

# 等温时效对 Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce 合金 相结构的影响<sup>①</sup>

邓忠民

(昆明贵金属研究所, 昆明 650221)

## 摘 要

用透射电镜、X射线衍射、DSC分析和某些物理性能研究了等温时效对 Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce合金相结构的影响。研究表明:合金等温时效发生调幅分解的同时导致生成一种具有  $DO_{22}$  ( $Al_3Ti$ 型)结构的化合物,该化合物不具有超点阵结构,其数量随时间增加而增加,同时还有短程有序现象,短程有序参数随时间增加而减小。

**关键词:** 等温时效 Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce 相结构

Cu-Ni-Sn合金是调幅分解强化合金,在调幅分解的同时还形成超点阵第二相。Bastow等<sup>[1]</sup>推测这个相是  $(Cu_xNi_{1-x})_3Sn$ ,它是一个具有Cu和Ni替代交换的有序面心的  $DO_3$ 型金属间化合物;Plewes<sup>[2]</sup>认为它是具有  $DO_{22}$ 型 ( $Al_3Ti$ )结构的介稳相;Dttchek等<sup>[3]</sup>则认为这个  $\gamma$ 相沉淀是有序的  $Ni_3Sn$ ,它是  $DO_{22}$ 点阵的反映统计数字象征性图。

本文研究了等温时效对 Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce合金相结构的影响。

## 1 实 验

在氢气条件下 820℃固溶后,在 350℃用不同时间时效的样品,用直接薄膜法制取薄膜,用 JEM-2000EX 透射电镜观察显微结构。用 D/max-yc 衍射仪,  $CuK\alpha$ , 50kV 对时效样品作结构分析。固溶冰水淬样品用 P-EDSC-4 型热分析仪,升温速率 10℃/min,在 60~600℃温度范围作 DSC 分析,测量不同时效时间样品的电阻率和电阻温度系数。

## 2 实验结果

### 2.1 TEM 观察

透射电镜观察发现,明场象有明显的条纹衬度,而且随时效时间增加,条纹衬度变得明显。用 10min 时效的样品电子衍射没有第二相衍射斑点,60min 时效后的样品有明显的第二相衍射斑点。图 1 是 60min 和 1800min 时效样品的明场象和电子衍射图比较。

### 2.2 X 射线衍射分析

X 射线衍射分析结果如图 2。该合金是以 Cu 为基的面心固溶体,  $a_0 = 3.6404 \text{ \AA}$ 。时效过程产生  $DO_{22}$  ( $Al_3Ti$ 型)面心正方晶系结构的化合物,确定为  $Ni_3Sn$ ,其点阵参数  $a_0 = 4.7382 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 3.1881 \text{ \AA}$ ,其数量是随时效时间增加而增加。衍射图表明低角度有漫散射,高角度无超点阵衍射线,统计算  $a_m$  如表 1。

### 2.3 DSC 分析

DSC 分析结果如图 3,从图看到在 170~274℃温度范围内有一个放热反应,具有最大

① 收稿日期:1993年8月13日

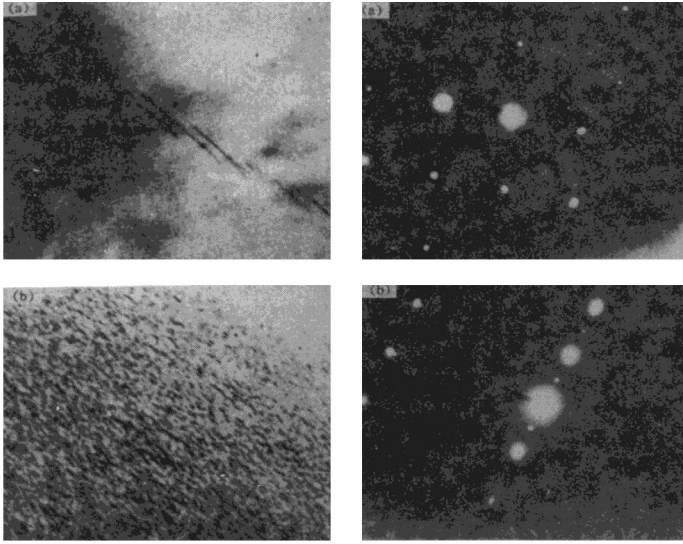


图1 不同时间时效样品的明场象和电子衍射图  
(a)—时效 60 min, ×100 000, (b)—时效 1800 min, ×150 000

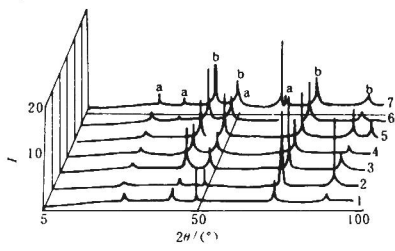


图2 不同时效时间样品的X射线衍射图

1—10 min; 2—25 min; 3—40 min;  
4—60 min; 5—300 min; 6—1800 min;  
7—1800 min; a—Ni<sub>3</sub>Sn 较明显峰;  
b—以 Cu 为基的面心立方固溶体结构

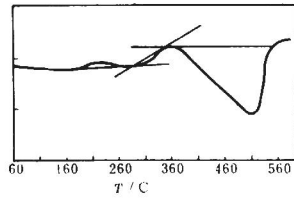


图3 固溶 Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce 合金的 DSC 分析图

表1 时效对  $\alpha_m$  的影响

时效时 / 时 min	10	25	40	60	300	1300	1800
$\alpha_m$	0.4030	0.3773	0.3665	0.3120	0.3106	0.2694	0.1964

放热值的温度是 222.5 °C, 平均放热 -0.627 J/g; 286~357 °C 温度范围有一个较小的吸热

反应, 而 364~552 °C 温度范围有一较大的吸热反应, 平均吸热 16.05 J/g。

#### 2.4 时效对某些物理性能的影响

图 4 是电阻率、电阻温度系数与时效时间的关系。可见随时间增加, 电阻率是减小而电阻温度系数是增加的。

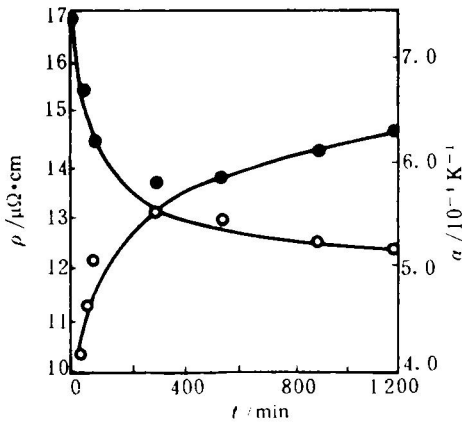


图 4 时效时间  $t$  与电阻率  $\rho$ , 电阻温度系数  $\alpha$  的关系

### 3 讨论

已有报道<sup>[4]</sup>Cu-9Ni-6Sn-0.3Ce 合金时效发生 spinodal 分解, 而且分解速率与冷变形有关。根据 TEM 和 X 射线衍射的结构分析结果可知: 在调幅分解的同时该合金有复杂的结构变化, 在低衍射角有漫散射, 且  $a_m < 0$ , 根据 Gainier<sup>[5]</sup>可断定为短程有序; 而高衍射角并没有出现超点阵衍射线, 可见没有超点阵化合物。随时效时间增加, 短程序参数是减小的。

还有, 时效过程中生成  $\gamma$  相沉淀, 它是  $DO_{22}$  型 ( $Al_3Ti$ ) 结构的化合物, 这个化合物并不像以前报导的那样是超点阵化合物。化合物的数量随时效时间增加而增加。

放热反应是因短有序转变还是其他结构变化引起, 有待进一步研究。第一个吸热反应表明调幅分解是亚稳分解, 仅需吸收少的热量就可进行; 第二吸热反应为粗化反应, 就是说  $\gamma$  相的聚集需吸收较多的热量。由于结构的变化, 导致物理性能的变化。由图 4 可见, 时效初期调幅分解很快, 化合物生成随之增多, 故电阻率和电阻温度系数变化较快; 随时间增加, 分解速率减小, 电阻率和电阻温度系数变化随之缓慢。

### 4 结论

合金等温时效发生调幅分解的同时导致生成一种具有  $DO_{22}$  型 ( $Al_3Ti$ ) 结构的化合物, 该化合物不具有超点阵结构, 其数量随时间增加而增加。同时还有短程有序现象, 短程有序参数随时间增加而减小。

#### 参考文献

- 1 Bastow B D, Kirkwood D H. J Inst Met, 1971, 99, 277.
- 2 Plewes J T. In: Proc 3rd Int Conf Strength Mater, 1973, 1, 109.
- 3 Dttchek B, Schuartz L H. Acta Metal, 1980, 28, 807.
- 4 邓忠民. 中国有色金属学报, 1992, 2(1): 82.
- 5 Gainier A. X-ray Dffraction. 1963.