

马氏体相变的动态观察^①

谭树松

(中南工业大学材料系, 长沙 410083)

徐惠彬

(北京航空航天大学材料系, 北京 100083)

摘 要

用 Cu-14Al-4Ni(wt.-%) 记忆合金粗大单晶, 在光学显微镜上配上偏光、干涉、相衬等附件, 使不同取向的马氏体显示出不同的色彩, 研究了马氏体→母相及母相→马氏体的动态转变过程, 发现马氏体相变过程的形式不是单一的, 并显示了一些鲜为人知的、马氏体相变过程的细节。

关键词: 变体 亚结构 共格性

对马氏体相变过程进行动态观察, 多少年来一直是人们没有实现的愿望, 因为钢铁中的马氏体相变速度太快, 组织太细。近年自发现形状记忆合金热弹性马氏体相变以来, 使这一宿愿可以变成现实。因为可以通过控制温度变化, 来控制热弹性马氏体相变速度。

我们用改进的 Brigman 法制取了粗大的 Cu-Al-Ni 记忆合金单晶, 为在光学金相显微镜下研究马氏体相变动态过程提供了条件, 使我们有可能通过控制温度变化来详细研究热弹性马氏体相变过程的细节, 进一步认识马氏体内的亚结构, 不同取向马氏体的形貌及其生长过程的特点。

1 实验过程

Cu-Al-Ni 合金在 Ar 气保护下用高频炉熔炼, 之后铸成圆柱锭, 将这多晶圆柱锭放进带有尖端的石墨坩埚中制取单晶。炉子温度保持在 1200℃, 坩埚下降速度为 40mm/h。单晶鉴定采用腐蚀法, 首先将锭子车光, 再将锭子上、下横断面抛光, 然后用 $\text{FeCl}_3 : \text{HCl} : \text{H}_2\text{O} = 3 : 10 : 100$ 溶液腐蚀。放在光学显微镜下观察时, 没有发现晶界的便是单晶。

试验采用粗大 Cu-Al-Ni 记忆合金单晶进行, 试样在母相状态抛光, 之后热处理获得马氏体浮凸组织。试样的加热采用热吹风机进行, 冷却则采用经冰箱冷至 -20℃ 以下的金属块与试样接触来进行。马氏体相变过程的动态观察和录像, 是在光学金相显微镜 POLYVAR-MET 上进行, 并配上偏光、干涉、相衬等附件, 从而使取向不同、应力状态不同的马氏体变体及其亚结构, 显出不同的色彩, 层次分明地显现出来, 从而使我们能精确地观察到马氏体的动态相变过程, 这是前人所未做到的。本文先介绍马氏体→母体转变的动态观察, 有关母相→马氏体的转变, 将随后报导。

2 马氏体向母相转变的动态观察

从马氏体试样加热转变成母相过程, 观察到其相变方式不是单一的, 初步发现就有如下几种类型(见图 1~4):

I 型(图 1): 加热试样马氏体向母相转变过程中, 首先在中脊(两变体分界面)成核转变成母相(见图 1(a)), 并且二个变体中的一个先转变为母相(图 1(a)至(d)), 显示二个变体的稳定性不一样; 有粗大亚结构的变体比较稳

^① 收稿日期: 1993年7月15日

定。随着母相在中脊成核长大, 亚结构在寝阶段有个伸长过程, 并长入另一已部分转变为母相的变体的区域内(见图 1(b)、(c)), 这个过程从照片清楚可见, 此现象令人费解。随后, 在温度升高到一定程度后, 亚结构才开始随温度升高而缩小。亚结构比马氏体基体要稳定。

升温过程, 基体收缩得快, 而亚结构收缩缓慢, 像鱼刺一样残留在母体相中(见图 1(c)、(d)), 最后才消失。

Ⅱ型(图 2): 马氏体转变成母相不是先从中脊成核, 而是从二个变体中的一个的 M/P 界面开始, 这再次说明马氏体的二个变体的稳

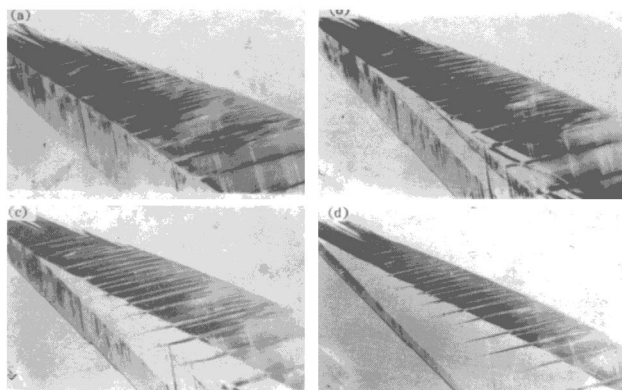


图 1 Ⅰ型马氏体向母相转变过程

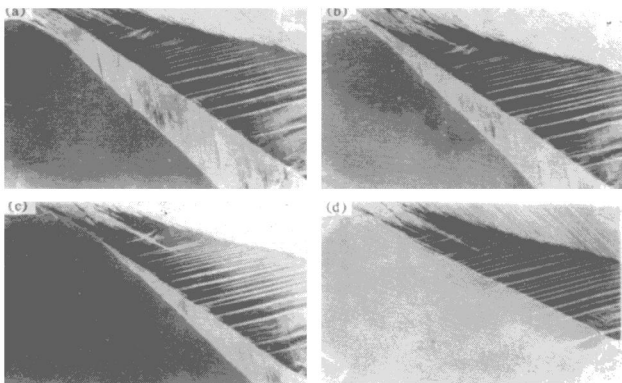


图 2 Ⅱ型马氏体向母相转变过程

定性不相等, 内有粗大亚结构的变体较稳定。在易转变的变体完全转变成母相后, 另一变体才开始向母相转变。继续加热, 马氏体基体比亚结构收缩得快, 亚结构像鱼刺一样残留在母相中, 最后才转变成母相。

这意味着容易转变成母相的变体, 它与母

相的共格性较好, 畸变较小; 而比较难转变的变体, 它与母相的共格性较差; 变体内的亚结构与母相的共格性最差。

■型(图 3): 马氏体转变成母相过程, 从马氏体与母相界面开始, 二个变体同时均匀缩小。马氏体片左右二个变体内的亚结构呈羽毛

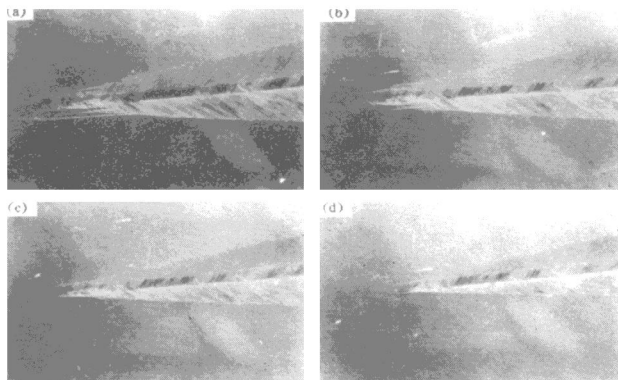


图 3 ■型马氏体向母相转变过程

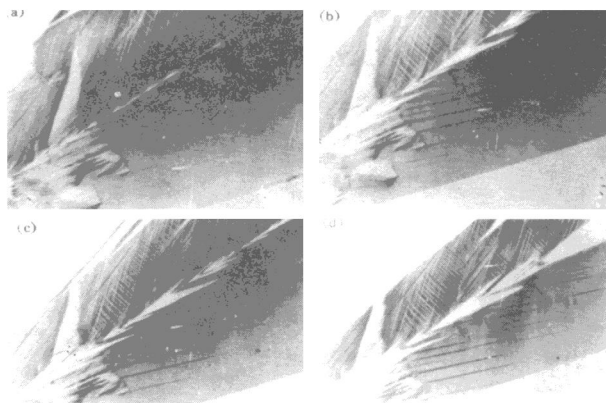


图 4 N型马氏体向母相转变过程

(下转 59 页)

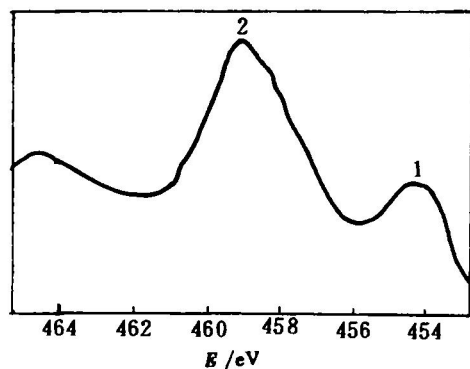


图7 M40/Al、M40/Al-0.4Ti 复合丝脱铝以后纤维表面 XPS 谱

峰1—454.4eV, 为 TiB_2 ; 峰2—459.1eV, 为 TiO_2

邻的基体能承受较大的变形。更重要的是, 合金元素含量的变化直接影响到合金元素对界面的作用。从 Ti、Zr 含量对复合丝性能的影响就可以看出, 要想抑止界面反应, 维持界面的适度结合状态, 合金元素有一较为适当的含量。

4 结 论

(1) 工业铝合金虽经合金化强化和热处理

强化可获得较高强度, 但并不适合于作复合材料的基体; 纯铝基复合丝虽有较高的制造态强度, 但并不稳定。

(2) 适当含量的 Ti、Zr 和 Ce 元素加入铝基体中, 既能获得较高的制造态强度, 又能使复合丝制造态的强度在经较高温度热暴露之后也保持稳定。同时适当含量的合金元素加入铝基体中还会避免产生过多的第二相, 使基体保持较好的韧性。

参考文献

- 1 李华伦, 梁晓宏, 毛志英, 商宝禄. 复合材料学报, 1992, 9(2): 105.
- 2 陈 荣, 张国定, 吴人洁. 材料工程, 1988, (4): 22.
- 3 陈 荣, 张国定, 吴人洁. 复合材料学报, 1987, 4(3): 40.
- 4 Chen R, Zhang G D. J of Material Letters, 1992, 14: 135.
- 5 Diwanji A P, Hall I W. J of Material Science, 1992, 27: 2093.
- 6 邹龙飞, 张国定. 稀土, 1991, 12(1): 7.
- 7 蒙多尔福 LF(著), 王祝堂, 张振录, 郑 璇(译). 见: 铝合金的组织与性能, 北京: 冶金工业出版社, 1988, 328.

(上接 54 页)

状组织, 没有粗大亚结构。这种马氏体片的二个变体, 与母相的共格性是一致的。

IV 型(图 4): 马氏体向母相转变, 以母相在中脊成核及从 M/P 界面转变同时进行。母相在中脊成核、长大的同时, 马氏体片的二个变体也均匀缩小, 从外层不断的向母相转变。这与常见的 $M \rightarrow P$ 转变过程较吻合。

以上图例说明: 马氏体的构成是多样的, 其内部应力状态是不均匀的, 甚至一个马氏体片的二个变体与母相的共格性、热稳定性也可以不等。这说明马氏体相变的实际情况, 比以

往^[1-5]从多晶材料所看到的要复杂得多。

参考文献

- 1 Delaey L, Kvishan R V et al. J Mat Sci, 1974, 9: 1521.
- 2 Wayman C M. In: Shape Memory Effect in Alloys, Jeff Perkins(ed), 1975, 1.
- 3 Wayman C M. In: Proc of 1st JIM Inter Symp on New Aspects of Martensitic Transformation, 1976, 159.
- 4 Shimizu K, Otsuka K. In: Shape Memory Effect in Alloys, Jeff Perkins(ed), 1975, 59.
- 5 Takazawa K, Shindo T, Sato S. Scr Metall, 1976, 10: 13.