的该析出相,并且随着原子扩散的加剧,针状 Al(MnFe)Si 相分段断裂,断裂后的析出相粒子表现出球化特征。该类球状析出相可以有效的钉轧位错,有

图 1 6061 铝合金棒材
Fig.1 6061 aluminum alloy rod



(a)铸态 (b)均匀化处理后

图 2 6061 铝合金显微组织
Fig.2 Microstructure of 6061 aluminum alloy



(a)铸态 (b)均匀化处理后

图 3 扫描电镜显示的 6061 铝合金析出相粒子
Fig.3 Precipitation phase particles of 6061 aluminum alloy by SEM

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

利于提高合金强度和塑性，提高了产品的后续加工性能。

3　结论

（1）通过金相显微镜观察发现铸态组织晶界上有较多的粗大析出相，并且有部分细小晶粒的存在。经过均匀化处理后，晶粒尺寸显著增加，存在的网状非平衡相和枝晶组织也已经基本回溶至铝基体内，晶界上的粗大析出相数量有所减少。

（2）通过 SEM 分析表明，铸态中存在的析出相是细长针状的 Al(MnFe)Si 相，经过均匀化处理后，针状 Al(MnFe)Si 相分段断裂，部分回溶至基体内，残留部分表现出球化特征。该类析出相的存在有利于提高合金强度和塑性，提高了产品的后续加工性能。

参考文献：

[1] 郭永彦. 时效工艺对建筑铝合金壁板性能的影响 [J]. 热加工工艺，2018，47 (2):246-248.

[2] 高薇，宋凌峰，王祝堂. 中国客运轨道车辆车体铝型材的深加工[J]. 轻合金加工技术，2016，44(1):1-11.

[3] 叶朋飞，吕庆玉，郭文利，等. 6061 铝合金大规格挤压棒材生产工艺的研究[J]. 轻合金加工技术，2009，37(1):37-39.

[4] 李慎兰，黄志其，蒋福利，等. 固溶温度对6061 铝合金组织和性能的影响[J]. 材料热处理学报，2013，34(5):131-136.

[5] 邓松云，任月路，陈愿情，等. 固溶时效工艺对 6061-T6 铝合金板材抗冲击性能的影响[J]. 轻合金加工技术，2017，45(3):22-25.

[6] 仲志国，左秀荣，翁永刚，等. 变形铝合金均匀化热处理的应用现状与研究进展[J]. 轻合金加工技术，2006，34(1):10-13.

（上接第 626 页）

ZTA ceramic particles reinforced iron matrix composites [J]. Journal of Alloys & Compounds, 2018, 741: 1169-1174.

[11] 甘宅平. 高铬铸铁组织及元素分布的研究[J]. 钢铁研究, 2003 (4): 44-45.

[12] Zhao H, He Y, Jin Z. Preparation of Zirconium Boride Powder [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1995, 78(9): 2534-2536.

[13] 李荣久. 陶瓷-金属复合材料[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.

[14] 林 立，薛群基. 碳化铬金属陶瓷熔覆层的组织及性能研究[J]. 兰州理工大学学报, 1995, 21(1): 11-15.

[15] （韩国）Lee J, Shin M, Park J H, 等. 利用固滴技术对氧化基片上液态 Fe-Cr 合金润湿性的研究[J]. 四川冶金, 2011, 33(4): 78-81.

2020年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志，月刊，1979年创刊，中国铸造协会会刊，国内外公开发行，国内邮发代号：52-64，国外发行号：M855，中国标准刊号：ISSN1000-8365/CN61-1134/TG。

报道范围：报道国内外铸造领域的先进科技成果、应用技术、生产管理经验及信息和铸造设备，覆盖铸铁、铸钢和有色合金等铸造领域，包括砂型铸造以及熔模铸造、金属型铸造、消失模铸造和压铸等特种铸造技术。

主要栏目：试验研究、工艺技术、生产技术、特种铸造、装备技术、实用成型技术、材料改性、材料开发、材料保护及表面工程、材料失效分析、应力控制与理化测试技术、今日铸造等。

发行对象：国内外铸造企业，科研院所，高等学校，铸造原辅材料厂商，设备、仪器厂商，铸件采购商等。

广告范围：刊登铸造原辅材料、铸造设备、熔炼设备、热处理设备、环保设备、检测仪器以及铸件生产、科研成果转让、企业形象宣传等相关广告。

订阅方式及价格：

请从当地邮局订阅，也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年12期，每期定价25元，平寄全年300元（含邮费），挂号全年336元，快递全年420元。

海外：每期定价25美元，全年300美元。

银行汇款：

户　名：陕西铸造技术杂志社有限责任公司

账　号：3700 0235 0920 0091 309

开户行：中国工商银行西安市互助路支行

邮购地址：西安市金花南路5号西安理工大学608信箱（710048）

联系人：李巧凤　　电话/传真：029-83222071

网址：www.zhuzaojishu.net　　E-mail：zzjs@263.net.cn

微信扫一扫 信息快知道

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net