

SiC 颗粒对 Al - Zn 合金激光快凝晶粒组织的影响

勾宏图¹ 张 坤²

(1. 河南新机股份有限公司, 河南 新乡 453002; 2. 中科院力学研究所材料中心, 北京 100080)

摘 要: Al - Zn 合金和 SiCp/Al - Zn 复合材料的激光重熔晶粒组织的对比研究表明, SiC 颗粒对凝固初生相的生长具有阻碍作用。在颗粒尺寸较大和颗粒含量较高的条件下, 激光熔池中会形成非外延生长的晶粒。

关键词: 晶粒组织; 激光重熔; Al - Zn 合金; SiC 颗粒; 凝固

中图分类号: O741.1

文献标识码: A

文章编号: 1008 - 3944(2002)02 - 0049 - 02

0 前言

目前, 人们对合金激光快凝组织的形成机制已进行了深入研究^[1], 但对复合材料的激光快凝机制则较少关注。由于增强体的存在会改变基体的凝固行为, 用于控制合金凝固组织的方法很难直接移植到复合材料上来^[2]。

晶粒组织对材料性能有着重要影响。对于合金材料, 激光熔池中一般形成外延生长的柱状晶^[1]。对复合材料来说, 情况可能并非如此。非快速凝固条件下的研究已经表明, 增强体可以通过改变初生相的形核和晶体生长过程而影响基体的晶粒组织^[2]。为此, 本文研究颗粒增强体对合金激光快凝组织的影响规律, 以探索复合材料基体的晶粒选择机制。

1 实验

为便于比较, 选择了三种不同材料进行实验, 它们分别为 7075 合金、含 10 vol. % SiCp (直径为 10 μm) 的 7075 合金及含 2 vol. % SiCp (直径为 4 μm) 的 7075 合金。原材料的热

处理状态为 T4。

用连续 CO₂ 激光进行表面单道重熔实验。光斑直径、激光功率和扫描速度分别定为 2 mm、600 W 和 30 mm/s。前期实验表明, 这样的工艺参数组合可以避免激光熔池中颗粒的熔化以及颗粒与合金熔体的界面反应。

沿激光扫描方向将激光扫描道纵向剖开, 用光学显微镜观察熔区组织, 金相腐蚀剂为混合酸水溶液。

2 实验结果与讨论

图 1 为激光熔区的显微组织。比较图 1(a) 和图 1(b) 可以看出颗粒对基体的相组成无影响, 熔区的组织组成物均为初生枝晶和枝晶间共晶。但是, 颗粒对初生相的生长有明显影响。在合金熔区中, 初生相为规则排列, 偏向热流方向。在复合材料熔区中, 初生相的生长虽仍偏向热流方向, 但存在一定的无序现象。Mridha 和 Baker 在激光熔覆 SiCp/Ti 复合材料时也观察到这种无序现象^[3]。

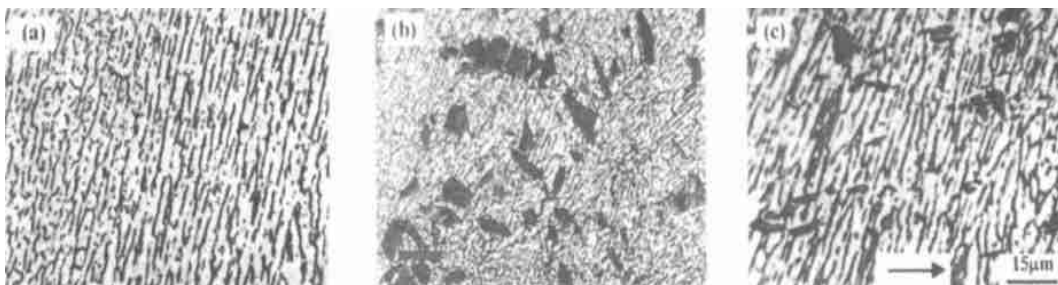


图 1 激光熔区的晶粒亚组织: (a) 7075 合金, (b) 含 10 % SiCp (10 μm) 的 7075 合金, (c) 含 2 % SiCp (4 μm) 的 7075 合金。激光扫描方向用箭头指示。

众所周知, SiC 颗粒对 (Al) 初生相无异质形核作用。因此, 颗粒对凝固组织的影响应归结到颗粒对晶体生长的

收稿日期: 2001 - 10 - 05

作者简介: 勾宏图 (1968 →), 男, 河南新乡人, 硕士, 工程师。

影响。文献[4,5]认为,由于颗粒是热质传递的屏障,定向凝固前沿的温度场和浓度场会受到扰动。一旦在柱状晶内形成具有不稳定分叉的枝晶,金相检验时就会观察到初生相的不规则生长特征。简而言之,晶体紊乱生长是晶粒亚组织扭曲的具体表现。这一观点也能解释图1(c)所示的实验结果,即当颗粒尺寸较小且含量较少时,扰动效应很小,晶体有序生长的特征仍得以保持。

然而,从图2可以看出,晶体不规则生长的主要原因应归结于熔池中的形核现象。如图2(b)所示,颗粒的存在导致熔池中形成非外延生长的晶粒,这些晶粒大都呈微细柱状晶特征,熔池底部有少量等轴晶存在。这种晶粒组织特

征与无颗粒时熔池中外延柱状晶的特征完全不同(图2(a))。

在不含增强相的合金的激光快凝时,高温梯度的存在使得凝固前沿过冷度很小,形核现象很难发生,故一般出现外延柱状晶。但是,如前所述,颗粒可以阻碍溶质扩散,当凝固界面接近颗粒时,界面前沿溶质富集程度增加,这会降低界面推进速度,界面前沿过冷度随之增加。颗粒尺寸越大且数量越多,阻碍作用越强,过冷度相应越大。当过冷度超过形核所需过冷度时,熔池中就会出现形核现象(图2(b))。如果颗粒尺寸太小且数量太少,过冷度不会受到明显影响,熔池中晶粒组织仍保持外延生长特征(图2(c))。

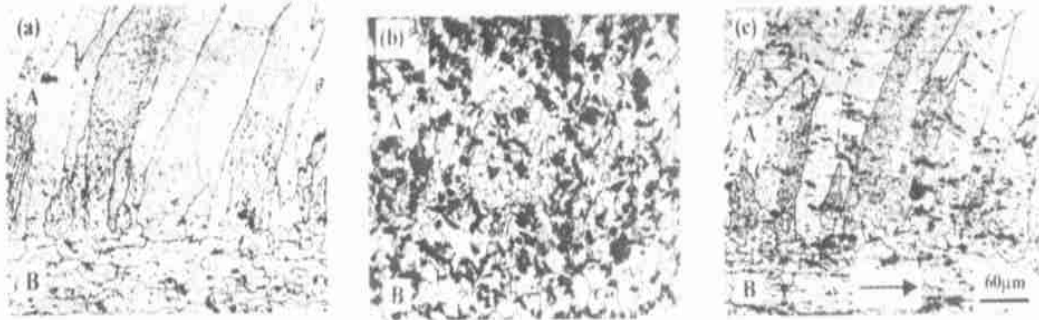


图2 激光熔区的晶粒组织:(a) 7075合金,(b)含10% SiC(10 μ m)的7075合金,(c)含2% SiC(4 μ m)的7075合金。激光扫描方向用箭头指示。

上述机制可以称为‘颗粒阻碍晶粒生长机制’,最早由Sekhar和Trivedi^[6]提出并被Dutta和Surappa^[7]用来解释多向凝固时颗粒对基体晶粒的细化作用。显然,该机制与文献[8,9]中提出的晶粒非外延生长机制不同。在文献[8,9]的实验中,熔池中存在很大的过冷度和大量的非均质形核核心,形核速率很高,故形成等轴晶。在本文实验中,形核速率不高,故主要形成微细柱状晶。

3 结论

在Al-Zn合金的激光快凝时,SiC颗粒的存在不会改变凝固模式、凝固组织中相组成及组织组成,但会影响激光熔区中晶粒组织。在颗粒尺寸较大和颗粒含量较高的条件下,激光熔池中会形成非外延生长的晶粒。

参考文献

- [1] P. Gilgen, A. Zryd and W. Kurz, *ISIJ Int.* 1995, 35:566.
- [2] R. Asthana, *J. Mater. Sci.* 1998(33):1679.
- [3] S. Mridha, T. N. Baker, *J. Mater. Process. Technol.* 1997(63):432.
- [4] P. K. Rohatgi, K. Pasciak, C. S. Narendranath, S. Ray and A. Sachdev, *J. Mater. Sci.* 1994(29):5357.
- [5] Y. H. Liu, Z. M. He, S. F. Liu and Z. C. Yang, *J. Mater. Sci. Lett.* 1993(12):254.
- [6] J. A. Sekhar, R. Trivedi, *Mater. Sci. Engng.* 1991(A147):9.
- [7] B. Dutta, M. K. Surappa, *Composites.* 1998(29A):565.
- [8] M. Gremaud, D. R. Allen, M. Rappaz, J. H. Perepezko, *Acta Metall. Mater.* 1996(44):2669.
- [9] C. Rieker, D. G. Morris, *Mater. Sci. Engng.* 1991(A133):854.

The influence of SiC particles on grain structure development during laser rapid solidification

Gou Hongtu Zhang Kun

(Henan Xinji Co., Ltd., Xinxiang 453002)

(Materials Center, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract: Grain structure development of Al-Zn alloy and SiCp/Al-Zn composite are comparatively studied through laser remelting process. The results show that the SiC particles may restrict crystal growth of primary phase during solidification. Under the condition of higher volume fraction of larger particles, non-epitaxial grain structure development is favored in laser resolidified zones.

Key words: grain structure; laser remelting; Al-Zn alloy; SiC particle; solidification

【责任编辑 刘东慧】