

镍基单晶高温合金性能的研究

Research on Performance of Single Crystal Nickel- Based Superalloy

柳松青(哈尔滨工业大学 哈尔滨市 150001)

摘要 :研究在两种凝固条件下 ,热处理对镍基单晶高温合金性能的影响。研究表明: 相为 0.5 时 ,镍基单晶高温合金在 950 ~1050 有最佳的蠕变性能 ;显微疏松对 850 的高周疲劳以及 750 低周疲劳有明显的影 响 ,采用高的温度梯度下的铸造处理可以使性能得到改善 ,该合金的耐腐蚀性较高。

关键词 :镍基合金 ,蠕变性能 ,耐腐蚀性

中图分类号 :TG111.8 ;**文献标识码** :A ;**文章编号** :1006-9658 (2008)03-2

Abstract:The influence of the heat treatment on the performance of single crystal nickel- based superalloy under two kinds of solidifying has been studied that this superalloy has best creep curve performance with a phase 0.5 and temperature 950 ~1050 .Microstructure porosity had obvious influence on high cycle fatigue at 850 and low cycle fatigue at 750 .When high temperature gradient appeared with casting process ,improvement of performance with this superalloy which possessed higher caustic resistance.

Keywords:Nickel- Based superalloy ,creep curve ,caustic resistance

镍基单晶高温合金具有良好的综合性能 ,是目前制造先进航空发动机和燃气轮机叶片的主要材料。为了满足高性能航空发动机的设计需求 ,多年来 ,各国十分重视镍基单晶高温合金的研制和开发。单晶高温合金一直沿着其独特的道路发展。随着合金设计理论水平的提高和生产工艺的改进 ,相继出现良好的综合性能的镍基单晶高温合金。对这种合

金的性能进行研究 ,具有一定的实际意义。

1 试样研制

该合金试样是用 30kg 容量的真空感应炉熔炼的 ,试样采用两种凝固条件 ,一是以高的温度梯度铸造的试棒 ,二是以低的温度梯度即工业条件下铸造的试样。高的温度梯度铸造的试棒 ,一次枝晶间距大约为低的温度梯度铸造的 1/3。低的温度梯度铸造的单晶试棒 ,显微疏松为 0.4% ~0.7% ,松孔的最大尺寸大约为 70 μm ,而高的温度梯度铸造的单晶试棒 ,显微疏松为 0.2% ,松孔的最大尺寸大约为 15 μm 。

收稿日期 2008-01-03

文章编号 2008-004

作者简介 :柳松青 (1961-) ,男 ,工程硕士 ,现在哈尔滨工业大学材料学院热加工重点实验室工作。

相应得到了提高 ,当 Nd 元素含量达到 1.2% 时 ,其力学性能最好 ,其抗拉强度是最好的 ,为 220MPa ,其伸长率也是最大的 ,为 19.8%。

参 考 文 献

- 1 E.Aghion ,B.Bronfin ,D.Elizer ,The role of the magnesium industry inprotecting the environment ,Journal of Materials Processing Technology ,2001 ,117:381-385.
- 2 韩夏云 ,龙晋明 ,薛方勤 ,等.镁及镁合金应用与表面处理现状及发展.轻金属 ,2003 (2) :48-51.
- 3 郭旭涛 ,李培杰 ,刘树勋 ,等.稀土耐热镁合金发展现状及展望[J].铸造 ,2002 ,51 (2) :68-71.
- 4 《轻金属材料加工手册》编写组.轻金属材料加工手册 :上册.北京:

冶金工业出版社 ,1979.

- 5 李庆春.铸件形成理论基础[M].北京:机械工业出版社 ,1982 :137.
- 6 Pettersen G ,Westengen H ,Hoier R et al.Microstructure of Pressure Die Cast Magnesium-4wt% Aluminum Alloy Modified with Rare Earth Additions[J].Material Science and Engineering ,1996 (A207) :115-120.
- 7 L.Y.Wei ,G.L.Dunlop and H.Wstengen.Development of microstructure in cast Mg- Al- rare earth alloys [J].Materials Science and Technology ,1996 (12) .
- 8 Manian L ,Hutt J W ,Cathodic protection of a biotreatment tankage. Facility.Mater. Perform ,2001 (2) :26-29.
- 9 黄晓锋 ,王渠东 ,曾小勤 ,等.稀土对 AM50 力学性能及高温蠕变的影响[J].中国稀土学报 ,2004 (8) .
- 10 黄晓锋 ,付彭怀 ,卢 晨 ,等.Nd 对 AM50 力学性能及高温性能的影响[J].材料研究学报 ,2004 (6) .

2 热处理对合金性能的影响

根据以往经验,高的温度梯度铸造的试棒采用 1330、40min 固熔。低的温度梯度铸造的晶试棒采用 1330、3.5h 固熔。固熔后的时效采用两种方案,一是高的温度梯度铸造的试棒采用 970、16h 空冷加 840、47h (T1 处理);二是两种温度梯度下铸造的试棒采用 1040、17h,空冷加 840、47h (T2 处理)。

2.1 蠕变性能

高的温度梯度铸造的单晶的蠕变性能 (在 001 方向)如图 1 所示。从图中可以看出,T2 处理的蠕变性能优于 T1 处理的。其主要原因是,在 750 蠕变时,T2 处理的试棒在蠕变早期阶段就产生均匀的变形,迅速应变强化,从而降低蠕变速率。T1 处理试棒,析出相粒子较小且不均匀,在蠕变的初期产生不均匀变形,第一阶段蠕变量较大,应变强化产生的阶段较晚。在 1020、140MPa 应力下,T2 处理的试棒中、相形成宽比大的筏状组织,而在同样条件下,T1 处理的试棒中、相产生不规则聚集。T2 的蠕变速率比 T1 的低,寿命比 T1 的长。

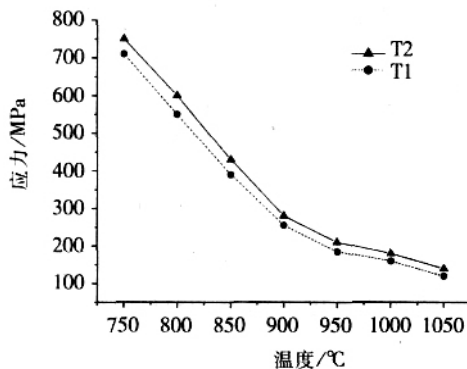


图 1 热处理对蠕变强度的改善

2.2 疲劳性能

在高的温度梯度下铸造的镍基单晶高温合金,在 850 的高周疲劳强度比低的温度梯度下铸造的高得多,这主要是与两种条件下的松孔尺寸不同有关,如图 2 所示。

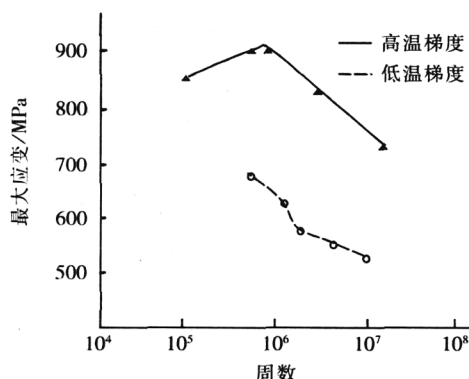


图 2 热梯度对该合金在 850°C 时的高周疲劳的影响

在 750 的塑性应变分量很小,用总应力与断裂周数来作图,见图 3。由此可以看出,取向的影响消失。在低的温度梯度下铸造的合金的结果基本落在一条直线上。

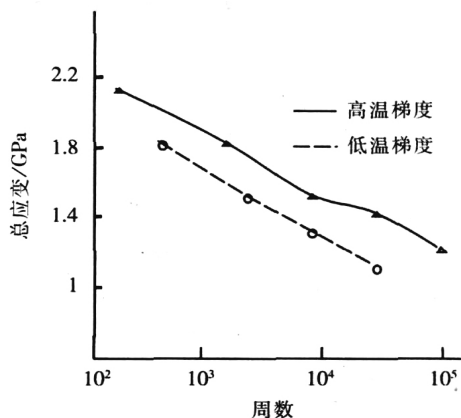


图 3 温度梯度对该合金低周疲劳行为的影响

2.3 耐热腐蚀性能

对镍基单晶高温合金的热腐蚀性能进行研究,试验条件是试样每 40h 涂 Na_2SO_4 一次,在 870 空气中保持 2h 热循环,随后快冷,侵蚀孕育期为 500 h。金相检验表明,镍基单晶高温合金受侵蚀很小,外层为 Al_2O_3 ,次层为 相,这说明该合金不仅抗氧化,而且耐腐蚀。

3 结论

相为 0.5 时,镍基单晶高温合金在 950~1050 有最佳的蠕变性能。显微疏松对 850 的高周疲劳以及 750 低周疲劳有明显的影响,采用高的温度梯度下的铸造处理可以使性能得到改善。该合金的耐腐蚀性较高。总之,镍基单晶高温合金有好的力学性能和耐腐蚀性能,可以用在制造先进的涡轮叶片。

参 考 文 献

- 1 田素贵,周惠华,等.单晶 Ni 基合金蠕变初期的组织形貌及演化.沈阳工业大学学报,1997,19(6):64-69.
- 2 Tian S G, Zhou H H, Zhang J H, et al. Creep behavior of single crystal nickel-based superalloy [J]. Materials Science and Technology, 1998, 14(8):781-756.
- 3 Nathal M V, Ebert L J. Elevated temperature creep rupture behavior of the single crystal nickel-based superalloy NASAIR100 [J]. Metallurgical Transactions, 1985, 16:427-439.