

# LB733铝合金再结晶特性的X射线衍射测定

张国焕 周妍芳 刘存玉

**摘要** 利用X射线衍射技术测定了Al-5Zn-2.3Mg-0.4Cu(LB733)铝合金的再结晶特性,发现其具有较高的再结晶温度(313°C);再结晶完成后,在较宽的温度范围(~100°C)内晶粒没有明显的聚集长大。

LB733 (Al-5Zn-2.3Mg-0.4Cu) 新型铝合金的特点是无晶间腐蚀、剥落腐蚀及应力腐蚀敏感性;时效后可接近其峰值强度而无应力腐蚀开裂倾向,有优越的抗蚀性和高强度。此合金薄板还具有良好的工艺成形性能,是水上飞机蒙皮的理想材料。若合理地选择热处理制度,可进一步发挥新合金的潜力,扩大其使用范围。为此,对新合金的再结晶特性进行了研究。

## 材料及试验方法

LB733铝合金是用水冷半连续铸造板锭经均匀化处理后锯切铣面,然后加热到390°C热轧至6mm,再冷轧成1.5mm的薄板,冷轧变形量为75%。合金主要成分为Zn4.99、Mg2.27、Cu0.39、Cr0.13,余为铝。

从冷轧板材上切取再结晶试样,经不同温度及保温时间的处理,水淬。温度控制在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。然后用深腐蚀去掉氧化皮。

测定再结晶的开始、終了温度,选用X射线衍射技术中背射或掠射照相法,辐射线为铜的 $K_{\alpha, \beta}$ 波长。

## 结果与讨论

图1为不同温度下保温30分钟试样在铜辐射照相下背射法的X射线衍射照片。衍射环的分布,内环为(422)  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}$ 双线,中间为(511)  $K_{\beta}$ 线,外环为(420)  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}$ 双线。随着温度由280°C逐步升高到420°C,照片上不

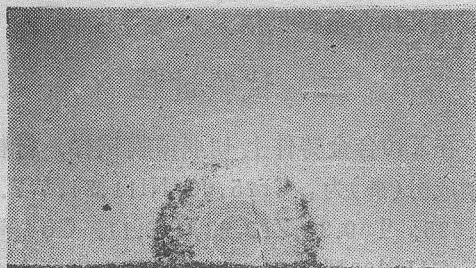
均匀连续分布的衍射环逐步由清晰、细小的衍射斑点所替代,连续分布的谱线完全消失。反映出冷轧板材的变形组织拉长,破碎晶粒被无畸变的小晶粒所替代,即出现再结晶组织。

图1(a)~(d)衍射相上观察到连续背景明显地不均匀,其分布规律具有面心立方铝合金一般板式轧制织构的特征。图1(a)中已开始出现几个衍射斑点,(422)线上清晰可见。表明了变形组织中已形成了无畸变的小晶粒再结晶组织。开始出现第一个清晰衍射点的温度定为开始再结晶温度 $t_R^i$ 。

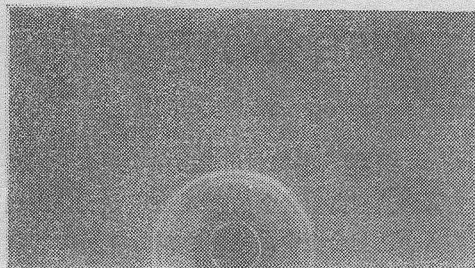
随着温度的升高,衍射环上的衍射斑点越来越明显,且越来越多,直至完全代替了连续的衍射环,成为点状分布较均匀的衍射环,加工织构的现象消失(图1(a)~(f))。说明轧制变形组织完全转变成再结晶晶粒组织。此时温度定为加工再结晶終了温度 $t_R^e$ 。

常说的再结晶温度定为 $1/2(t_R^i + t_R^e)$ 。再结晶温度区间 $\Delta t = t_R^e - t_R^i$ 。

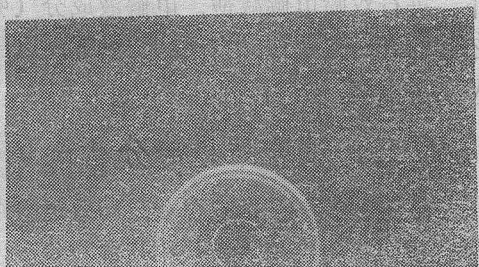
根据(422)、(420)衍射环上斑点数的统计,与温度的关系见图2。与图1相对应, $t_R^i$ 为 $\sim 282^\circ\text{C}$ , $t_R^e$ 为 $\sim 343^\circ\text{C}$ ,其再结晶温度 $t_R$ 为 $\sim 313^\circ\text{C}$ ,再结晶温度区间 $\Delta t_R = 61^\circ\text{C}$ 。曲线成“S”形,再结晶开始阶段变化较缓慢,在变形组织中局部区域形成再结晶晶粒;随着温度的升高,变形组织中普遍形成再结晶晶粒;进一步升高温度,再结晶晶粒数增加不多,变化平缓,甚至在相当一段温度区可趋于平衡。说明了不稳定状态的变形组织完全转变为呈稳定状态的再结晶组织。根据此合金的熔点,其再结晶温度 $t_R \approx 0.65T_m$ ,相当于合金熔点的0.65倍,具有较高的再结晶系数。此合金最明显的



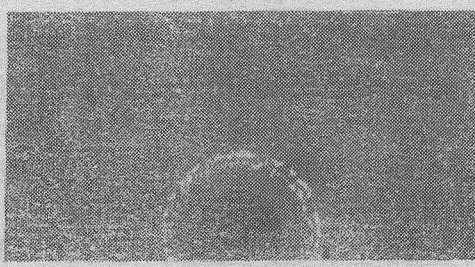
(a) 285°C



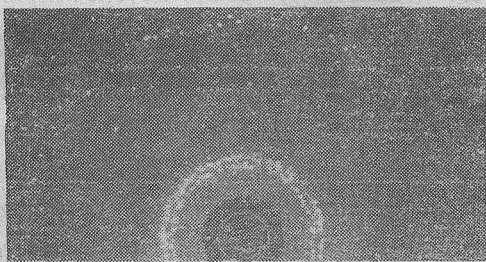
(b) 290°C



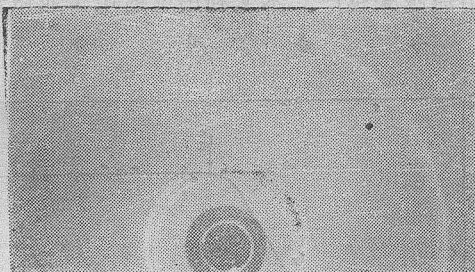
(c) 295°C



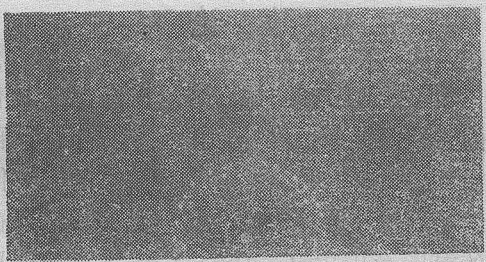
(d) 310°C



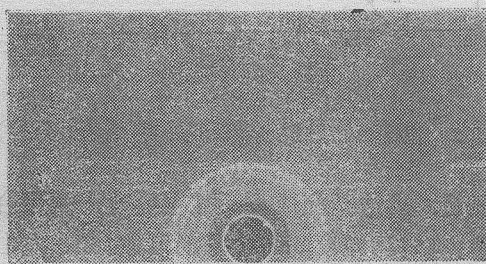
(e) 330°C



(f) 350°C



(g) 380°C



(h) 420°C

图 1 不同温度下保温30分钟 X  
射线背射衍射相 (铜辐射)

# X40合金的TEM分析

潘 峰 李其娟

**摘要** 本文利用透射电子显微镜研究了X40钴基高温合金的微观组织结构,发现在X40钴基合金中,基体为 $\gamma$ 相,骨架状初生相、方块状及呈断续分布的针状相均为面心立方结构的 $M_{23}C_6$ 相。

## 一、引言

X40 钴基合金是40年代发展起来的老合金,具有高的抗腐蚀性能和热稳定性,但蠕变强度较低。随后发展的 Mar-M302, Mar-M322, Mar-M509等 钴基合金 具有高的强度,而抗腐蚀性能不如X40。据文献报道<sup>[1,2]</sup>,在原合金基础上添加少量元素,如Ta、Nb、Ti、Zr、B等可以使合金具备高的抗腐蚀能力,同时提高了合金的抗蠕变性能,从而使X40合金的用途越来越广。本文利用透射电子显微镜对

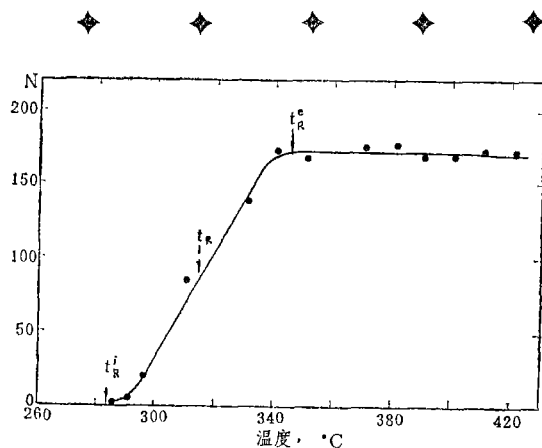


图2 温度与衍射斑点数N的关系(保温30分钟)

特征是,再结晶完成后不是很迅速产生聚合再结晶,稳定晶粒度的温度范围可达100℃左右。说明此合金可在较宽的温度范围内选择适当的热处理制度,便于板材加工、成形。再结晶晶粒长大不明显的原因,可能与合金中含少量铬(~0.3%)有关。正如大家所知,铬不仅提高抗应

X40合金的微观结构进行了分析,为进一步扩大应用X40合金提供依据。

## 二、试验过程

在X40合金铸件上切取薄膜试样,材料的化学成分(%)为:Cr25.90, Ni11.34, W7.28, Co0.525, Ta0.31, Zr0.02, Ti0.11, Co余量。

在H-800型透射电子显微镜上进行合金的组织观察和相鉴定。合金薄膜采用双喷电解法制取;将厚0.2mm合金薄片机械减薄至0.01mm以下,进行双喷电解减薄,电解液成分(%)为乙醇90和高氯酸10,在-20℃以下,电压为70V左右电解。

## 三、试验结果与分析

X40合金为铸造钴基合金,其微观组织由基体、骨架状初生相、针状相及颗粒状次生相组成,图1为其金相照片。

通过对合金薄膜的电子衍射及其花样的标定看,合金基体为面心立方结构的 $\gamma$ 相,如图

力腐蚀能力,而且在铝合金中起到细化晶粒的作用,在聚合再结晶阶段起到阻止晶粒长大作用。

在一定温度范围内,对保温时间影响结果表明,在30~120分钟范围内,未见有明显的差异。在一定变形量下,时间影响的敏感性不及温度。

## 结 论

新型的LB733耐蚀高强结构铝合金具有较高的再结晶温度,在一定的变形度下,其再结晶温度为313℃,再结晶系数为熔点的0.65倍,再结晶温度区间为61℃。再结晶完成后,在较宽的温度范围内(~100℃)晶粒没有明显的聚集长大。因而,热处理制度选择在较宽的温度范围内也不致产生晶粒长大,这对板材加工、成形很有利。