

Al-Cu-Fe-Mg 系准晶的形成规律^①

陈振华 蒋向阳 王云 钱崇梁 周多山 黄培云

(中南工业大学)

摘 要

采用快速凝固方法制备成Al-Cu-Fe-Mg合金粉末, 该合金粉末在室温下为晶态相, 加热到600℃左右开始转变为准晶相, 到800℃左右基本转变成20面体准晶相, 而在900℃左右重新变为晶态相。论文对Al-Cu-Fe-Mg系合金加热时相结构变化、准晶相成分范围、准晶相形成规律, 进行了详细的研究。

关键词: 粉末, 准晶, 快速凝固, 相变

著者在开发多元系准晶合金时, 提出了准晶的成分加和原则^[1,2]。所谓成分加和原则是指: 可将某些准晶态合金系按一定成分加合在一起, 通过快速凝固方法制备出多元系准晶态合金。根据这个原则已经得到大量新的准晶态合金, 并在研究Al₆₅Cu₂₀Fe₁₅和Mg₃₂(Al, Cu)₄₉两种准晶合金的成分加和规律时, 发现通过快速凝固所制得的Al-Cu-Fe-Mg系合金粉末, 在室温下为晶态相结构, 在600℃左右由晶态相向准晶相转变, 到800℃左右晶态相基本转变为20面体准晶相。现将Al-Cu-Fe-Mg系准晶的形成规律介绍如下。

1 实验方法

将Al-Cu-Fe-Mg系合金分别按表1所示合金成分进行加和合成后, 经化学分析证实, 名义化学成分和实测快冷粉末的化学成分基本相同。在表1的基础上另外还配制了一些Al-Cu-Fe-Mg系合金, 将这些合金熔化后, 采用自行研制的快速冷凝装置制取合金粉

末^[3], 该装置的冷却速度估算为10⁵-10⁷ K/S。粉末平均粒度为15 μm左右。将制得的粉末用H800电子显微镜、D5000 X-射线衍射仪及DTA等仪器进行测试, 并用能谱进行成分测定。在进行高温X-射线衍射时采用氮气作为保护气氛。

表1 Al-Cu-Fe-Mg合金的化学成分

样号	Al ₆₅ Cu ₂₀ Fe ₁₅ 和Mg ₃₂ (Al, Cu) ₄₉ 的质量比	化学成分 (wt.-%)			
		Al	Cu	Fe	Mg
1	2: 1	37.6	39.2	14.5	8.7
2	1: 1	33.7	42.4	10.9	13.0
3	1: 2	29.8	45.7	7.2	17.3

* Mg₃₂(Al, Cu)₄₉合金中Al、Cu原子比相同。

2 实验结果和讨论

2.1 加热时的相结构变化

对快速冷凝Al-Cu-Fe-Mg系合金粉末, 用差热分析仪(DTA)室温和高温X-射线衍射仪及透射电镜研究其加热时的相变。结果表明, 快冷粉末在室温下为晶体相, 加热到600℃左右由晶体相向准晶相转变, 到800℃

①本文属国家自然科学基金资助项目, 于1991年12月5日收到

左右晶态相基本转变为 20 面体准晶相，继续加热到 900 °C 左右准晶相又重新变为晶态相。图 1 为 Al-Cu-Fe-Mg 合金快冷粉末的 X-射线衍射图。图 2 为 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末快冷的 DTA 曲线。图 3 为 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末快冷的高温 X-射线衍射结果。图 4 为合金快冷粉末在 800 °C 下保温 0.5 h 后冷却到室温的准晶衍射斑点图谱和能谱。这些结果充分说明了快冷 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末随温度而变化的上述相变规律。

含量过高，均不利于粉末在加热时形成准晶。

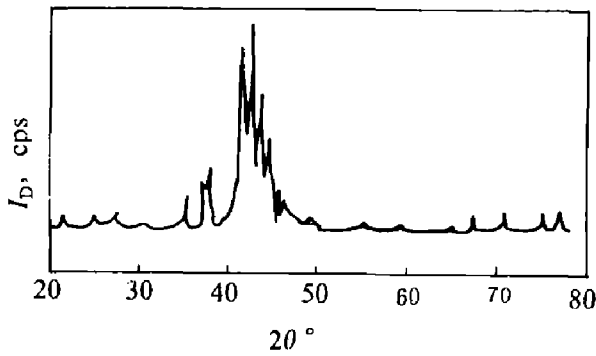


图 1 快冷 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末的 X-射线衍射图
(样品 3)

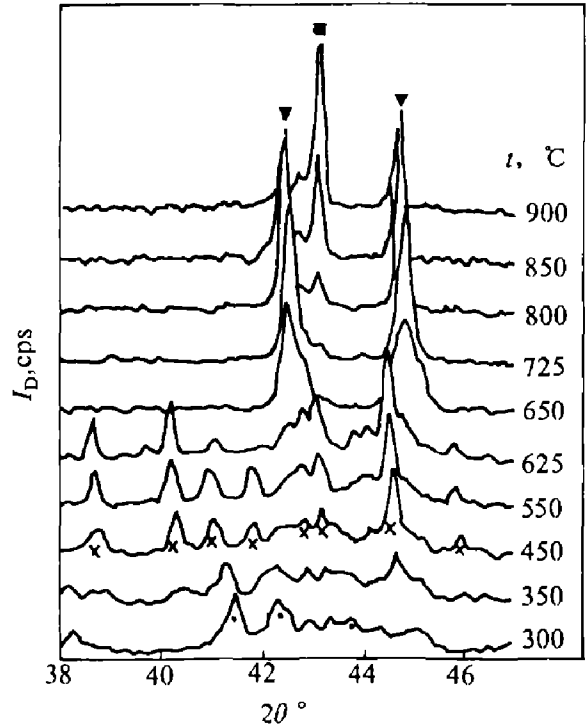


图 3 快冷 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末
的高温 X-射线衍射图
(样品 1; 升温速度: 5 °C/min; 1—准晶相; x—晶体相)

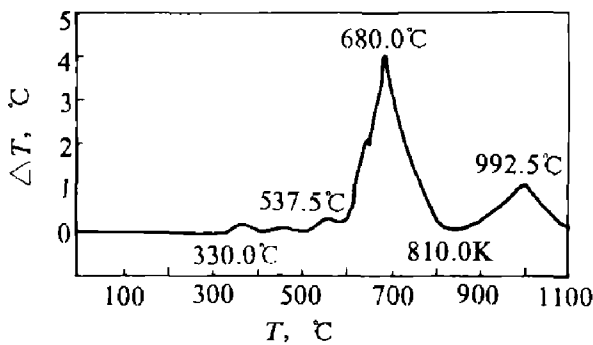


图 2 快冷 Al-Cu-Fe-Mg 合金粉末的 DTA 曲线
(样品 1; 加热速度 10 °C/min)

2.2 成分范围

形成 Al-Cu-Fe-Mg 四元系准晶的成分范围比较宽，而且能对组元之间的成分进行某些调整。表 1 所示成分均能在加热时形成准晶。实验表明，Al-Cu-Fe-Mg 系准晶各组元的成分可以在如下范围内选择。Al: 25~40 wt.-%; Cu: 35~40 wt.-%; Fe: 5~20 wt.-%; Mg: 5~20 wt.-%。合金系中某些组元的成分过低或偏离，如 Fe 含量过低，Mg

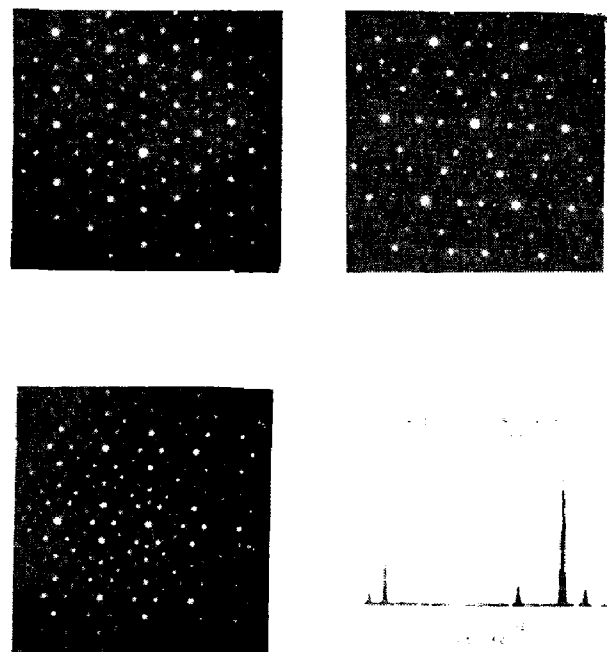


图 4 Al-Cu-Fe-Mg 准晶 5-3-2
对称轴衍射斑点图谱
(样品 1; 在 800 °C 保温 0.5 h)

一般来说,若采用 $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$ 和 $\text{Mg}_{32}(\text{AlCu})_{49}$ 两种母合金作炉料,并且这两种母合金含量均按表1所列比例配制,则粉末在加热时均能形成 Al-Cu-Fe-Mg 系准晶。

图5所示为含铁量不同的 Al-Cu-Fe-Mg 系合金快冷粉末在加热时形成准晶能力的比较。

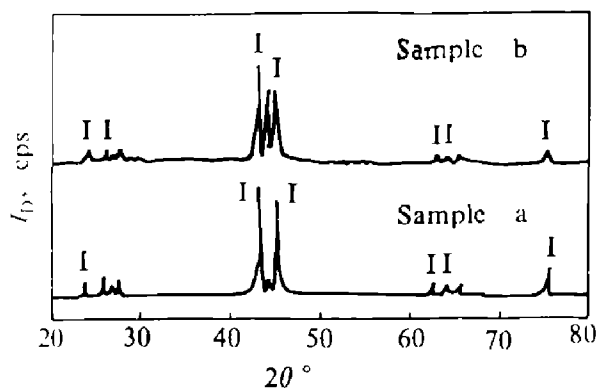


图5 两种含 Fe 量不同的 Al-Cu-Fe-Mg 系准晶的 X-射线衍射图

800 °C, 保温 0.5 h

wt.-% 为 a: 37Al-38Cu-14Fe-11Mg;

b: 41Al-43Cu-4Fe-12Mg

2.3 相关的晶态相结构

实验时,对 Al-Cu-Fe-Mg 系合金中与 Al-Cu-Fe-Mg 系准晶相相关的晶态相结构进行标定,发现快冷粉末在室温下主要为六角 (H_1 相, $a=b=5.1\text{\AA}$, $c=8.5\text{\AA}$) 和体心正交 (O 相, $a=6.4\text{\AA}$, $b=7.6\text{\AA}$, $c=8.5\text{\AA}$) 两种晶体相。将粉末加热到 300~600 °C 时晶体相的结构变复杂,在 600 °C 以上准晶相和晶体相

共存,到 800 °C 左右晶体相消失,并全部转变为准晶相;继续加热至 900 °C 左右,又重新产生晶态相,此时的晶态相主要为六角相 (H_2 相,其 $a=b=5.1\text{\AA}$, $c=5.5\text{\AA}$)、 $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$ 和 B_2 -base 相^[5]。

3 结 论

(1) 采用由加和原则构成和快速凝固制备的 Al-Cu-Fe-Mg 系合金粉末,在室温下为晶态相结构,加热到 800 °C 左右由晶态相转变为 20 面体准晶相结构;

(2) 在 Al-Cu-Fe-Mg 合金中,当 Fe 含量过低、Mg 含量过高时,不利于晶态相在加热过程中转变成准晶。

本研究中用透射电镜观察粉末结构的工作,是在湖南大学肖觉民和吴力军的帮助下完成的,作者借此机会向他们表示衷心的感谢。

参考文献

- 1 Chen Zhenhua et al. Scripta Metallurgica & Materialia, 1992, 26
- 2 陈振华等.中南矿冶学院学报, 1991, 22(1)增刊: 48
- 3 陈振华等.中国专利, No88212137.5, 1988.2.12
- 4 陈振华等.中南矿冶学院学报, 1991, 22(1)增刊: 11
- 5 Zhang Z et al. Scripta Metallurgica, 1990, 24 (1): 1329.