

分级时效工艺对 1420Al - Li 合金组织与性能的影响

刘北兴 覃耀春 李仁顺

(哈尔滨工业大学材料科学与工程学院 哈尔滨 150001)

文 摘 研究了分级时效工艺对 1420 Al - Li 合金组织与性能的影响,试验结果表明:经 70 / 12 h + 120 / 4 ~ 10 h 工艺分级时效处理可使 1420 Al - Li 合金的综合力学性能得到显著的提高;分级时效工艺使 1420 Al - Li 合金析出的 相粒子分布均匀、尺寸细小。

关键词 铝锂合金,分级时效,显微组织,力学性能

Effect of Double Stage Aging on Microstructure and Properties of 1420 Al-Li Alloy

Liu Beixing Qin Yaochun Li Renshun

(Harbin Institute of Technology Harbin 150001)

Abstract Effect of double stage aging on microstructure and properties of 1420 Al-Li alloy is studied. It is shown that the double stage aging (70 / 12 h + 120 / 4 h ~ 10 h) may greatly increase comprehensive mechanical properties of the 1420 Al-Li alloys. Besides, Fine phase and uniform distribution of precipitation in Al-Li alloys is obtained by the double stage aging technology.

Key words Al-Li alloys, Double stage aging, Microstructural, Mechanical property

1 引言

1420 Al - Li 合金是前苏联研制的 Al - Mg - Li 系合金,与其它铝锂合金相比,密度更低,焊接性能、抗腐蚀性能和低温性能更优异^[1],但其强度和塑性尚不够理想,进一步提高它的强塑性是扩大其应用的一个重要课题。采用分级时效工艺可以明显提高 Al - Cu - Mg - Li 系合金的力学性能^[2],有关研究表明,1420 Al - Li 合金在时效过程中首先形成 GP 区^[3],因此也可以采用分级时效的工艺进行处理。本文研究了 1420 Al - Li 合金分级时效工艺对组织与性能的影响。

2 试验材料及方法

试验用材料为 1420 Al - Li 合金冷轧板材,板厚 2 mm,其化学成分为:1.85 %Li、3.59 %Mg、0.077 %

Zr、0.10 %Fe,余量为 Al。拉伸试样垂直于板材轧制的方向截取。试样尺寸如图 1 所示。

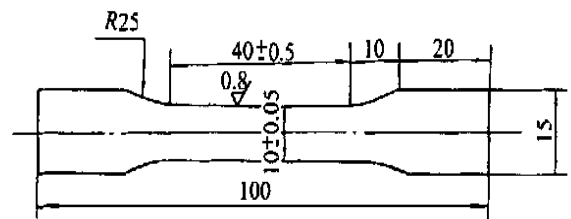


图 1 拉伸试样的尺寸

Fig. 1 Dimension of tensile specimens

试样的固溶处理在硝酸盐浴炉中加热至 450 ,保温 30 min 后水冷,时效工艺规程分为两组,第 组规程中第一级时效工艺为 100 分别保温 8

收稿日期:2000 - 11 - 13

刘北兴,1945 年出生,教授,主要从事金属强化韧化、铝合金电场热处理研究工作

宇航材料工艺 2001 年 第 3 期

— 49 —

h、12 h,第二级时效工艺为 150 分别保温 4 h、10 h、16 h 和 22 h;第 组规程中,第一级时效工艺为 70 / 12 h,第二级时效工艺为 120 ,保温时间分别

为 4 h、10 h、16 h,以及 150 / 4 h,以单级时效工艺 120 分别保温 12 h、30 h 和 50 h 作为对比工艺,见表 1。

表 1 试样的拉伸性能

Tab.1 Mechanical properties of the tensile specimens

组别	时效工艺	$\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	δ / %
	100 / 8 h + 150 / 4 h	313.7	463.6	8.4
	100 / 8 h + 150 / 10 h	320.6	467.8	7.7
	100 / 8 h + 150 / 16 h	321.7	469.4	7.3
	100 / 12 h + 150 / 4 h	322.5	461.6	7.8
	100 / 12 h + 150 / 10 h	325.7	462.5	7.6
	100 / 12 h + 150 / 16 h	326.2	464.6	7.4
	70 / 12 h + 120 / 4 h	303.8	479.9	12.0
	70 / 12 h + 120 / 10 h	345.8	505.3	9.5
	70 / 12 h + 120 / 16 h	348.4	523.2	8.7
	70 / 12 h + 150 / 4 h	329.6	487.6	9.7
单级	120 / 12 h	260.8	435.7	10.3
	120 / 30 h	285.3	454.1	10.1
	120 / 50 h	289.2	454.6	9.9

在 Philips —CM12 型透射电镜上观察合金的显微组织,用 Instron 电子拉伸试验机在室温下进行拉伸试验,夹头移动速度为 0.5 mm/min,每种规程得到的数据为三个试样的平均值。

3 试验结果与分析

3.1 拉伸性能

拉伸性能测试结果如表 1 所示。试验结果表明:试样的抗拉强度及屈服强度随第二级时效时间的延长而增加,延伸率则随第二级时效时间的延长而降低。但总的来看,第 组工艺得到的拉伸性能指标均不理想,强度和塑性均较低。第 组工艺的拉伸曲线如图 2 所示。经 70 / 12 h 预处理后,再经 120 / 4 h ~ 10 h 时效,试样得到的综合力学性能显著提高;提高第二级时效温度虽然强度有所提高,但塑性降低较大。

图 3 为试样在 120 单级时效工艺和 70 / 12 h + 120 分级时效工艺的塑性—强度关系曲线。由图 3 可以看出,在第 组分级时效工艺中,第二级时效时间小于 10 h 时,试样的塑性—强度曲线均位于 120 单级时效曲线的右上方,说明试样采用第 组分级时效工艺规程,可获得显著优于单级时效处理

时的强度和塑性配合。

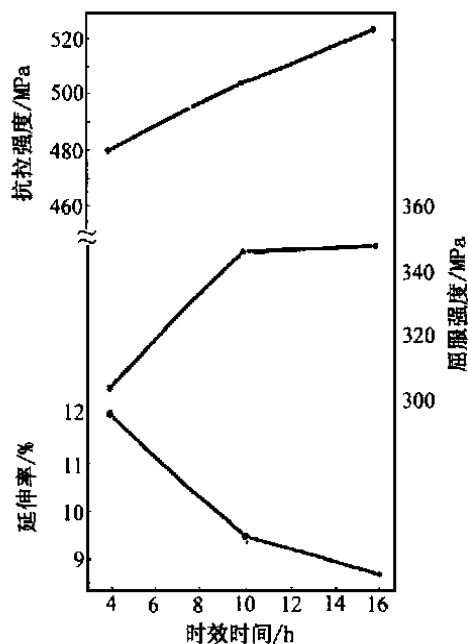


图 2 试样经 70 / 12 h + 120 分级时效后的拉伸性能曲线
Fig.2 Mechanical properties vs second stage aging time for specimens tested in double stage aging (70 / 12 h + 120)

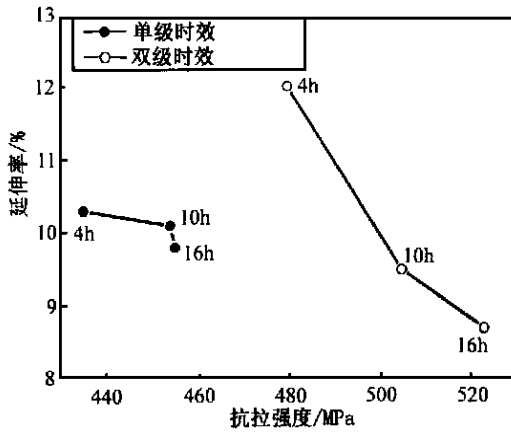
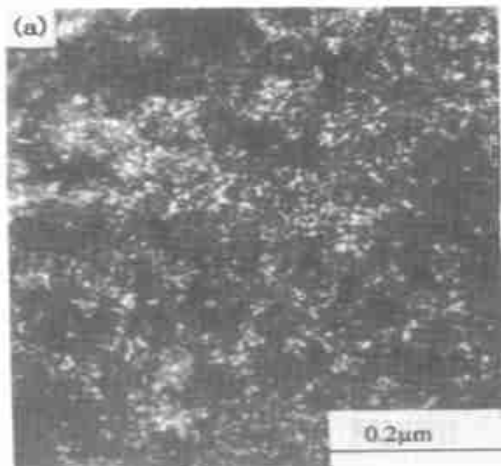


图3 单级时效和分级时效的塑性—强度曲线

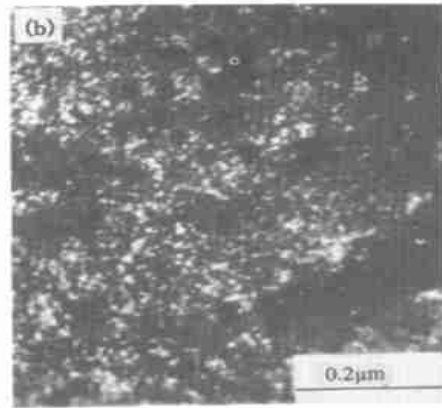
Fig. 3 Elongation vs tensile strength for specimens tested in single stage aging and double stage aging

3.2 显微组织

图4(a)为试样经70 / 12 h + 120 / 4 h 分级时效处理后的相形貌, 相的平均直径约为2 nm, 图4(b)为试样经120 / 12 h 单级时效后的相形貌, 相平均尺寸约为8 nm, 由图可以看出分级时效工艺可使相尺寸明显减少, 且分布均匀。这是由于在预时效处理时晶内生成均匀分布的GP区, 可以作为相析出的形核核心, 使相形核率提高, 从而导致相在晶内均匀弥散析出。在Al - Cu - Mg合金中, 时效析出的顺序为: GP区 S S S, S相是有序的GP区, 也称为GP区^[21]。在Al - Mg - Li合金中GP区是如何转变成相的还有待于进一步研究。相在基体中均匀弥散析出是分级时效提高合金强塑性的主要原因。



(a) 70 / 12 h + 120 / 4 h



(b) 120 / 12 h

图4 分级时效和单级时效析出的相暗场像(TEM)

Fig. 4 precipitation for specimens tested in single stage aging and double stage aging (TEM)

图5为第二组工艺中采用150 / 4 h进行第二级时效时析出的相形貌。图5与图4(a)比较可以看出, 在相同预时效条件下, 提高第二级时效温度使相尺寸显著增大, 说明温度是决定相粗化动力学的主要因素, 因为提高温度也就提高了溶质原子的扩散系数, 使相粗化速率加快。

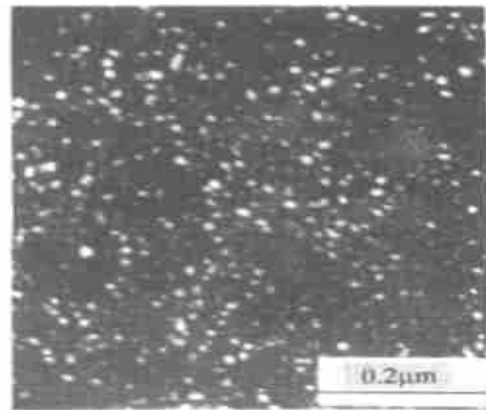


图5 第二级时效为150 / 4 h时析出的暗场像(TEM)

Fig. 5 precipitation for specimens tested in double stage aging (70 / 12 h + 150 / 4 h) (TEM)

4 结论

(1) 采用70 / 12 h + 120 / 4 h ~ 10 h 分级时效工艺可使1420Al - Li合金获得显著高于单级时效工艺得到的力学性能; 提高第二级时效温度使合金的塑性显著降低。

(2) 1420Al - Li合金经70 / 12 h + 120 / 4 h ~ 10 h 分级时效析出的相分布均匀、弥散; 提高第二

(下转第59页)

表 5 平行样品分析结果

Tab. 5 Results

样品	元素	波长 / nm	元素含量 (1 [#]) / %	元素含量 (2 [#]) / %	平行差
2Cr13	Cr	205.560	11.5	11.6	0.1
	Cr	205.158	11.6	11.7	0.1
1Cr18Ni9Ti	Ni	231.604	9.18	9.15	0.03
	Ni	221.647	8.92	8.89	0.03
	Cr	205.560	17.2	17.2	
	Cr	205.158	17.5	17.4	0.1

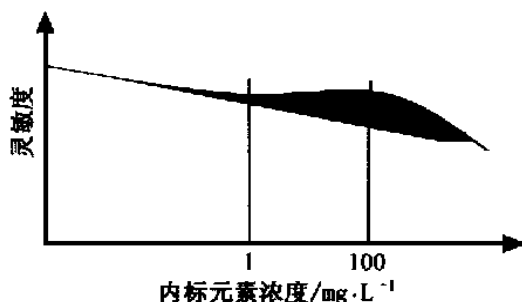


图 1 内标元素浓度与灵敏度关系图

Fig. 1 Element concentration vs sensitivity of inner calibration

表 4 工作曲线及精密度

Tab. 4 Calibration line and accuracy

分析线	工作曲线的		元素含量		RSD(三次)	
	相关系数 R		/ %		/ %	
	Y 内标	无内标	Y 内标	无内标	Y 内标	无内标
Ni 231.604	0.99999	0.99999	8.94	8.97	0.11	0.50
Ni 221.647	0.99999	0.99999	9.02	9.06	0.06	0.51
Cr 205.560	0.99997	0.99986	17.1	16.9	0.09	0.55
Cr 205.158	0.99993	0.99991	17.2	17.0	0.04	0.47

2.3 样品分析

采用以上方法分析了 2Cr13 和 1Cr18Ni9Ti 牌号的实际样品,其分析结果见表 5。

从表中可以看出,该方法的平行差与传统的化学法得到的平行差相当,结果较为满意。

3 结论

通过加入内标元素,可以很好的改善分析结果的精密度(提高一个数量级),该方法用于合金中常量成分的分析,结果较好。

参考文献

- 1 刘飞鸣,高福家.钢中化学元素的 X-射线荧光光谱分析.光谱学与光谱分析,1996;16(6):107~112
- 2 陈隆懋等翻译.感耦等离子体在原子光谱分析法中的应用.北京:人民卫生出版社,1992
- 3 陈新坤.电感耦合等离子体光谱法原理和应用.天津:南开大学出版社,1987

(上接第 51 页)

级时效温度则使 相变得粗大。

参考文献

- 1 , , , 1965; (2) :152 ~ 157
- 2 甄良. 2091 型铝锂合金在不同热处理条件下的组织与拉伸性能. 哈尔滨工业大学硕士学位论文, 1991 :67 ~ 85
- 3 , , , 1994; (2) :49 ~ 52