DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.05.006

铝钛硼中间合金对 A356 合金组织遗传效应研究

申玉彬,于占举,张海鹏,林　波
(滨州盟威戴卡轮毂有限公司,山东 滨州 256600)

摘　要:在相同条件下配制不同 Ti 含量的 A356 合金,通过对其晶粒度和二次枝晶臂间距统计,研究了不同组织状态的铝钛硼中间合金对 A356 合金细化效果的影响。结果表明,随着 Ti 含量的增加,A356 合金的晶粒度逐渐增大,并逐渐趋于稳定;随着 Ti 含量的增加二次枝晶臂间距先减小后增大。A356 合金成分相同时,使用的铝钛硼合金孕育处理的 $TlAl_3$ 相尺寸越小,细化效果好,表明铝钛硼中间合金对 A356 合金组织存在明显的遗传性特征。

关键词:铝钛硼中间合金;$TiAl_3$;组织细化;组织遗传性

中图分类号:TG146.2; TG113　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)05-0437-03

Study on Microstructure Heredity Effects of Al-Ti-B Master Alloy on A356 Alloy

SHEN Yubin, YU Zhanju, ZHANG Haipeng, LIN Bo
(Binzhou Movever Dicastal Wheel Co., Ltd., Binzhou 256600, China)

Abstract: A356 alloy with different Ti content was prepared under the same condition. The influence of Al-Ti-B intermediate alloy with different microstructure on the refinement effect of A356 alloy was studied by the statistics of its grain size and secondary dendrite arm spacing. The results show that with the increase of Ti content, the grain size of A356 alloy gradually increases and becomes stable. With the increase of Ti content, the secondary dendritic arm spacing first decreases and then increases. With the same composition of A356 alloy, the smaller the $TlAl_3$ phase grain size of Al-Ti-B alloy inoculation treatment, the better the refining effect, indicating that the Al-Ti-B intermediate alloy has obvious genetic characteristics on the microstructure of A356 alloy.

Key words: Al-Ti-B intermediate alloy; $TiAl_3$; microstructure refinement; microstructure genetic effects

铝钛硼用于晶粒细化始于 20 世纪 50 年代,开始是以铝钛硼中间合金锭的形式加入,随着铝加工行业的不断进步和发展,晶粒细化用中间合金的加入方式也在不断改进,从开始用锭状中间合金过渡到现在的丝(杆)状加入。铝钛硼合金的晶粒细化能力是决定铝加工产品品质好坏的重要因素之一,目前铝钛硼已成为铝工业,特别是高性能、高尖端、高品质铝材料生产不可缺少的一种中间合金材料,它的性能与质量直接决定铝材的性能、质量、价格等,是保证铝合金最终产品性能的原料之一,已成为铝行业发展中不可缺少的一部分[1]。

铝钛硼中间合金的生产方法按原料划分,主要由:氟盐法[2]、氧化法和纯金属法等,用不同原料制得的铝钛硼合金组织形态和尺寸大小也不尽相同。铝钛硼中间合金一般在其凝固后被加工成块状或者线杆状;铝钛硼合金线杆的生产主要有连铸连轧和连续铸挤两种方式[3]。目前铝钛硼合金的晶粒细化机理众说纷纭,并未形成一个统一的观点和理论,目前大部分学者认为其作用机理与其内部的 $TiAl_3$ 和 TiB_2 两种组织密切相关[4],本文主要研究了 $TiAl_3$ 金相尺寸的大小对 A356 合金细化效果的影响。

1　试验材料及方法

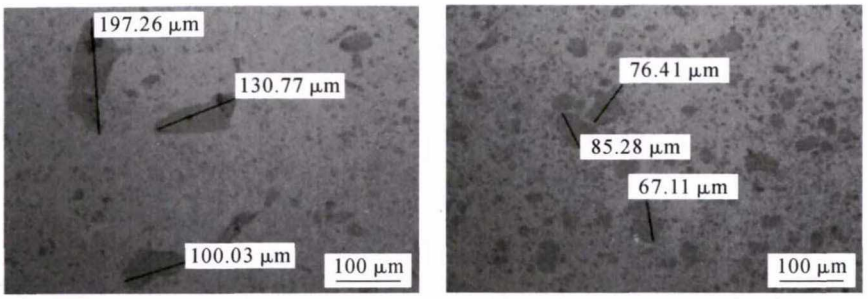
原材料分别为:99.75%纯铝液、3303 金属硅、99.8%纯镁锭、AlSr10 中间合金、清渣剂和两种不同组织大小的 AlTi5B1 中间合金,其组织见图 1。

铝钛硼样品 1 中 $TiAl_3$ 相平均尺寸为 142.7 μm,铝钛硼样品 2 中 $TiAl_3$ 相平均尺寸为 69.6 μm,两者相差 73.1 μm。从 $TiAl_3$ 相形状看,样品 1 中 $TiAl_3$ 相部分呈现长块状和短纤维状,圆整度较差,TiB_2 相弥散分布,较均匀;样品 2 中 $TiAl_3$ 相呈现块状,圆整度较好,TiB_2 相弥散分布,较均匀。

试样制备:将坩埚炉预热至 750 ℃,加入纯铝液和相应的金属硅,铝液温度达到 750 ℃时分别加入金属镁、铝锶合金,搅拌均匀,调整成分至:7%Si,0.3%Mg,0.02%Sr,5 min 后加入铝液重量的 0.2%清渣剂并充分搅拌,保温 10 min 后扒渣。向铝液中分次加入铝钛硼合金,每次加入后 10 min 取晶粒度试

收稿日期:2020-02-24

作者简介:申玉彬(1985-),山东菏泽人,硕士,中级工程师.主要从事铝合金材料研究方面的工作.电话:18366802271,E-mail:syb2oo8@163.com



(a)铝钛硼样品1　(b)铝钛硼样品2

图 1 不同组织状态的 AlTi5B1 中间合金

Fig.1 AlTi5B1 master alloy with different microstructures

样(KBI 环模[5])和成分试样。晶粒度试样使用氯化铁溶液进行擦拭腐蚀,清洗干净后观察其晶粒度和在显微镜下观察其组织,并测量铝合金组织的二次枝晶臂间距。

2 实验结果及分析

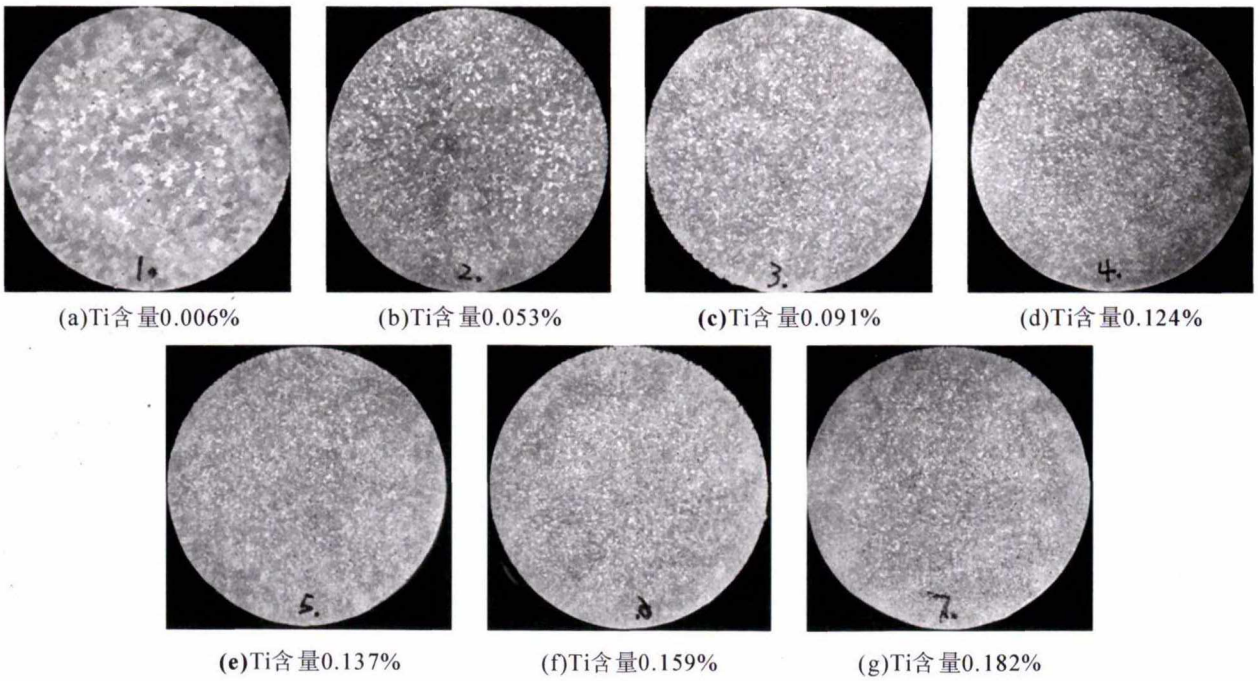
2.1 晶粒度

从图 2 和图 3 看出 A356 合金随着 Ti 含量的增加,晶粒度逐渐提高。当 Ti 含量达到 0.120%以上时,晶粒度基本达到最佳状态。整体上看,在相同的试验条件下使用样品 2 配制的 A356 合金的晶粒度优于使用样品 1 配制的 A356 合金晶粒度。

2.2 二次枝晶臂间距

铝液中未加 Ti 元素时,两次试验二次枝晶臂间距基本一致,分别为 44.6、44.7 μm。从二次枝晶臂间距变化趋势看(图 4),随着合金中 Ti 元素含量的增加,二次枝晶臂间距均表现为先减小后增加的趋势;当使用铝钛硼样品 1 配料的 A356 合金的 Ti 含量为 0.137%时,二次枝晶臂间距达到最小值 39.6 μm,当使用铝钛硼样品 2 配料的 A356 合金的 Ti 含量为 0.133%时,二次枝晶臂间距达到最小值 38.2 μm;随着 A356 合金中 Ti 元素含量继续增加,使用铝钛硼样品 1 配制的 A356 合金中二次枝晶臂间距增加幅度较大,当 Ti 含量为 0.182%时,二次枝晶臂间距基本与未加 Ti 元素时一致;使用铝钛硼样品 2 配制的 A356 合金中二次枝晶臂间距增加幅度较慢,在 Ti 元素含量为 0.17%时,二次枝晶间距仅 39.6 μm,与使用铝钛硼样品 1 配制的 A356 合金中 Ti 元素为 0.137%时基本一致。

铝钛硼组织中 $TiAl_3$ 相形态为块状时,有 3 个晶面面向熔体,形核率较高。铝钛硼样品 2 中 $TiAl_3$ 相尺寸小,单位体积内 $TiAl_3$ 的个数多,结晶前幸存的 $TiAl_3$ 晶核数目多,增加了形核率,因而铝钛硼样品 2 的细化效果优于铝钛硼样品 1。

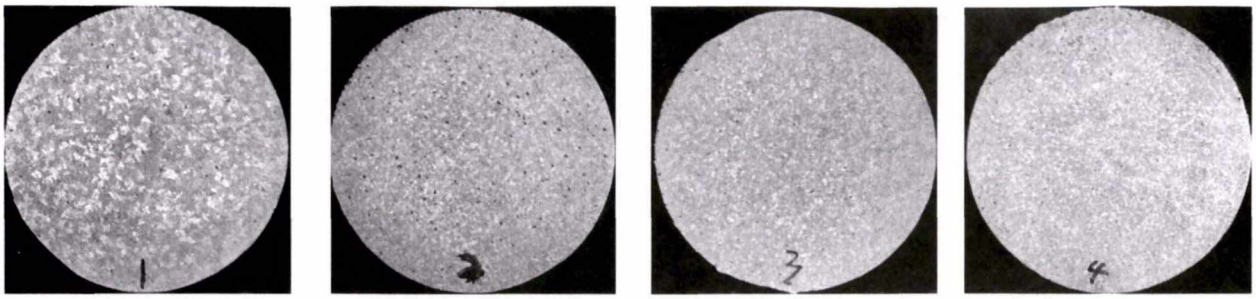


(a)Ti含量0.006%　(b)Ti含量0.053%　(c)Ti含量0.091%　(d)Ti含量0.124%

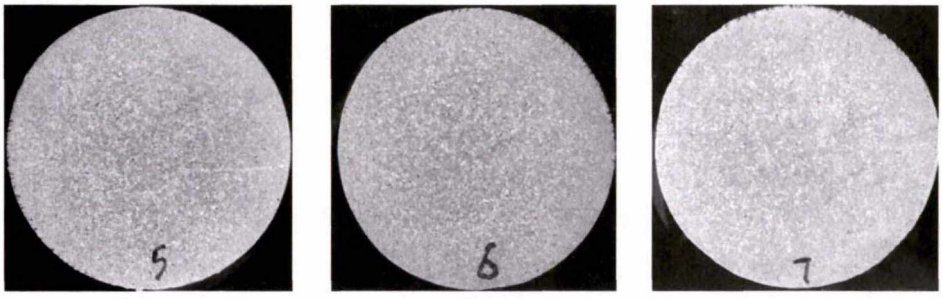
(e)Ti含量0.137%　(f)Ti含量0.159%　(g)Ti含量0.182%

图 2 采用铝-钛-硼中间合金样品 1 制备不同 Ti 含量的 A356 合金的晶粒尺寸形貌

Fig.2 Grain size picture of Al-Ti-B sample 1 with different Ti content



(a)Ti含量0.004%　(b)Ti含量0.053%　(c)Ti含量0.092%　(d)Ti含量0.116%



(e)Ti含量0.133%　(f)Ti含量0.147%　(g)Ti含量0.170%

图 3 采用铝-钛-硼中间合金样品 2 制备不同 Ti 含量的 A356 合金的晶粒尺寸形貌

Fig.3 The grain size and morphology of A356 alloy with different Ti contents prepared by Al-Ti-B intermediate alloy sample 2

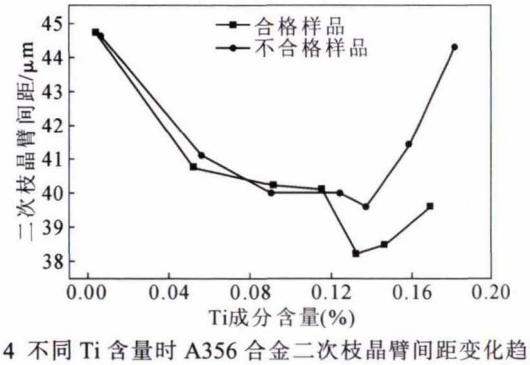


图 4 不同 Ti 含量时 A356 合金二次枝晶臂间距变化趋势

Fig.4 The secondary dendrite arm spacing of A356 alloy varies with Ti content

3 结论

(1)在一定范围内，A356 合金中 Ti 元素含量越高，晶粒度越大；当 Ti 含量达到 0.120%以上时，晶粒度基本达到最佳状态。

(2)在 Ti 元素为 0.13%左右时，二次枝晶臂间距最小，细化效果最佳。

(3)铝钛硼中间合金组织中 $TiAl_3$ 相尺寸越小，形核率越高，整体细化效果越好，有着较为明显的遗传性。

参考文献：

[1] 李晓敏. 浅析铝钛硼晶粒细化剂市场[J]. 世界有色金属:应用与市场，2012(8):56-57.

[2] Liu Xiangfa, Bian Xiufang. The Chinese Journal of Nonferrous Metals[J]. 中国有色金属学报, 1997, 7(2):107.

[3] 李敏敏，张恒华，邵光杰，等. Ti5B1 和 Ti5C1 对 A356 铝合金晶粒细化的研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2005, 25(10):630-632.

[4] 冯鹏发，唐靖林，李双寿，等. 铝晶粒细化机制的研究进展[J]. 铸造技术，2005，26(3):220-223.

[5] 高晶丽. KBI 晶粒细化效果试验方法[J]. 轻金属，1985(11):55.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页，特快专递邮购价 226 元。

邮购咨询：李巧凤 029-83222071，技术咨询：13609155628