

A356 铝合金液相线铸造形核规律

Forming Nucleus Rule of Liquidus Casting Aluminum Alloy A356

王 平¹, 刘 静², 路贵民¹, 崔建忠¹

(1 东北大学材料电磁过程教育部重点实验室, 沈阳 110004; 2 东北大学理学院, 沈阳 110004)

WANG Ping¹, LIU Jing², LU Gui-min¹, CUI Jian-zhong¹

(1 The Key Laboratory of Electromagnetic Processing of Materials,
Minister of Education, NEU, Shenyang 110004, China;

2 School of Science, NEU, Shenyang 110004, China)

摘要: 研究了液相线铸造 A356 铝合金在不同保温温度、不同保温时间下的组织形成规律。电子显微镜及图象分析仪分析表明, 由于过冷和扩散的共同影响, A356 铝合金液相线铸造最佳保温温度 605℃; 在 60min 时间内, 晶核数目随保温时间的延长而增加, 且分布愈加均匀。

关键词: A356 铝合金; 液相线铸造; 形核; 过冷; 扩散

中图分类号: TG156.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4381 (2002) 10-0023-03

Abstract: The engendering rule of organism of liquidus casting aluminum alloy A356 at different heat preservation temperature, different heat preservation time was investigated. The microstructure of organism was analyzed by means of electron microscope and image analysis apparatus. The results show that the optimum heat preservation temperature is 605℃ as a result of the super-cooling and diffuseness. Crystal nucleus number increases along with prolonging of heat preservation time in 1 hour, and distributing is uniformity increasingly.

Key words: A356 aluminum alloy; liquidus casting; forming nucleus; super-cooling; diffuse

半固态加工技术作为一种高效、节能的现代冶金前沿技术, 近 30 年来得到了迅速发展, 应用范围不断扩大, 基础研究也不断深入。而浆料的制备是金属半固态加工过程的关键技术环节。目前有关半固态浆料的制备方法主要有电磁搅拌法^[1-3]、应变诱发熔化激活法^[4]、喷射成形法^[5]、紊流效应法^[6]、粉末冶金法^[7]、液相线铸造法等^[8-9], 其中液相线铸造法是近年来我们在大量研究的基础上开发的一种新型制浆技术。即在合金液相线温度附近保温形核后进行铸造, 获得均一、细小的非枝晶组织, 以适合于半固态成形。

该法具有成本低, 夹杂少, 效率高, 适用合金范围广等特点。形核是金属凝固过程的基础, 研究液相线温度附近熔体中的形核规律, 对液相线铸造技术的完善及其理论研究具有重要意义。

本工作研究了液相线温度附近 A356 铝合金在不同保温温度及不同保温时间下的形核数量, 晶核形貌的变化规律, 为液相线铸造法制备铝合金半固态浆料的深入研究奠定基础。

1 试验

1.1 合金的熔炼与铸造

合金以工业纯铝 (含铝 99.7%)、铝-硅合金、金属镁、锰等为原料, 在坩埚式电阻炉内进行熔炼, 合金的化学成分如表 1 所示。精炼后的合金转入静置炉内进行二次深度净化后, 在计算机程序控温仪精确控制下冷却与恒温, 分别在 625、615、605 和 595℃ 保温 5、15、30 和 60min。后用石英管抽取一段液柱 (5~10mm), 迅速淬水, 采用光学显微镜观察分析金相组织。

表 1 试验用 A356 合金成分

Table 1 Composition of experimental A356 alloy

元素	Si	Mg	Fe	Cu	Al
含量/%	7.01	0.32	0.14	0.19	Bal.

2 结果与分析

不同温度下保温 60、30min 合金的淬火显微组织如图 1、2 所示。A356 铝合金的液相线温度是 615℃, 而 625℃ 高于液相线温度, 所以在 625℃ 保温过程中形核较少, 淬水后的组织粗大, 分布不均, 且多为枝

晶组织, 如图 1d 所示。而在 595, 605 保温时熔体处于过冷状态, 保温过程中形成了大量的晶核, 分布均匀, 尺寸细小, 如图 1a, b 所示。615 保温时虽然没有处于明显的过冷状态, 但由于非均质形核所需过冷度很小, 所以在 615 保温时也有大量晶核存在, 其晶

间存在有针状组织, 如图 1c 所示。

形核率受两方面因素的控制, 一方面是随着过冷度的增加, 临界晶核半径和形核功都随之减小, 形核率增加, 由于结构起伏而产生的原子集团 (晶核) 能够长大。另一方面, 无论是晶核的形成还是晶核的长

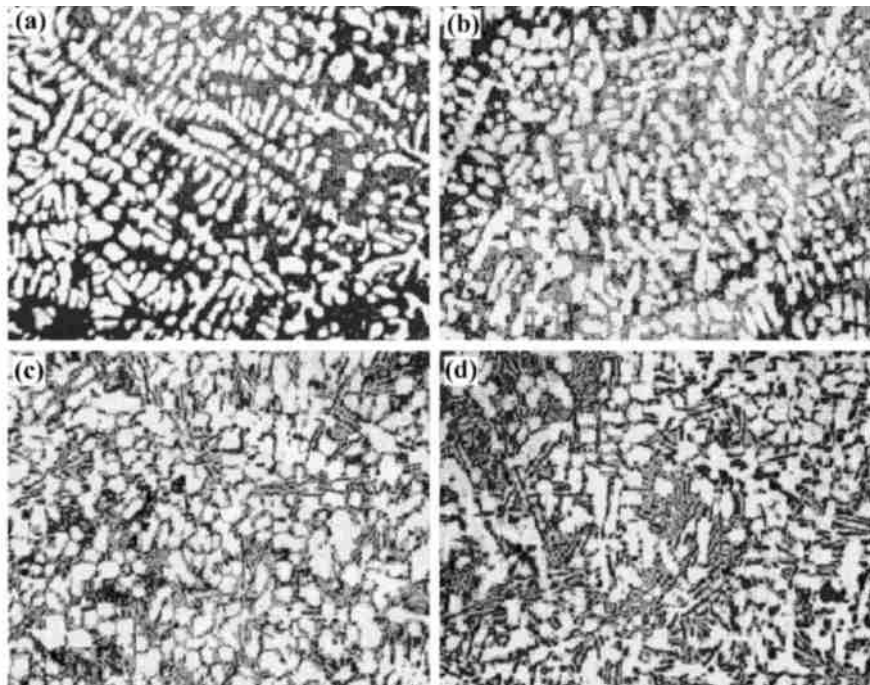


图 1 不同温度下保温 60min 合金的淬火显微组织

(a) 595 ; (b) 605 ; (c) 615 ; (d) 625

Fig. 1 Microstructures of heat preservation 60 min at different temperature

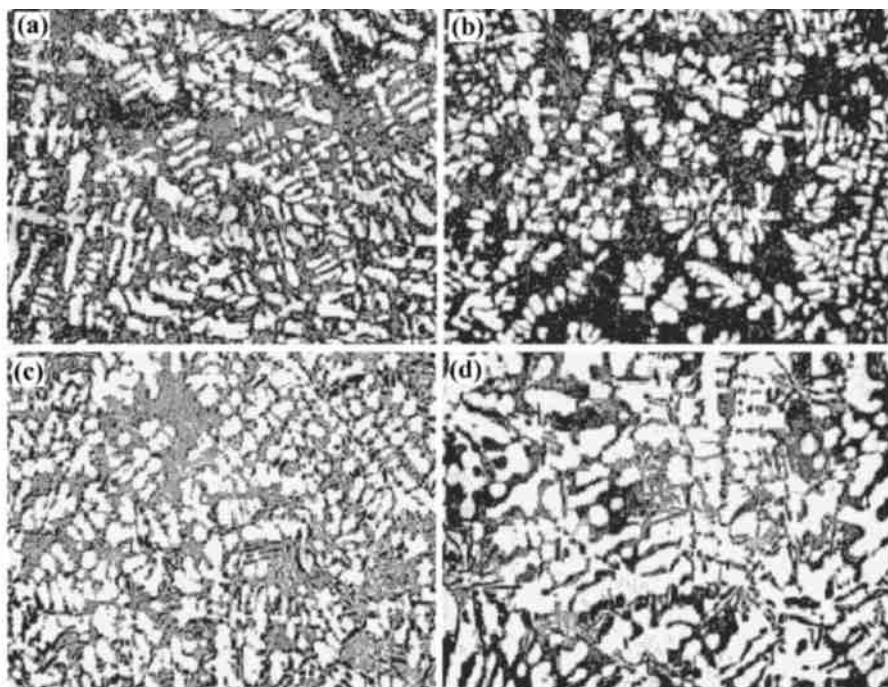


图 2 不同温度下保温 30min 合金的淬火显微组织

(a) 595 ; (b) 605 ; (c) 615 ; (d) 625

Fig. 2 Microstructures of heat preservation 30 min at different temperature

大,都必须伴随着液态原子向固态原子集团(晶核)处的扩散迁移,没有液态原子扩散迁移,晶核的形成、长大就不能进行,但是增加液态金属的过冷度就势必降低原子的扩散能力,形核、长大过程难以进行,有效晶核数目减少,即形核率降低。以上相互矛盾的因素,决定了形核率的大小。表2为ISA 图象分析仪晶粒数目的分析结果,由于过冷和原子扩散能力的影响,A356 铝合金在液相线附近保温时最佳保温温度为605^o。此时形成的晶核数最多。在随后的长大过程中,晶核间彼此抑制,难以长大,表现为组织细小,分布均匀。

表2 不同条件下的晶粒数 (个/毫米²)
Table 2 Grain numbers at different conditions (个/毫米²)

温度/晶粒数	5	15	30	60
595	334	360	401	503
605	364	398	450	535
615	320	340	408	470
625	180	210	238	284

在60min 内随保温时间的延长,晶核长大得到的晶粒数目越多,分布越均匀。

形核并不是在瞬间完成的,它需要一定的保温时间才能形成稳定的晶核,保温时间延长有利于稳定晶核的形成。由于成分起伏,合金液的成分分布并不均匀,保温时间的延长有利于合金溶质分布均匀。

3 结论

(1) 由于过冷和扩散的共同影响,A356 铝合金液相线铸造最佳保温温度为605^o。

(2) 在60min 时间内,晶核数随保温时间的延长而增加,且分布更加均匀。

参考文献

[1] Kirkwood D H, Kapranos P. Metal and materials, 1988, 11 (2): 16- 20.

[2] Flemings M C, Piek R G, Young K P. Metallurgical Transactions, 1972, 17 (3): 1925- 1932.

[3] Fleming M C. Behavior of metal alloys in the semi-solid state [J] . Metallurgical Tanslations, 1991, 22B (6): 269- 291.

[4] Kenney M P, Courtois J A, Evans R D, et al. Metals handbook, 9th ed Ohio: ASM 1988, 15: 327- 338.

[5] Kiuchi M, Sugiyama S. Application of mashy state extrusion [J] . J Mater Shaping Technol, 1990, 8: 39- 51.

[6] Chiarmetta G .Thixoforming of automobile components[A] . In: Kirkwood D H and Kapranos P eds. Proceedings of the 4th International conference on semi-solid processing of alloy and composites [C] . Shetlied: The University of Sheffield, 1996, 204

- 207.

[7] Nakada Masayuki, shiohara Yuh, Flemings M C. Semi-solid processing of copper alloys for electric motor components [J] . [SI] International, 1990, 30 (1): 27- 33.

[8] G Lu, J Cui, J dong, K Xia. Continuous casting of al alloy 7075 for semi-solid forming [C] . 6th International Conference Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, (Italy).

[9] 崔建忠, 路贵民, 刘丹, 等. 半固态浆制备技术的新进展 [J] . 哈尔滨工业大学学报, 2000, 32 (4): 110- 113.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59974009)

收稿日期: 2001-07-28

作者简介: 王平 (1964-), 男, 博士研究生, 现从事材料的半固态加工理论及应用方面的研究, 联系地址: 沈阳东北大学 317# (110004)。

* * * * *

(上接第 22 页)

(2) 陶瓷粉添加量影响光热转换纤维非织造布的性能,随着添加量增加,纤维非织造布的光热转换能力随之增加;但添加量达到4%以后光热转换能力将不再增加,继续增大添加量,非织造布表面温度反而有所下降。

(3) 光热转换纤维非织造布与丙纶纤维非织造布相比,具有良好的蓄热性能和保温性能,其两者之间的最大温差可达7.4^o,最小温差为1.6^o。而且实验证实光热转换纤维在近红外波段和可见光波段具有较强的光吸收性,易于发生光热转换。

参考文献

[1] Tatsuya Honggu, Glyn O Philips. New Fibers (Second Edition) [M] . Woodheed Publishing Limited, 1997.

[2] 古田常胜. 蓄热保温纤维素材 [J] . 纤维と工业, 1993, 49 (11): 399.

[3] 柳康夫, 河内博之, 细川宏. 白色系蓄保温・导电 É É 开发 [J] . 纤维と工业, 2000, 56 (9): 8- 11.

[4] 张兴祥. 远红外纤维和织物及其研究与发展 [J] . 纺织学报, 1994, 25 (11): 42- 47.

[5] 葛新石. 传热学 [M] . 北京: 科学出版社, 1980: 281- 286.

[6] 古田常胜, 阳光蓄热保温纤维的开发 [J] . 机能材料, 1992, 12 (1): 37- 44.

[7] 张兴祥, 王学晨, 马怡敬, 等. 含远红外辐射物质聚合物的组成与远红外发射性能 [J] , 功能材料, 2000, 31 (1): 93- 95.

[8] 张兴祥, 张华, 王学晨, 等. 远红外丙纶的组成与远红外发射性能 [J] , 红外技术, 1999, 21 (4): 44- 47.

基金项目: 天津市自然科学基金资助项目 (003801711); 国家自然科学基金资助项目 (30073015)

收稿日期: 2001-07-16

作者简介: 石海峰 (1975-), 男, 河北省遵化市人, 天津工业大学在读硕士生, 从事功能纤维方面的研究, 联系地址: 天津工业大学功能纤维所 (300160)。