

文章编号: 1673-9981(2021)01-0056-04

细化剂加入量对 6063 铝型材组织条纹的影响

刘才兴, 周晶哲, 李天原, 向耀, 谭兴元

广东澳美铝业有限公司, 广东 佛山 528100

摘要: 型材组织条纹是由于合金内部微观组织发生变化而产生的纹路, 经表面氧化处理后不可消除, 造成产品大量报废。通过调整 Al-Ti-B 细化剂加入量, 研究了细化剂加入量对铝型材组织条纹的影响。经多次挤压生产验证, 观察型材表面情况, 结果表明: 控制铸造过程晶粒细化剂加入量为 0.67 kg/t 时, 可有效防止组织条纹的产生。

关键词: 铝合金型材; 组织条纹; 晶粒细化剂; 废料回收

中图分类号: TG146.2

文献标识码: A

引文格式: 刘才兴, 周晶哲, 李天原, 等. 细化剂加入量对 6063 铝型材组织条纹的影响[J]. 材料研究与应用, 2021, 15(1): 56-59.

LIU Caixing, ZHOU Jingzhe, LI Tianyuan, et al. Effect of grain refiner amount on structure stripes of 6063 aluminum profiles [J]. Materials Research and Application, 2021, 15(1): 56-59.

6063 合金因其优良的可挤压性和可焊接性、良好的耐腐蚀性, 以及阳极氧化后色泽亮丽等一系列优点, 是建筑型材的首选材料。近年来, 宜家家居 (IKEA) 等公司对供货商产品环保和可持续回收利用提出更高要求, 其中铝合金产品要求废料重熔利用占比 50%~80%。废料再生不仅符合客户理念, 且提高材料循环利用率、保护环境及降低生产成本。但由于铝废料中的杂质含量高, 在 6063 铝型材的挤压生产过程中造成表面形成明暗差异明显的条纹缺陷, 表面经氧化处理后形成黑色或白色带状条纹, 影响型材美观, 表面质量不符合客户要求。

近年来, 研究人员通过实践提出了一些改善条纹缺陷的措施, 郭加林等人^[3]分析验证了挤压温度和挤压速度对组织条纹的影响, 表明挤压温度过高或挤压速度过快均会导致壁厚变化部位金属流动的不均匀, 从而引发其组织分布不均匀。许栩达等人^[4]分析了模具因素对挤压型材组织条纹的影响, 通过

模具设计、扩大死区范围、采用浅导流孔及优化关键位置的金属流动等措施, 可减少组织条纹的产生。按照此方法对组织条纹缺陷有一定的改善, 但未彻底解决这一问题。通过调整 Al-Ti-B 晶粒细化剂的加入量, 分析对型材表面的影响, 最终达到缺陷改善的目的, 为实际生产提供指导。

1 实验部分

1.1 合金成分

实验对象为广东某铝材厂生产的 6063 铝合金圆铸锭, 铸锭直径为 127 mm, 其合金成分控制范围列于表 1。

1.2 方法

铸锭主要生产流程为: 配料→熔炼与净化→水冷半连续热顶铸造。

收稿日期: 2020-11-04

作者简介: 刘才兴(1993-), 男, 云南大理人, 助理工程师, 本科, 主要研究方向为铝合金材料与加工, E-mail: luke.liu@pressmetal.com.cn

表 1 6063 铝合金化学成分

Table 1 The chemical composition of 6063 aluminum alloy

元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
含量 $w / \%$	0.40~0.45	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 0.08	0.45~0.50	≤ 0.08	≤ 0.05	≤ 0.05	余量

1.2.1 配料

炉料为重熔用铝锭(占比 40%~45%)和 6xxx 系铝合金二、三级回收废料(占比 55%~60%),主要合金元素 Mg 以纯金属形式加入, Si 以 Al-12Si 中间合金形式加入, Ti 以晶粒细化剂形式加入, 使用 Al-5Ti-1B 丝杆在铸造过程在线加入, 其余合金成分为原料成分, 不再人为添加。

1.2.2 熔化与净化

原料经称重后装入熔炼炉, 采用火焰热辐射方式熔化炉料, 熔炼过程不添加覆盖剂, 熔炼温度为 700~730 °C, 待固体原料彻底熔化为液态后进行精炼。精炼使用颗粒精炼剂净化除杂, 精炼剂使用量为 2.8 kg/t, 精炼剂使用氩气喷吹法加入, 共两次精炼, 每次精炼间隔时间约 10~15 min, 精炼温度 710~720 °C, 精炼时间为 10~15 min, 精炼过程中

人工扒渣, 扒渣量约为 200~300 kg, 每次精炼时取样化验铝液成分, 第一次精炼后根据炉前成分进行合金化作业。

1.2.3 铸造

铸造采用直接水冷半连续热顶铸造方式生产。首先铝液由流槽导流经过在线除气箱, 再经过滤箱, 然后流至铸造模盘, 最后冷却凝固为直径 127 mm 的圆铸锭。Al-5Ti-1B 晶粒细化剂在过滤箱前单点在线添加, 在线除气参数为转子转速 600 r/min, 氩气流量 40 L/min, 过滤箱使用 50 ppi 陶瓷过滤板在线过滤, 铸造温度为 700~710 °C, 铸造速度 160 mm/min, 冷却水压为 150 kPa。

生产每炉次铸锭加入回炉废料比例是固定的为 55%~60%, 可视为原材料钛含量基础值固定, 晶粒细化剂相关参数列于表 2。

表 2 晶粒细化剂组成成分参数

Table 2 Composition parameters of grain refiner

牌号	直径/mm	合金成分 $w / \%$					
		Si	Fe	Ti	V	B	Al
Al-5Ti-1B	9.5	0.1	0.13	4.96	0.012	1.01	余量

晶粒细化剂的加入量由加入速度决定, 加入量=加入速度×铸造时间×线密度。连续生产四个炉次铸锭, 分别设置四种不同加入速度并编号, 其余参数均不变, 加入速度设置及编号列于表 3。

表 3 加入速度设置

Table 3 Adding speed settings

编号	加入速度/($m \cdot \min^{-1}$)	加入量/($kg \cdot t^{-1}$)
A	3.5	2.33
B	3.0	2.00
C	2.0	1.33
D	1.0	0.67

1.3 检测

将铸造完成后的铸锭锯切头尾废料并取样, 铸锭取样位置为棒头, 即铸造凝固末端部分, 样品经车

削表面后进行合金成分检测和低倍组织检测, 化学成分采用 Spectrolab M9 直读光谱仪得出, 低倍组织肉眼直接观察。实验用铸锭经均匀化处理后, 在 10MN 挤压机挤压, 经强风冷在线淬火后观察型材表面。

2 结果与分析

2.1 合金化学成分

通过 Spectrolab M9 直读光谱仪分析铸锭化学成分, 其含量列于表 4。由表 4 可知, 铸锭的主要组成元素为 Mg, Si 及 Ti, Ti(基础值)为未加晶粒细化剂时铝液中的含量, 由于其含量低, 不会对合金组织和实验结果产生明显影响, 而其余元素含量均符合表 1 中化学成分要求。

表4 铸锭主要合金元素含量

Table 4 Content of main alloy elements in ingot $w/\%$

编号	Mg	Si	Ti(基础值)	Ti
A	0.481	0.409	0.0049	0.0142
B	0.500	0.427	0.0052	0.0129
C	0.499	0.413	0.0050	0.0101
D	0.491	0.423	0.0046	0.0072

2.2 低倍组织检测

四个样品低倍组织测试方法参照 GB/T 3246.2-2012 标准^[9],低倍组织检测结果如图 1 所示.从图 1 可见,四个不同炉次铸锭均未发现气孔、裂纹、羽毛晶、光亮晶缺陷,其中 A 炉次铸锭低倍组织发现两点夹渣缺陷,单点面积小于 0.5 mm,疏松等级接近可视为对实验无影响,四个样品低倍组织无其他缺陷.

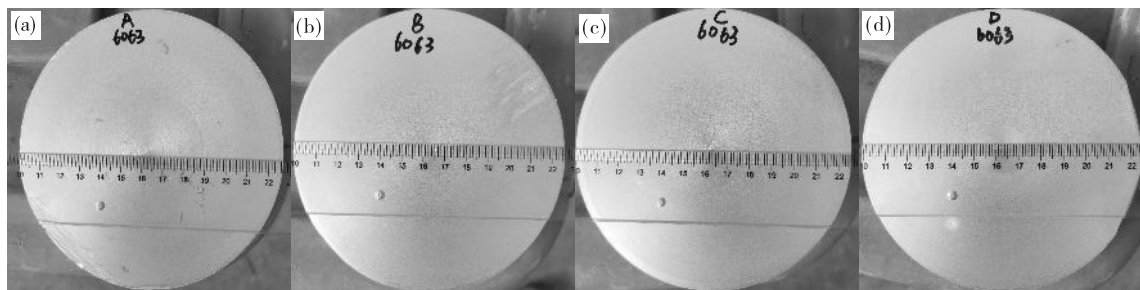


图1 晶粒细化剂不同加入量的铸锭低倍组织形貌

(a) 2.33 kg/t; (b) 2.0 kg/t; (c) 1.33 kg/t; (d) 0.67 kg/t

Fig. 1 Macrostructures of ingots with different additions of grain refiner in low-magnification

2.3 型材表面

在 10MN 挤压机上挤压铸锭,挤压温度 440 °C、挤压速度 6.8 mm/s、在线淬火方式为强风冷,型材表面质量如图 2 所示.从图 2 可见:不同编号铸锭使用同一个模具和相同挤压工艺生产,A 炉次铸锭(加入量 2.33 kg/t)的组织条纹明显,型材表面明暗差异较大;随着铸锭晶粒细化剂加入量的减少,组织条纹缺陷逐渐减少;D 炉次铸锭(加入量 0.67 kg/t)组织的条纹完全消失,型材表面颜色均匀,无明显差异,表面质量符合客户要求.

分别选取四种加入量铸锭生产的型材,在型材同一位置取组织条纹缺陷样品,经磨抛后阳极覆膜,使用奥林巴斯 GX53 显微镜 100 倍放大倍数观察金相组织,图 3 为 Al-5Ti-1B 不同加入量型材金相组织形貌.从图 3 可看出,A 炉次铸锭边部晶粒尺寸较大,从边部到心部晶粒大小不一;随着铸锭晶粒细化剂加入量的减少,相同位置的型材晶粒尺寸逐渐减小;D 炉次铸锭型材晶粒度较小,从边部到心部晶粒大小均匀.

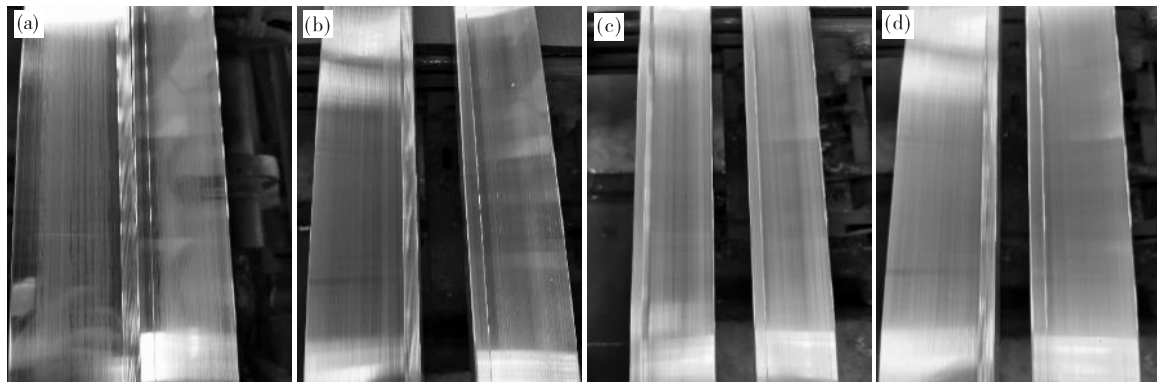


图2 细化剂不同加入量的型材表面

(a) 2.33 kg/t; (b) 2.0 kg/t; (c) 1.33 kg/t ; (d) 0.67 kg/t

Fig. 2 Surface of profiles with different amount of refiner additions

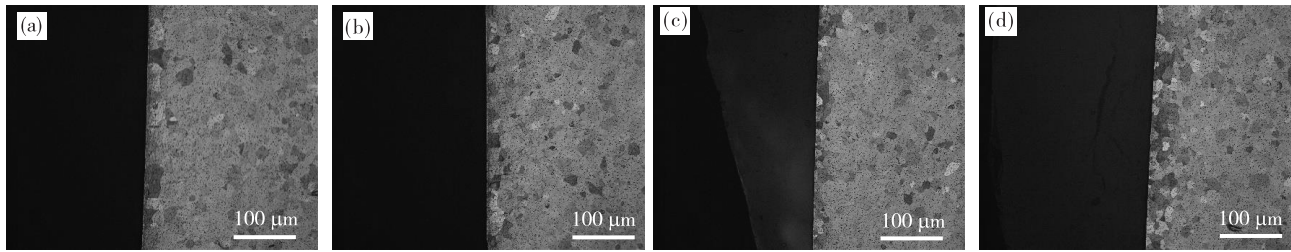


图 3 Al-5Ti-1B 不同加入量型材的金相组织

(a) 2.33 kg/t;(b) 2.0 kg/t;(c) 1.33 kg/t;(d) 0.67 kg/t

Fig. 3 Metallographic structure of profiles with different amount of Al-5Ti-1B additions

根据铝钛硼晶粒细化机理^[5],当 Al-5Ti-1B 细化剂添加到铝合金熔体中,在凝固结晶时主要促进铝晶粒形核,细化剂添加量越多,铸锭中 TiAl₃ 相和 TiB₂ 相粒子也越多,从而影响晶粒的再结晶.由于在线加入的方式会导致含 Ti 相在材料内分布不均匀,造成局部发生团聚,加入量越多不均匀性越大,从而导致型材表面晶粒大小不一致,形成明暗差异明显条纹,即组织条纹缺陷.

3 结 论

(1)通过 6063 合金铸造过程中加入 Al-5Ti-1B 细化剂的实验发现,当加入量为 0.67 kg/t 时,生产的铸锭型材表面颜色均匀且无组织条纹缺陷.

(2)Al-5Ti-1B 细化剂按照 0.67 kg/t 加入量批量生产的铸锭均符合型材表面质量要求,但本研究未对第二相影响机理进行研究.

(3)本研究主要针对建筑型材表面质量改善,减少细化剂加入量影响晶粒细化效果,但对型材力学性能不利,供同行参考.

参考文献:

- [1] 刘静安,张学慧. 铝合金挤压型材表面缺陷分析[J]. 铝加工,1996,19(4):6-7.
- [2] 周春荣,张宏辉. 6063 挤压型材条纹缺陷产生的原因分析及解决措施:A 集. 铝型材技术(国际)论坛文集[C]. 广州:2007.
- [3] 郭加林,项胜前,李旭,等. 挤压温度和速度对 6063 铝型材组织条纹的影响[J]. 材料研究与应用,2011,5(3):221-223.
- [4] 许栩达,蒋春丽,黄志其,等. 浅析模具因素对某 5xxx 铝合金挤压型材组织条纹的影响[J]. 铝加工,2017(6):45-50.
- [5] 汤皓元,陈越,杨钢,等. 铝钛硼晶粒细化机理[J]. 材料导报,2012,26(19):133-136.
- [6] 吴锡坤. 铝型材加工实用技术手册[M]. 长沙:中南大学,1973
- [7] 牛艳萍,张鸣,李沁,等. Al-5Ti-1B 细化剂对 7075 铝合金组织和性能的影响[J]. 有色金属加工,2014,43(6):18-21.
- [8] 孙洪胤,胡冕,王彦权. 晶粒细化剂对铝合金组织及性能的影响[J]. 金属铸锻焊技术,2012,41(19):14-16.
- [9] GB/T3246.2-2012 变形铝及铝合金制品组织检验方法第 2 部分:低倍组织检验方法[S].

Effect of grain refiner amount on structure stripes of 6063 aluminum profiles

LIU Caixing,ZHOU Jingzhe,LI Tianyuan, XIANG Yao,TAN Xingyua

Press Metal International Co., Ltd., Foshan 528100, China

Abstract: The structure stripes of the aluminum profiles are the lines produced by the changes in microstructure of the alloy, which cannot be eliminated after the surface anodized oxidation treatment, resulting in a large number of product scraps. By adjusting the addition amount of Al-Ti-B refiner, the effect of the addition amount of the refiner on the structure stripe of aluminum profiles was studied. After repeated extrusion production verification, surface condition of the profile was observed by the testing equipments. The results show that the addition of 0.67kg/t grain refiner in the casting process can effectively prevent the formation of structure stripes.

Key words: aluminum alloy profile; structure stripes; grain refiner; aluminium scrap recycling