

$Cr_{0.02}V_{0.01}3.06(Al_{0.56}Ti_{0.27}W_{0.08}Cr_{0.08}Mo_{0.02})^{(18)}$ 。为了考查在不同热处理及叶片使用中 γ' 相化学组成的变化,曾进行了一些 γ' 相定量分析,其结果列于表4中。由表中数据可以看出,在长时间加热或叶片使用过程中 $Nix(Al, Ti)$ 式中的 x 值将略微增大(个别数据除外)。但是这一变化是很小的。此合金的 Ti/Al 比值为1,而在国产料中 γ' 相的 Ti/Al 比值也为1,前苏联略高。即 γ' 相中的 Ti/Al 比值与合金的基本一致,各状态下亦无大变化。因此可以认为, γ' 相的化学组成在所研究的热处理和使用温度条件下变化不大。

表4 不同状态下 γ' 相的化学组成

材料	状态	在 γ' 相中占的百分数, wt%						
		Ni	Cr	Ti	Al	W	Mo	V
前苏联 叶片	过热	79.2	3.0	7.7	5.0	4.0	1.2	
	过热+800℃, 16h, 空冷	77.7	2.8	6.7	5.7	6.0	1.2	
	过热+800℃, 16h, 空冷+试车	79.1	2.1	6.7	5.9	11.1	0.9	
国产料 棒材	标准热处理	74.6	3.14	6.08	6.48	6.18	1.67	0.44
	锯齿状晶界热处理 (1180℃, 2h $\xrightarrow{1C/min}$ 900℃+800℃, 16h, 空冷)	75.8	2.74	6.11	6.70	5.87	1.46	0.23

六、讨论

GH37合金是仿前苏联 $\Phi n617$ 合金制成的,它未加钴而提高了铝和钛,并加入了钨和钼。钴的添加可使 γ' 相固溶温度提高;钴还可降低 γ' 相的错配度,提高稳定性。因此GH37合金在化学成分设计上有缺点。

GH37合金的显微组织中,有晶内的 γ' 相和少量初生的MC相,晶界上的 $M_{23}C_6$ 和 M_6C 相。通过对GH37制

涡轮叶片使用中延寿问题的分析工作^(14,15),我们认为,延寿问题主要与合金中 γ' 相的变化有关。

GH37合金中 γ' 相的数量约在19~20.5%范围,除个别情况(如叶片超温过热)外,均变化不大。 γ' 相的化学组成在各种状态下的变化也很小。 γ' 相的形状只在特殊的热处理(如锯齿状晶界)条件下才有畸变。但 γ' 相颗粒尺寸较为容易变化,而对性能又具有最大的影响。一般公认的 γ' 相颗粒尺寸以100~500Å为宜的看法^(16~18),即使在此低合金化的合金中也是不适用的。在此合金中,应以1000Å左右为宜,小于500Å将导致中温持久缺口敏感性加剧。此外,在较高的温度下, γ' 相将发生长大和局部回溶现象。利用这种现象发展的具有大小两种颗粒尺寸 γ' 相混合的组织,对应着较好的综合力学性能。

调整热处理参数和在叶片寿命期间附加恢复热处理,能很好地调整 γ' 相的尺寸、分布、数量和形状等主要参数,获得或重新获得最佳的综合力学性能。对于新品叶片,近来我们研究了锯齿状晶界热处理,有待扩大试验研究⁽²⁵⁾。对于修理叶片,早期我们研究的过热叶片恢复热处理;已投产多年⁽²⁰⁾。近些年来研究的翻修叶片恢复热处理,作为涡轮叶片延寿措施之一,正在进行试用⁽²³⁾。继续研究这些热处理工艺的推广应用,是有价值的。

七、结语

1. GH37合金中 γ' 相的颗粒尺寸对性能有较大影响。我们认为应以1000Å左右为宜,小于500Å将导致严重的持久缺口敏感性。

2. 调整获得大小两种颗粒尺寸 γ' 相的显微组织,能改善合金的综合性能。

3. 应努力推广应用修理叶片的恢复热处理。

参考文献(略)

宇航用新型镁合金

AZ91E是一种高纯度砂型铸造宇航镁合金,它的抗腐蚀性超过Fansteel等单位联合开发的标准的AZ91C砂型铸造合金20倍。其抗腐蚀性能可由钛与锰之比(在0.021左右)来控制。镍和铜减少,最高分别为0.001和0.03wt%,而AZ91C的含镍量为0.01wt%,含铜量为0.1wt%。该合金可应用于直升机油齿轮变速箱,发动机零部件以及要求重量低的和极高的抗损伤特性和耐腐蚀的零部件。

英国某公司已经研制出了一种镁合金,能够在299℃温度下工作,比QH21A合金高37.8℃。另一种

被命名为WE43的高强度铸造合金的极限拉伸强度在149℃为和299℃为160MPa。相比之下,QH21A合金的,强度从在149℃的220MPa降低到299℃的17千磅/英寸²。WE43含有3.7~4.3%钇,2.4~4.4%其它稀土元素(大部分是铈)和0.4%锆。它有极好的高温抗蠕变性能主要是由镁/稀土化合物形成细小沉淀物沿晶界分布的结果。WE43合金直到249℃长期曝露仍然稳定。是用来制造直升机的传动装置、导弹、喷气发动机零部件和高性能汽车发动的理想材料。WE43尚未生产零件,但某公司计划应用于直升机。

(赵文龙)