

# GH710合金的初生 $\gamma'$ 相对组织和性能的影响

杜丽卿 王家正

GH710合金是一种高铝、钛的镍基合金，已在某涡轴发动机上用作整体燃气涡轮。由于合金的工艺塑性较低，目前整体涡轮只能采用铸锭包套锻饼而后机加工叶片的办法应付生产，这种工艺给生产和使用带来一定的弊病。因此，寻求既能省料、省时又能保证冶金质量的热加工工艺很有必要。为此，研究其重要组成相—初生 $\gamma'$ 相在加热过程中的变化及其对性能的影响，为热工艺的改进提供可靠依据。

实验用料采用经真空双联冶炼的自耗锭和直径60mm的热轧棒材，轧制总变形量66%左右，其化学成分列于表1。自耗锭和轧棒经800~1260℃加热，保温后空冷或水冷，观察初生 $\gamma'$ 相及晶粒度的变化，并探索获得超细晶的处理制度。部分试样按规定制度热处理后测定力学性能。部分试样经超细晶处理后于980~1100℃及低的应变速率下拉伸变形，测定合金超塑性。

表 1 化学成分 (Wt%)

C	Mn	S	P	Si	Fe	Cr	Ni
0.078	0.006	0.007	0.002	0.07	0.25	17.65	基
Co	W	Mo	Al	Ti	B	Zr	
14.98	1.61	3.00	2.62	5.15	0.017	0.054	

试验结果表明：

## 1. 初生 $\gamma'$ 相的变化及其对晶粒度的影响

合金铸锭在冷凝过程中于枝晶间从固态奥氏体基体中析出许多初生的 $\gamma'$ 相。铸锭被变形时，初生 $\gamma'$ 相破碎成小块，轧棒时沿轧制方向形成变形粗晶带及初生 $\gamma'$ 带。当加热轧棒时，初生 $\gamma'$ 相会阻碍晶粒长大，但随温度增高，它将逐渐回溶，1150℃左右初生 $\gamma'$ 相大量回溶后，合金的晶粒尺寸猛增达8倍左右（见图1、图2）。

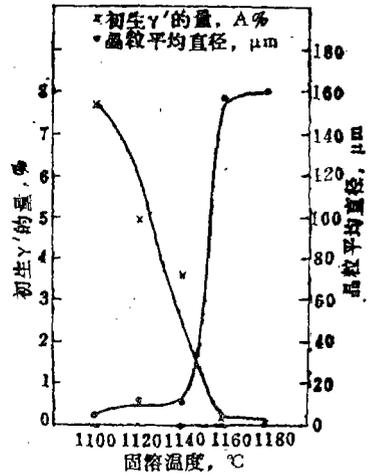


图 1 固溶温度对初生 $\gamma'$ 量的影响

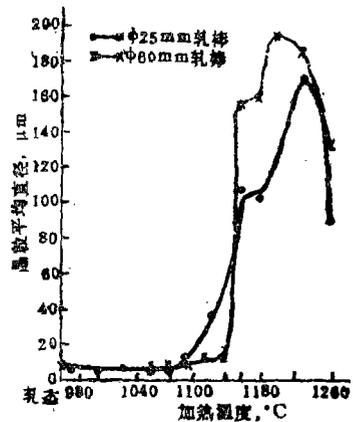


图 2 加热温度对晶粒尺寸的影响

直径60mm 轧棒再结晶完成温度1080℃左右。合金经1080℃/24h, 空冷处理可获得10μm以下的均匀细晶（见图3）。

## 2. 初生 $\gamma'$ 相对性能的影响

实验结果示于图4、图5。可以看出, 1150℃左右性能确有突变, 同时, 组织也有很大变化。1140℃以下, 晶界以 $M_{23}C_6$ 为主, 其次是

少量初生 $\gamma'$ 相; 1160 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 由 $\text{M}_{23}\text{C}_6$ 和一次 $\gamma'$ 相共同组成链状晶界。1150 $^{\circ}\text{C}$ 左右性能和组织的突变与初生 $\gamma'$ 相大量回溶有关。

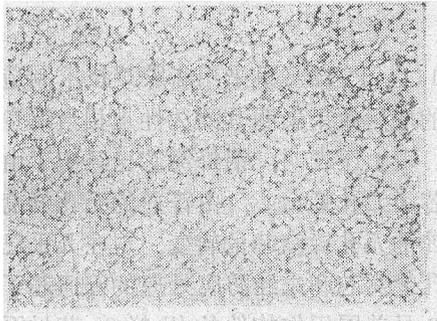


图 3 经 1080 $^{\circ}\text{C}/24\text{h}$  处理后的组织

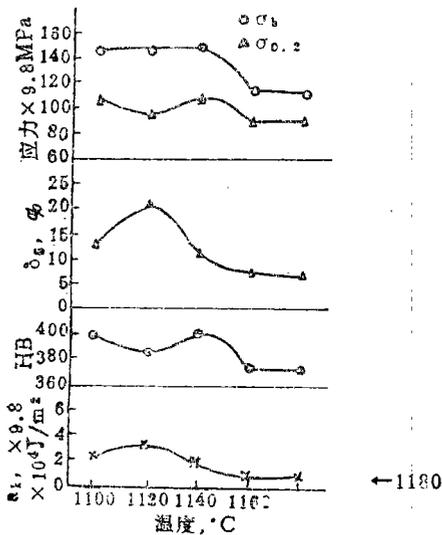


图 4 固溶温度对室温性能的影响

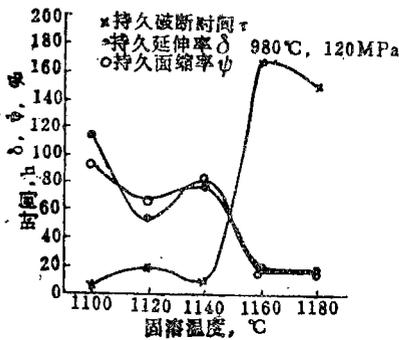


图 5 固溶温度对持久性能的影响

### 3. 初生 $\gamma'$ 相对超塑性的影响

经 1080 $^{\circ}\text{C}$  超细晶处理后的试样于 980~1100 $^{\circ}\text{C}$  进行超塑性拉伸变形, 结果示于图 6。

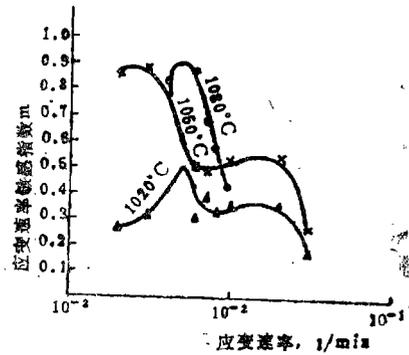


图 6 不同温度下应变速率与 m 值的关系

可以看出, 只有在 1050~1080 $^{\circ}\text{C}$  区间 m 值才大于 0.5, 合金处于超塑性状态, 延伸率可达 400% 以上, 若试样未经超细晶处理, 即使在超塑性温度区间, 且控制低的应变速率, 也难达到超塑性状态, m 值仅 0.25 左右。试验证明, 只有晶粒直径小于 10 $\mu\text{m}$  的 GH710 合金在 1050~1080 $^{\circ}\text{C}$  才具有超塑性, 而且不经大变形量挤压仅经常规工艺轧制的棒材欲获得超细晶组织, 必须利用初生 $\gamma'$ 相。所以说, 初生 $\gamma'$ 相对合金的超塑性有影响。

(参考文献略)



由莫来石 ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) 制成的烧结陶瓷体含有弥散分布的氧化锆 ( $\text{ZrO}_2$ ) 颗粒。氧化锆颗粒的平均粒度最好不大于 20 $\mu\text{m}$ , 还含有经过部分稳定化处理的烧结氧化锆。它的生产最好是烧结由含有氧化锆 ( $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ )、氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 和锆的稳定剂混合物制成的成形体。混合物含氧化锆和氧化铝的分子比最好为 1.2:1—1:2。氧化锆的稳定剂最好是  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  和 III A 族元素的氧化物, 至少是其中的一种。烧结最好在 1500 $^{\circ}\text{C}$  和 1610 $^{\circ}\text{C}$  温度进行。它改善了强度、韧性和耐热震性。 (二)