

不同重熔工艺 对K418合金力学性能的影响

北京航空材料研究院 (100095) 陈志远

K418镍基铸造高温合金具有高的强度、硬度、塑性和韧性，其在室温和高温下都具有优良的力学性能，目前已广泛应用于各个工业领域，特别是航空航天、船舶、汽车等。高强度镍基铸造高温合金属于过饱和合金，其许多力学性能取决于凝固及冷却过程，即开始凝固到冷却到1000℃左右时的冷却速率，同时不同部位的性能也有明显差异，我国对此类合金的凝固过程、组织和性能方面也进行了大量的研究。晶粒度和枝晶臂距是影响力学性能的重要因素，这两者可以通过优化重熔工艺来进行改善和控制。

生产实践中发现，K418合金在室温拉伸性能方面裕度并不大，母合金铸造厂的实际生产性能数据显示，该合金的室温屈服强度对铸造参数较为敏感，铸造厂总是面临着严格的屈服强度技术条件限制，K418合金力学性能标准要求见表1。本文研究在不同重熔工艺条件下，K418镍基铸造高温合金枝晶臂距、晶粒度对力学性能的影响，旨在找到最佳的重熔工艺参数，以获得合适的晶粒度和枝晶臂距，从而改善和提高合金的力学性能裕度，提高合金合格率。

表1 K418合金力学性能标准

试棒 状态	拉伸性能				持久性能			
	温度 /℃	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A (%)	温度 /℃	应力 /MPa	A (%)	时间 /h
铸态	室温	≥750	≥680	≥3	980±4	150	≥5	≥30

注：高温持久试验当980℃、30h仍未拉断时，则每小时加载15MPa，直至拉断。

1. 试验材料

本试验采用符合HB7763标准要求的K418高温合金，合金主要化学成分见表2。采用三种不同重

熔工艺，将K418合金在ZG—25型半连续真空感应炉重熔浇注成标准灯笼试样，壳型材料为 Al_2O_3 ，均为填砂浇注，壳型保温温度900℃，具体工艺方案见表3；不同工艺方案对应的试棒分别为1[#]、2[#]、3[#]，其化学成分均符合技术标准要求。

表2 K418合金化学成分（质量分数） (%)

编号	C	Cr	Mo	Al	Nb	Ti	B	Fe	Co	Zr	Si	Ni
1	0.14	13.14	4.27	6.28	2.22	0.72	0.012	0.15	0.12	0.07	0.07	其余
2	0.14	13.16	4.34	6.21	2.14	0.73	0.012	0.14	0.10	0.07	0.07	
3	0.11	12.78	4.26	5.80	2.18	0.86	0.0097	0.53	0.045	0.096	—	

表3 三种重熔工艺方案

工艺方案	浇注温度/℃	壳型保温温度/℃	冷却方式
1	1460	900	缓冷
2	1445	900	缓冷
3	1430	900	速冷

2. 试验方法

将三种不同重熔工艺下得到的灯笼试样表面吹砂后进行低倍腐蚀，观察晶粒度形貌并采用ASTM E112—10标准进行晶粒度评级，腐蚀介质采用 $HCl : H_2O : FeCl_3 = 125mL : 150mL : 75g$ 进行配置；同时用显微镜观察组织形貌，腐蚀介质采用 $HNO_3 : HF : 甘油 = 20mL : 40mL : 20mL$ 进行配置，用金相显微镜观察组织形貌；试棒经机加工为标准试棒，测试其室温拉伸性能(抗拉强度 R_m 、非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 、断后延伸率 A)和高温持久性能(980℃、150MPa条件下测试断裂时间、伸长率)。

3. 结果与讨论

(1) 力学性能结果 三种试验合金的力学性能和持久性能测试结果如图1和表4所示。对照表1中

