

稀土 Y 对 Sr+B 复合变质 A356 合金组织与性能的影响

林灿鑫¹, 程永奇^{1, 2}, 潘育彤¹, 鲁一田¹, 谢泽源¹, 洪瑞鑫¹

(1. 广东工业大学 材料与能源学院, 广东广州 510006; 2. 东源广工大现代协同创新研究院, 广东河源 517500)

摘要: 在Sr+B复合变质A356合金的基础上加入稀土Y, 通过光学显微镜及扫描电镜观察不同Y添加量对合金铸态显微组织形貌和尺寸的影响, 并分析其力学性能和导热性能的变化规律。结果表明: 稀土Y的添加不会影响Sr+B的变质效果且会使合金组织进一步细化, α -Al晶粒尺寸由未加Y变质时的62 μm 降低至44 μm , 二次枝晶臂间距从未变质时的12 μm 降低至9 μm ; A356铝合金中引入稀土Y会导致导热性能小幅度降低, 但可以显著提升拉伸性能。当稀土Y添加量为0.4wt.%时, 合金的综合性能最佳, 热导率为158.8 W/(m·K), 抗拉强度和伸长率分别为209.9 MPa和11.44%, 与未加入稀土Y相比分别提升19.55%和167.29%。

关键词: A356; 变质处理; 稀土元素钇; 拉伸性能; 导热性能

作者简介:

林灿鑫(1998-), 男, 硕士生, 研究方向为有色金属制备工艺。电话: 15521070398, E-mail: 2786126221@qq.com
通讯作者:
程永奇, 男, 博士, 教授。
E-mail: YQ.Cheng@163.com

中图分类号: TG146.4
文献标识码: A
文章编号: 1001-4977(2023)03-0257-06

基金项目:
揭阳市科技计划项目(2017xm066)。
收稿日期:
2022-05-17 收到初稿,
2022-07-13 收到修订稿。

A356是铝硅系亚共晶铸造铝合金, 是美国于20世纪70年代研发的, 其铸造流动性强、气密性高、收缩率低且热裂倾向小, 特别当其经过变质和热处理后, 更同时具备良好的力学性能、物理性能、耐腐蚀性能和较好的机械加工性能^[1-2], 因此被广泛应用于航空航天和汽车制造业等领域^[3]。现常用的A356合金中的共晶硅相均以粗大板条状或带有尖角的厚针片状随机分布在 α -Al枝晶间, 这种形貌的共晶硅相极易成为裂纹萌生源, 进而割裂 α -Al基体, 使得合金的塑性和强度同时降低^[4]。因此, 控制好初生 α -Al晶粒和共晶硅的形貌和尺寸是改善合金性能的关键。根据现有的研究显示, 变质处理是控制 α -Al晶粒和共晶组织形貌和尺寸最便捷有效的方式。国内外学者研究表明, 部分稀土元素对铝合金组织具有良好的细化作用和变质效果, 可显著提升合金的力学性能^[5]、硬度^[6]、高温性能^[7]及耐腐蚀性能^[8], 可降低合金共晶温度^[9], 对熔体具有净化、除气^[10]和除杂质^[11]的作用, 是一种绿色长效变质剂^[12]。

目前, 采用稀土元素进行变质处理的研究主要集中于单稀土变质或混合稀土变质^[4, 13-15]。也有少数学者采用稀土元素与常用的晶粒细化剂或变质剂对铝合金进行复合变质处理, 研究其对合金组织性能的影响规律与机理, 如陈志强^[16]等采用Sr和Y元素对合金进行复合变质处理, 发现在Y与Sr的协同作用下合金组织的变质和细化效果更佳; Wang^[17]等研究发现在TiB₂和轻质稀土La的共同作用下可以优化A356合金时效后析出的沉淀相, 从而大幅提升合金硬度。但中重稀土Y与其他晶粒细化剂及变质剂共同作用对A356合金铸态组织性能的影响, 及稀土Y对合金导热性能影响规律的研究鲜有报道。有研究发现使用两种或两种以上的合金化元素进行复合变质处理, 可以更好地发挥各元素的变质作用, 并且可以减少稀土金属的使用量, 从而降低成本, 更具有商业开发价值^[18]。因此研究稀土Y与Sr+B共同添加对A356合金的组织 and 性能影响的研究是很有必要的。

本试验研究不同稀土Y添加量与铝硼细化剂及铝锶变质剂共同作用对A356合金的组织、力学性能和导热性能的影响, 以期对稀土金属改性A356合金的发展提供有益参考并扩大其应用范围。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验采用的合金材料为商用A356合金（成分见表1），变质剂为Al-10Sr中间合金、Al-3B中间合金和Al-10Y中间合金。

表1 商用A356合金的化学成分
Table 1 Chemical composite of commercial A356 alloy $w_B/\%$

Si	Fe	Mg	Ti	Zn	Al
6.72	0.10	0.33	0.11	0.017 5	余量

1.2 试样制备

试验过程采用SG-G10123型井式坩埚电阻炉对合金进行熔炼，采用45#钢金属型模具于250℃进行重力浇注。将A356铝合金置入电阻炉中于750℃进行熔炼；待合金完全熔化后，使用扒渣勺将表面浮渣以及氧化层扒去，根据表2合金组分依次加入中间合金Al-3B、Al-10Sr和Al-10Y进行变质处理，待中间合金熔化后，搅拌熔体使合金元素分布均匀；加入 C_2Cl_6 进行熔体精炼，搅拌均匀，于750℃保温15 min，拂去熔体表面浮渣，静置3~4 min，待熔体温度降至720℃时，浇注到已加热至250℃的薄壁金属型铸造模具中，得到尺

表2 各组试样的合金组分
Table 2 Composition of each group of sample

编号	合金组分
a	0.1B-0.15Sr-A356
b	0.1B-0.15Sr-0.2Y-A356
c	0.1B-0.15Sr-0.4Y-A356
d	0.1B-0.15Sr-0.6Y-A356
e	0.1B-0.15Sr-0.8Y-A356

寸为120 mm × 60 mm × 5 mm复合变质处理的A356合金薄壁铸件（厚度为5 mm）。

1.3 试样检测

使用DK7745型电火花数控线切割机按照标准尺寸对所有铸件的相同区域进行线切割取样，每个铸件均取三个拉伸试样、一个方块金相试样和一个圆柱导热试样。

其中金相试样采用科勒试剂进行腐蚀，并利用Leica DMI3000-M型金相显微镜和Hitachi S-3400N型扫描电子显微镜及其搭载的能谱仪进行显微组织分析与组织元素组成分析，使用Ultima-IV型X射线衍射仪对合金进行物相分析，采用Image Pro Plus图像处理软件对合金的晶粒尺寸及二次枝晶臂间距进行统计分析；选用AG-S Plus型电子万能力学试验机测试合金拉伸性能；采用Netzsch LFA457型激光仪、Netzsch-DSC204和DH-300型密度测试仪分别测试合金热扩散系数、比热和密度，并根据热导率公式（1）求得合金的热导率^[19]。

$$\lambda = \alpha \cdot \rho \cdot C_p \quad (1)$$

式中： λ 为材料的热导率，W/(m·K)； α 为材料的热扩散系数， mm^2/s ； ρ 为材料的密度， g/cm^3 ； C_p 为材料的比热，J/(g·K)。

2 试验结果与分析

2.1 显微组织结构

经变质处理后的A356铝合金铸态显微组织如图1所示。从图1a中可以看出，A356铸造铝合金经过Al-3B和Al-10Sr中间合金变质处理后的铸态显微组织主要由白色 α -Al相和黑色的共晶硅相组成，其中 α -Al相呈蔷薇状均匀分布，从图1可以看出合金的 α -Al、共晶硅和二

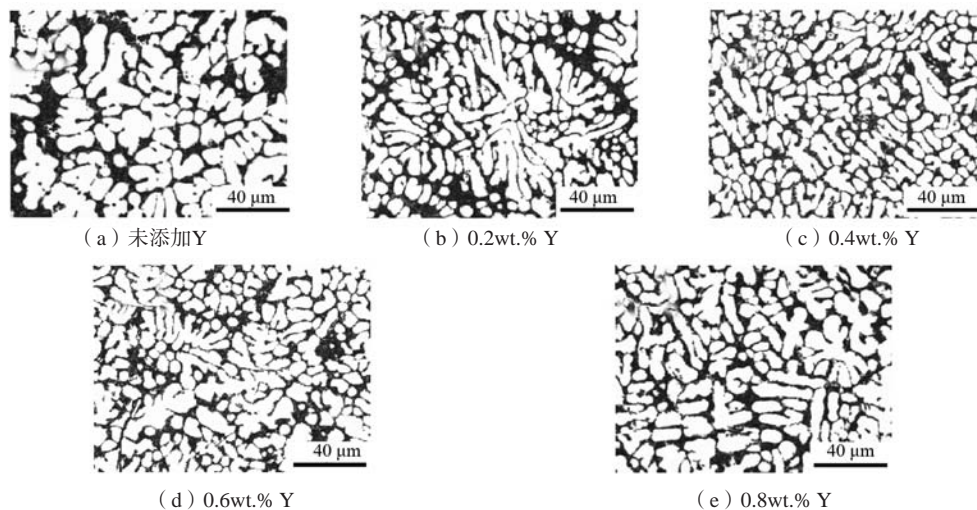


图1 不同Y元素添加量时合金的金相显微组织

Fig. 1 Metallographic microstructures of the alloys with different Y content

次枝晶臂间距 (SDAS) 的尺寸变换趋势是一致的, 均是先降低后增加。初生 α -Al 在稀土 Y 的作用下从粗大凌乱的蔷薇状逐步转变为柱状晶。其他文献中未变质 A356 铝合金的共晶硅组织均呈现粗大板条状或尖锐长棒状, 在本试验中共晶硅组织在 Sr+B 复合变质的作用下呈短棒状和珊瑚颗粒状, 且随着稀土 Y 的添加该相的尺寸进一步细化且仍保持着 Sr+B 变质后的形貌。

图2是经Image Pro软件测量得的不同Y含量的合金晶粒尺寸和SDAS。其中未添加稀土Y时 α -Al 晶粒的平均尺寸约为62 μm , SDAS为12 μm 。随着稀土Y的添加, α -Al 的晶粒尺寸和SDAS均呈现出先降低后增加的趋势, 在添加0.4wt.% Y 时合金的 α -Al 晶粒尺寸和SDAS最小, 分别为44 μm 和9 μm , 与未变质相比分别降低了29%和25%。该现象说明, 一定的稀土Y可以使 Sr+B 复合的A356铝合金的晶粒进一步细化。合金中的共晶硅和 α -Al 的形貌和尺寸对亚共晶型A356铝合金的力学性能有着重要影响。

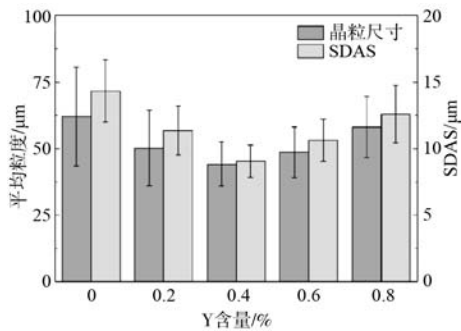


图2 不同Y含量的合金平均 α -Al 晶粒尺寸和二次枝晶臂间距
Fig. 2 Average grain size and SDAS of the α -Al alloy with different Y content

从图1的合金铸态组织可以发现, 稀土Y的加入不会影响到A356在Sr+B的变质效果, 反而可以进一步细化晶粒、细化共晶硅组织、缩短二次枝晶臂间距和促使晶粒向柱状晶转化, 稀土Y添加量为0.4wt.%时合金组织的细化效果最好。

图3是对不同含量Y元素复合变质处理A356铝合金的XRD物相分析图谱, 可以看出未添加Y元素时, 经过 Sr+B 复合变质处理的A356铝合金主要由 α -Al 相、Si 相以及少量的 Mg_2Si 相和 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Sr}$ 相组成。随着Y元素的添加, 当Y添加至0.4%时, 图谱中开始出现微弱的波峰, 经过标定后可知该峰为稀土化合物 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Y}$ 的峰, 并且随着Y的添加量继续增加, 合金中稀土化合物的峰越来越强。由此现象可知, 加入稀土Y对合金进行变质处理在合金中会出现第二相稀土化合物 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Y}$, 说明稀土Y的添加会在A356合金中发生反应产生新的金属化合物相, 此现象与徐熙浩^[20]的研究结果一致, 且该相在合金中的相对含量随着稀土的不断添加而逐渐增多。在谱图中没有发现其他新的物相产生, 由此可以确定Y元

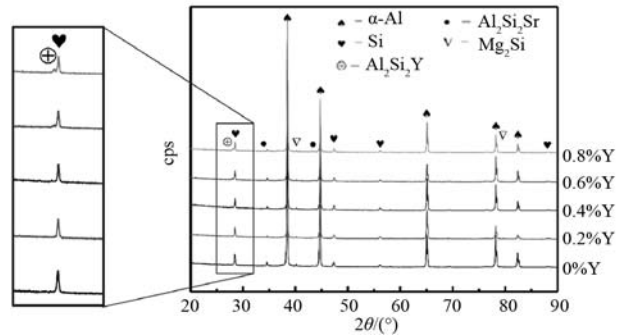


图3 不同Y元素添加量的A356合金XRD衍射谱

Fig. 3 XRD analysis results of A356 alloy with different Y element contents

素与Sr和B元素之间不会发生反应而影响变质效果。

图4是编号为a和e的合金SEM和EDS检测结果, 从图4a-d中可以看出该合金经过细化后主要由黑色的a-Al 和白色珊瑚状共晶硅组织组成, 并对白色共晶组织进行成分分析, 结果如图4i所示, 可知该共晶组织主要由Al、Si和Mg元素组成。由图4e分析编号为e的合金显微形貌时可以发现, 合金中除了珊瑚状的共晶组织外出现了板条状组织, 对该组织进行成分分析发现该组织中含有大量的稀土Y元素 (结果见图4j), 对其进行元素分析从图4f-h可以发现, Y元素主要富集在板条状组织中, 并且有少量的Y元素偏聚在共晶硅组织表面上。结合XRD分析结果可知, 其中大量Y富集的板条状组织为第二相稀土化合物 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Y}$ 。

综上所述, Sr+B复合处理后的A356合金经过稀土Y变质, Y与Sr/B之间不会发生毒化现象, 可以进一步细化共晶硅组织的形貌。这是因为Y元素在 α -Al 中的固溶度较低, 因此在熔体凝固过程中游离的Y会偏聚于固液前沿的液相边界层, 使得液相中的原子浓度梯度增加, 局部成分过冷度增大, 从而抑制共晶相的生长和细化晶粒; 同时界面溶质浓度增大会降低界面稳定性使得结晶潜热增加, 加剧 α -Al 的分支倾向进而细化SDAS^[21]。但随着Y的过量添加, 合金中的Y会优先形成稀土化合物, 使得偏聚于固-液前沿的Y原子减少, 减低成分过冷, 细化效果衰退。

2.2 拉伸性能

图5所示为稀土Y元素的含量对Sr+B变质处理后的A356合金铸态拉伸性能的影响。从图中可以看出, 经过Sr+B复合处理过的A356合金的抗拉强度和伸长率分别为168.86 MPa和4.28%, 抗拉强度与伸长率随着合金元素Y含量的增加, 总体上呈现先上升后下降的趋势。当合金元素Y的添加量为0.4wt.%时, A356合金的强度与塑性均达到峰值, 分别为209.9 MPa和11.44%, 较未添加Y元素进行变质处理的合金性能分别提升了19.55%和167.29%。

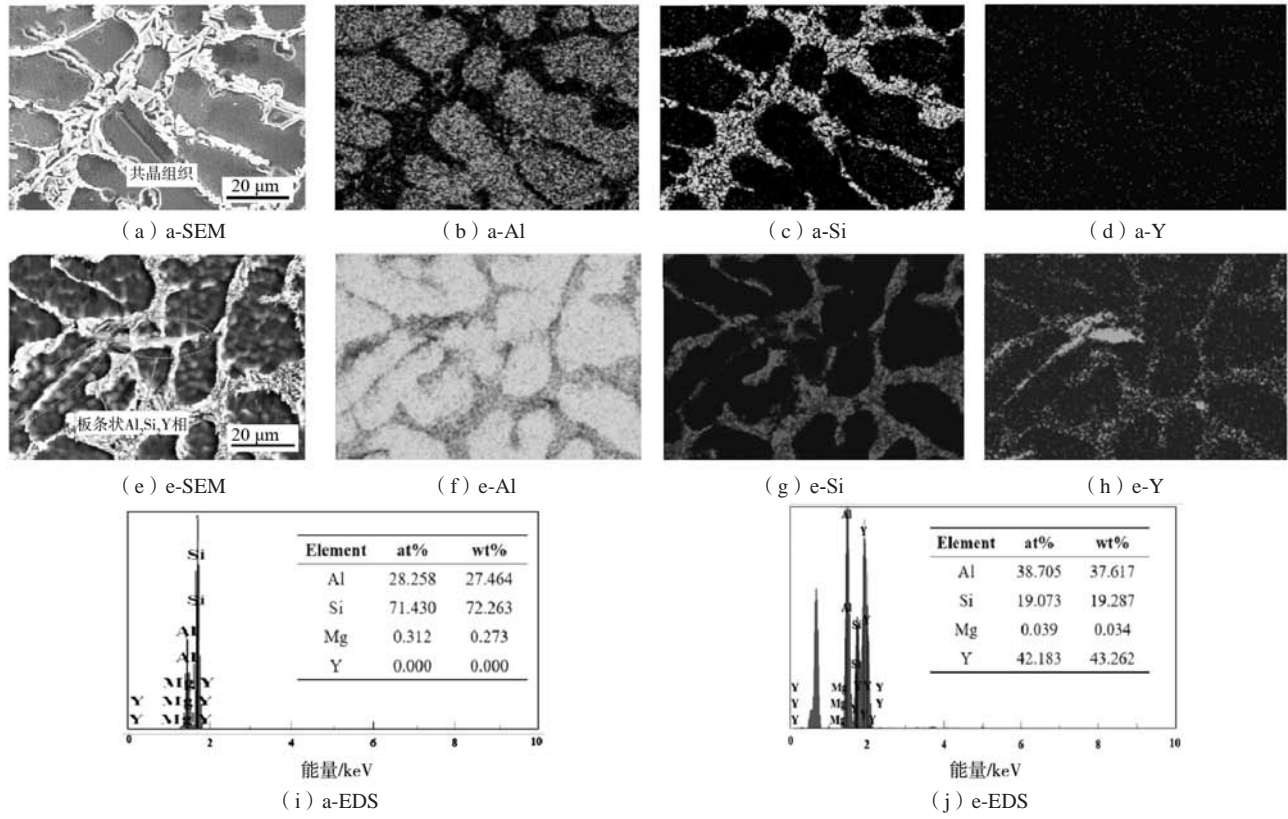


图4 编号为a和e合金的SEM组织形貌与EDS结果

Fig. 4 SEM structures and EDS results of alloys a and e

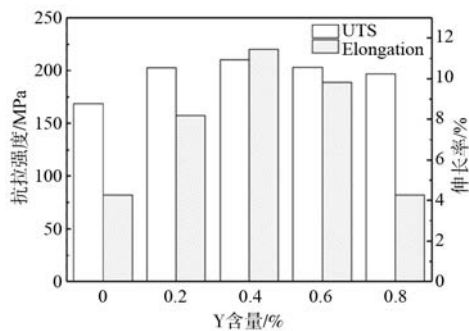


图5 稀土Y添加量对合金拉伸性能的影响

Fig. 5 Effect of various Y contents on tensile strength and elongation of alloy

A356合金中的初生 α -Al和共晶硅组织的形貌和尺寸的改变是抗拉强度和伸长率改变的主要原因。添加Y元素进行变质处理后,合金的 α -Al基体和SDAS的尺寸显著降低,起到细晶强化的作用,同时变质剂的添加使共晶硅得到进一步细化为珊瑚状,减少对基体的割裂作用,且有大部分Y原子偏聚于晶界处,起到钉扎作用,阻碍位错滑移,使得合金的抗拉强度和伸长率得到了大幅提升^[22]。但随着Y元素过量添加,抗拉强度开始缓慢下降,这是因为稀土Y添加至0.6%时合金中会产生第二相板条状稀土化合物 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Y}$ (图4e),该相具有较高熔点和硬度,可以起到提升材料力学性能的作用^[23],但该稀土化合物相具有许多尖角易造成基体

的割裂,因此在第二相强化以及该相割裂基体的共同作用下使得合金的抗拉强度仅有小幅度的下降。

然而,铸态A356合金的伸长率随着稀土Y添加至0.6%时开始下降,加至0.8%时则发生了骤降现象,伸长率降至4.28%(降低了62.58%)。结合图3的XRD结果可知,伸长率的急剧下降可能与稀土化合物的出现有关,从稀土化合物相的微观形貌可知其呈现板条状且具有尖角,这种形貌易于造成基体割裂,而且也可以发现Y添加至0.8%时,稀土化合物的峰强更高,说明合金中第二相的相对含量增加使得基体更容易遭受破坏,恶化了合金的伸长率。

因此,对复合变质后的A356合金进行稀土变质,Y与Sr/B之间没有明显的毒化现象,且他们之间可以起到协同作用进一步提升其力学性能,其力学性能的变化与晶粒尺寸之间呈正相关,本研究中发现稀土Y添加至0.4wt.%时,合金具有最为优异的力学综合性能,但过量添加会产生过变质现象,在合金中产生钇化物,使得合金的强度和塑性降低。

2.3 导热性能

根据铝合金中进行热传导的载体不同,可以将金属的导热机制分为三大类:电子导热、声子导热和光子导热^[24]。其中电子导热与声子导热为合金导热的主

要导热机制。

图6为不同稀土元素Y添加量对细化后的A356铝合金导热性能的影响。从图中可以看出, 经过Y元素变质后, 材料的热导率随着Y含量的增加不断下降, 即导热性能不断下降。未加入Y元素进行变质处理的合金热导率为 $164.07 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 添加至 $0.4\text{wt.}\%$ 时, 合金导热性能发生了微弱的下降, 与无Y变质合金相比降低了 3.19% ($158.84 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)。随着Y不断添加, 合金的导热性能发生了急剧恶化, 添加至 $0.8\text{wt.}\%$ 时, 合金的热导率较差为 $146.35 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (比无稀土Y变质铸态A356降低了 10.8%)。

合金导热性能的下降呈现出先缓后快的趋势。结合前文所述的导热机理进行分析可知, 导热性能的变化与电子传导有着密切的关联。

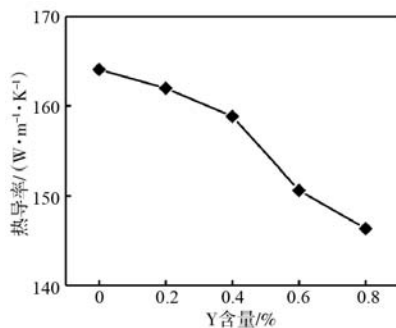


图6 不同Y添加量对合金导热性能的影响

Fig. 6 Effect of various Y additions on thermal conductivity of alloys

首先, 由于 α -Al会以Y原子作为形核基底进行结晶, 随着合金化程度的加剧, 将会导致金属完整的晶格结构被破坏, 造成严重的晶格畸变。因此随着稀土Y的少量添加, A356铝合金的合金化程度会逐渐加剧, 金属的晶格结构由于固溶Y原子产生严重畸变, 从而影响自由电子在 α -Al晶格内的传导^[25], 使得合金的导热性能随着Y元素的少量添加而发生缓慢下降的现象。

再者, 电子传导的过程中会与合金中的组织发生碰撞, 从而影响合金的导热性能, A356铝合金经过Sr+B的复合变质后其共晶组织主要呈珊瑚状, 而随着稀土Y的过量添加合金中会逐渐出现第二相稀土化合

物, 该相主要呈板条状。自由电子在传递能量的过程中会与组织相撞发生散射现象, 合金中组织的形貌也与导热性能息息相关。在添加少量稀土Y时, 合金中的组织主要为珊瑚状的共晶硅组织, 自由电子经过该相时绝大部分自由电子均能顺利传导, 散射现象较少发生, 因此合金的导热性能不会有明显下降, 下降的原因主要是晶格畸变影响自由电子传导。但随着Y的过量添加至 $0.6\text{wt.}\%$, 由于Y元素的大量添加使得在合金熔炼过程中元素之间发生反应逐渐产生了板条状的第二相稀土化合物, 该相会阻碍合金中自由电子无限自由移动使其发生散射现象, 发生电子散射现象, 使得电子无法沿着热梯度方向进行快速碰撞交换能量。板条状稀土化合物的产生与晶格畸变的共同作用下导致了合金导热性能的急剧下降。

3 结论

(1) 稀土Y与Sr和B共同加入A356合金中, 稀土Y不会与Sr/B发生毒化降低Sr/B的变质效果, 且可以起协同作用进一步细化 α -Al晶粒和共晶硅组织。Y添加量为 $0.4\text{wt.}\%$ 时, 合金具有最佳变质效果, α -Al晶粒尺寸从 $62 \mu\text{m}$ 降低至 $44 \mu\text{m}$; SDAS则从 $12 \mu\text{m}$ 降低至 $9 \mu\text{m}$ 。添加至 $0.6\text{wt.}\%$ 时, 合金中开始出现长条状的稀土化合物相。

(2) 随着稀土Y含量的增加, A356铝合金的力学拉伸性能与晶粒尺寸具有正相关关系, 呈现先升后降的趋势。适量添加稀土Y时, 稀土元素会与Sr+B起到协同作用, 共同细化晶粒改善共晶组织, 提升合金力学性能, 但过量添加稀土Y会产生稀土化合物 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Y}$, 该相在一定程度上可以增强合金强度, 但该相会割裂基体导致塑性急剧恶化。当Y元素含量为 $0.4\text{wt.}\%$ 时, A356合金具有最佳的抗拉伸强度和伸长率, 分别为 209.9 MPa 和 11.44% , 与未加入稀土Y相比分别提升了 19.55% 和 167.29% 。此时, 合金的导热率为 $158.84 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 与无Y变质相比仅下降 3.19% , 在本研究中具有较为优异的综合性能。

参考文献:

- [1] EJIORFOR J U, REDDY R G. Effects of porous carbon on sintered Al-Si-Mg matrix composites [J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 1997, 6 (6): 785-791.
- [2] ATXAGA G, PELAYO A, IRISARRI A M. Effect of microstructure on fatigue behaviour of cast Al-7Si-Mg alloy [J]. Materials Science and Technology, 2001, 17 (4): 446-450.
- [3] 李进宝. 稀土元素对Al-Si合金微观组织和力学性能的影响 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2018.
- [4] 何兵, 覃铭, 杨途才, 等. 微量Y和Zr对A356合金微观组织和拉伸性能的影响 [J]. 铸造技术, 2017, 38 (4): 792-796.
- [5] WAN B, CHEN W, LIU L, et al. Effect of trace yttrium addition on the microstructure and tensile properties of recycled Al-7Si-0.3Mg-1.0Fe casting alloys [J]. Materials Science & Engineering A, 2016, 666: 165-175.
- [6] 屈华, 刘海平, 刘伟东. La变质及热处理对Al-7Si-0.44Mg合金组织与硬度的影响 [J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2015, 35 (6): 376-379.

- [7] SUI Y, WANG Q, LIU T, et al. Influence of Gd content on microstructure and mechanical properties of cast Al-12Si-4Cu-2Ni-0.8Mg alloys [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2015, 644: 228–235.
- [8] AHMADI H, NOURI M. Beneficial effects of Yttrium on mechanical failure and chemical stability of the passive film in 6061 aluminum alloy [J]. *Journal of Materials Science*, 2010, 45 (13) : 3426–3432.
- [9] KNUUTINEN A, NOGITA K, MCDONALD S, et al. Modification of Al-Si alloys with Ba, Ca, Y and Yb [J]. *Journal of Light Metals*, 2001, 1 (4) : 229–240.
- [10] 欧阳志英, 毛协民, 红梅, 等. 稀土对锆变质A356合金冶金质量的影响 [J]. *铸造技术*, 2006 (1) : 43–44, 56.
- [11] 韩奎, 毛协民, 欧阳志英, 等. 稀土Ce去除纯Al熔体中氧化夹杂的机理 [J]. *铸造技术*, 2004 (3) : 194–195.
- [12] 陈亚军, 许庆彦, 黄天佑. 稀土铝钛硼中间合金的细化能力与长效性 [J]. *中国有色金属学报*, 2007 (8) : 1232–1239.
- [13] 孟杨. Sb、Y对A356合金变质的效果评估及机理分析 [D]. 天津: 河北工业大学, 2011.
- [14] 于小健. 稀土Y对A356合金组织和性能的影响 [D]. 常州: 江苏理工学院, 2015.
- [15] 张银帅, 黄正华, 戚文军, 等. Y对ADC12合金铸态组织与性能的影响 [J]. *稀土*, 2018, 39 (5) : 40–48.
- [16] 陈志强, 贾锦玉, 胡文鑫, 等. Y与Sr协同作用对Al-Mg-Si合金微观组织和力学性能的影响 [J]. *铸造*, 2020, 69 (4) : 367–373.
- [17] WANG T, ZHAO Y, CHEN Z, et al. Combining effects of TiB₂ and La on the aging behavior of A356 alloy [J]. *Materials Science & Engineering A*, 2015, 644: 425–430.
- [18] 贾锦玉, 陈志强, 胡文鑫, 等. La和Y对细化后A356铝合金显微组织的影响 [J]. *稀土*, 2020, 41 (2) : 41–46.
- [19] GUSTAVSSON M, KARAWACKI E, GUSTAFSSON S E. Thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat of thin samples from transient measurements with hot disk sensors [J]. *Review of Scientific Instruments*, 1994, 65 (12) : 3856–3859.
- [20] 徐熙浩. 稀土Y及热挤压对ZL101合金组织及其性能的影响 [D]. 南昌: 南昌大学, 2018.
- [21] 李登元. 稀土钇及热处理工艺对ZL114A合金组织和性能的影响 [D]. 长沙: 湖南大学, 2017.
- [22] 崔忠圻, 覃耀春. *金属学与热处理* [M]. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 2007: 174–176.
- [23] 王文华, 司乃潮, 刘光磊, 等. 热处理工艺对多元Al-Si合金力学性能的影响 [J]. *铸造*, 2012, 61 (8) : 925–928.
- [24] 温澄. 高导热Al-Si系铸造铝合金的组分设计与应用 [D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [25] LE-ZAKHAROV A A, KRIVTSOV A M, PORUBOV A V. Relation between defects and crystalline thermal conduction [J]. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 2019, 31 (6) : 1873–1881.

Effect of Rare Earth Yttrium on Microstructure and Properties of Sr+B Composite Modified A356 Alloy

LIN Can-xin¹, CHENG Yong-qi^{1,2}, PAN Yu-tong¹, LU Yi-tian¹, XIE Ze-yuan¹, HONG Rui-xin¹

(1. School of Materials and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, Guangdong, China; 2. Synergy Innovation Institute for Modern Industries, Guangdong University of Technology, Heyuan 517500, Guangdong, China)

Abstract:

Yttrium was added into the composite modified A356 alloy based on Sr+B. The effects of different yttrium additions on the microstructure morphology and size of the alloy were observed by OM and SEM, and the changes of mechanical properties and thermal conductivity were analyzed. The results showed that the addition of the yttrium did not affect the modification effect of the Sr+B and further refined the microstructure of the alloy. Compared with the alloy without yttrium modification, the grain size of α -Al decreased from 62 μm to 44 μm , and that of SDAS decreased from 12 μm to 9 μm without modification. The introduction of the yttrium into A356 aluminum alloy led to the decrease of the thermal conductivity, but greatly improved the mechanical properties. When the addition of the yttrium was 0.4wt%, the comprehensive properties of the alloy were the best, the thermal conductivity was 158.8 W/(m·K), the tensile strength and elongation were 209.9 MPa and 11.44%, respectively, which were 19.55% and 167.29% higher than those without the addition of the yttrium.

Key words:

A356 aluminum alloy; modification treatment; Yttrium; tensile properties; thermal conductivity