

快速凝固 $\text{Al}_{88}\text{Cr}_2\text{Ni}_{10-x}\text{Mn}_x$ ($x = 0, 5, 7$ 或 10) 合金准晶相的形成^①

李明军 宋广生 吕衣礼 杨根仓 周尧和

(西北工业大学凝固技术国家重点实验室, 西安 710072)

摘 要 采用 Edmund Buhler 超快速急冷液淬装置, 结合 X 射线衍射 (XRD) 和透射电子显微技术 (TEM), 研究了 $\text{Al}_{88}\text{Cr}_2\text{Ni}_{10-x}\text{Mn}_x$ ($x = 0, 5, 7$ 或 10) 合金在快速凝固条件下的准晶相形成规律。结果表明, 随着 Mn 含量的提高, 合金的非晶程度逐渐减小, 直至完全消失; 准晶含量逐渐增加, 当 $x = 10$ 时, 准晶含量约为 50%。在 $\text{Al}_{88}\text{Cr}_2\text{Ni}_{10}$ 合金中, 准晶晶粒细小, 没有充分长大。随着 Ni 含量的减小, 初生相准晶已经充分长大, 呈规则的菊花状。Ni 和 Mn 的含量对晶态 $\alpha\text{-Al}$ 影响不大。

关键词 AlCrNiMn 合金 快速凝固 相形成 准晶

中图法分类号 TG139

合金中的相选择是现代凝固理论研究中的新热点。相的成分、种类、分布及形貌在很大程度上决定了合金的力学性能。快速凝固合金中的相选择是非平衡条件下的相变过程。非平衡相变总是与非平衡态热力学和非平衡态动力学过程紧密相关的^[1]。基于对非平衡和非线性自组织认识的局限性, 人们还不能严格地从热力学和动力学的角度分析这种相变过程, 因此传统的相平衡理论无法解释某些新相的形成。1984 年, Shechtman 等人^[2]采用快速凝固技术在 Al-Mn 和 Al-Cr 合金中首次发现了具有五次旋转对称轴的准晶 (Quasicrystal)。进一步的研究表明, 准晶有两种结构: T 相 (Decagonal phase) 和 I 相 (Icosahedral phase)。准晶的发现是晶体学研究上的重大突破^[3]。80 年代末, 世界上掀起了一股研究准晶的热潮, 研究范围包括准晶的形成能力和准晶的各种性能, 如物理性能、力学性能、电磁性能等, 同时对准晶的形成规律和机制也做了一些探讨。Keton^[4]对影响准晶特性的各种因素及准晶形成机制进行

了详细的评述, 但到目前为止, 关于准晶的形成机制说法不一^[5], 根据这些机制预测得到的有关准晶数据与实测值差距较大, 因此这方面的研究还有待进一步深入。本文作者采用 XRD 和 TEM 技术, 研究了 $\text{Al}_{88}\text{Cr}_2\text{Ni}_{10-x}\text{Mn}_x$ ($x = 0, 5, 7$ 或 10) 合金在快速凝固条件下的准晶相形成规律, 分析了不同 Mn 含量时准晶的形成机制, 并且比较了不同 Mn 含量时准晶的形貌。

1 材料和实验方法

将纯度分别为 99.99%, 99.9%, 99.9% 和 99.9% (质量分数) 的 Al, Cr, Ni 和 Mn 的颗粒用稀盐酸、氢氧化钠溶液、蒸馏水、酒精等清洗并烘干后, 在光电天平 (分度值为 0.1 mg) 上配料。在 MAM-1 电弧炉中采用氩气保护配制了 Mn 含量分别为 0, 5, 7 和 10 的四种 $\text{Al}_{88}\text{Cr}_2\text{Ni}_{10-x}\text{Mn}_x$ (摩尔分数, %) 母合金。

① 国家自然科学基金资助项目 59671045 及航空基金资助项目 96G53081

收稿日期: 1997-03-24; 修回日期: 1997-06-09 李明军, 男, 28 岁, 博士研究生