

时效处理对 Rene '220合金力学性能的影响

王 玲¹ 于永泗² 娄琅洪³ 朱耀霄³ 杨春军¹

(1 河北科技大学材料学院,石家庄 050054)

(2 大连理工大学,大连 116024)

(3 中国科学院金属研究所,沈阳 110016)

文 摘 利用扫描电镜、拉伸试验机和蠕变试验机研究了不同时效制度下 Rene '220合金室温及 700 的拉伸性能和 700 高温持久性能的变化规律。结果表明,随着一次和二次时效温度的升高,室温和高温强度呈下降趋势,而高温持久寿命随两次时效温度的变化均存在一个最大值,合金强度和持久性能最佳结合的时效制度为:830 /4 h/炉冷 +760 /10 h/空冷。

关键词 时效,持久寿命,拉伸强度

Effects of Ageing on Mechanical Properties of Rene '220 Alloy

Wang Ling¹ Yu Yongsi² Lou Langhong³ Zhu Yaoxiao³ Yang Chunjun¹

(1 School of Materials, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050054)

(2 Dalian University of Technology, Dalian 116024)

(3 Institute of Metal Research, The Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016)

Abstract The strength at room temperature and 700 and the stress rupture life at 700 of Rene '220 alloy heat treated by different ageing processes are investigated by SEM technique and tensile creep machines. The strength at room temperature and 700 is decreased while the temperature of the first and second ageing is increased. There exist maximum values of stress rupture life while the temperature of the two ages is increased. The ageing process parameters corresponding to the best comprehensive mechanical properties are determined: 830 /4 h/F. C. +760 /10 h/A. C.

Key words Ageing, Stress rupture life, Strength

1 引言

高温合金是航空发动机、火箭发动机以及燃气轮机所必需的重要材料,本文研究的主要目标之一就是提高材料使用温度以满足对发动机效率和推力提出的越来越高的要求。Rene '220合金不但具有优异的铸造和焊接工艺性能,而且由于其主要强化相的析出动力学缓慢,使得其使用温度比 Inconel 718提高了 37.8 ,能够在 700 下长期使用并能保持组织和性能稳定,具有十分广阔的应用前景^[1~3]。

Rene '220是一种新开发研制的高温合金,研究工作尚未深入展开,国内外的相关报道还很少。本文研究了不同时效制度下 Rene '220合金的室温和 700 拉伸性能及 700 /620 MPa持久性能的变化,找出时效制度对各种性能影响的规律,为合金时效制度的确定提供依据。

2 试验

2.1 材料

在真空感应炉中冶炼获得 Rene '220合金,其化学成分见表 1。

收稿日期:2004 - 11 - 12

作者简介:王玲,1970年出生,博士研究生,主要从事高温合金及凝固偏析方面的研究工作

表 1 Rene '220合金化学成分

Tab 1 Chemical composition of Rene '220 alloy
%(质量分数)

C	Cr	Co	Nb	Mo	Al	Ti	Ta	B	Ni
0.03	19.0	12.0	4.5	3.2	0.5	1.0	3.0	0.008	余量

2.2 方法

2.2.1 试样的热处理

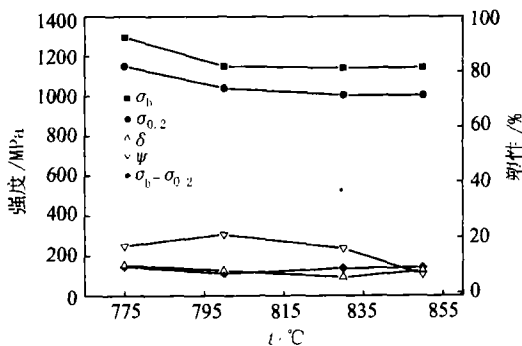
所有试样直接浇注成型,然后经不同时效制度的热处理。热处理工艺为 1 140 /4 h/空冷 +1 090 /1 h/空冷 +952 /2 h/空冷 +不同时效处理。六种不同的时效处理工艺如下:

- 850 /4 h/炉冷 +760 /10 h/空冷;
- 830 /4 h/炉冷 +760 /10 h/空冷;
- 800 /4 h/炉冷 +760 /10 h/空冷;
- 775 /4 h/炉冷 +760 /10 h/空冷;
- 830 /4 h/炉冷 +780 /10 h/空冷;
- 830 /4 h/炉冷 +730 /10 h/空冷。

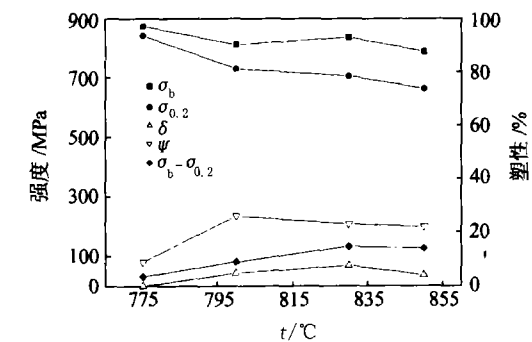
其中 ~ 为固定二次时效条件研究一次时效温度对性能的影响; 、 、 为固定一次时效条件研究二次时效温度的影响。

2.2.2 力学性能测定

试样的室温和高温拉伸性能测试分别按照 GB /



(a) 室温



(b) 700℃

图 1 一次时效温度对 Rene '220 合金拉伸性能的影响

Fig. 1 Effects of first ageing temperature on tensile properties of Rene '220 alloy

由图 1 还可看出,在一次时效条件下,试样的常温和高温拉伸塑性值均较低, 10%, 26%。除 850 时效试样的高温 和 775 时效试样的常温 较低外,一次时效温度对拉伸塑性的影响不显著。试样的高温拉伸强度比常温的低,但二者的拉伸塑性相近。

T228—2002 和 GB /T4338—1995 进行,测试均在 Gleeble 高温拉伸试验机上进行;持久性能测试按照 GB /T2039—1997 制作并进行,高温持久性能测试在 RCL - 3 型高温蠕变试验机上进行,在 700 下应力为 620 MPa 时,测定持久寿命和持久塑性。

2.2.3 组织观察

将经过性能测试的试棒沿与轴线呈 45 角的平面磨制断口端的位置,腐蚀剂为 H₃PO₄ (40%) + H₂SO₄ (35%) + H₂O (25%),电解电压 6 ~ 10 V,电流 0.5 A,时间 2 ~ 3 s,组织观察在扫描电镜下进行。

3 结果及分析

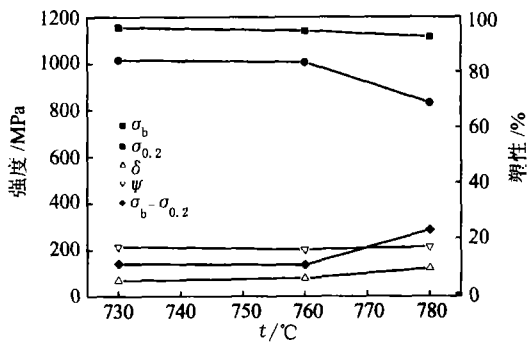
3.1 一次时效温度对拉伸性能的影响

二次时效条件相同 (760 /10 h/空冷) 时,一次时效温度对 Rene '220 合金 (试样,下同) 拉伸性能的影响见图 1。可看出,常温和 700 时,试样的拉伸强度随一次时效温度的变化规律是相同的,即 775 一次时效时的拉伸强度最高,一次时效温度超过 800 ,直到 850 ,拉伸强度变化不明显。在 775 ~ 850 内,常温拉伸的 (sigma_b - sigma_0.2) 的差值无显著变化;而当温度低于 830 时,高温拉伸的 (sigma_b - sigma_0.2) 的差值则随一次时效温度提高而增加。

3.2 二次时效温度对拉伸性能的影响

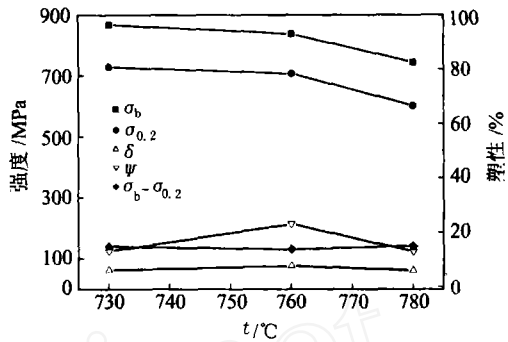
一次时效条件相同 (830 /4 h/炉冷) 时,二次时效温度对试样拉伸性能的影响见图 2。可以看出,常温和 700 时,试样的拉伸强度随二次时效温度的变化规律均相同,即在 730 ~ 760 时效时,拉伸强度变化不显著,但 780 时效后的拉伸强度偏

低。高温拉伸时, ($\sigma_b - \sigma_{0.2}$)的差值随时效温度变化不明显,而常温拉伸时,780 时效试样的 ($\sigma_b - \sigma_{0.2}$)的差值最大。



(a) 室温

与一次时效温度的影响类似,在二次时效条件下,试样的常温和高温拉伸塑性值也较低, 10%, 25%。二次时效对试样的塑性影响不显著。



(b) 700°C

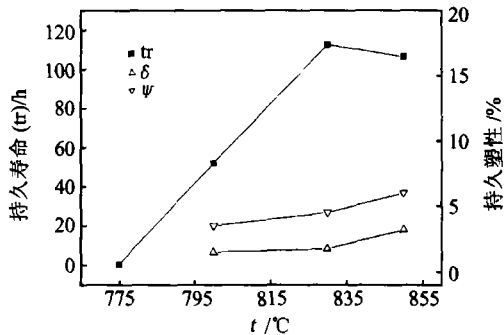
图2 二次时效温度对 Rene'220 合金拉伸性能的影响

Fig.2 Effects of second ageing temperature on tensile properties of Rene'220 alloy

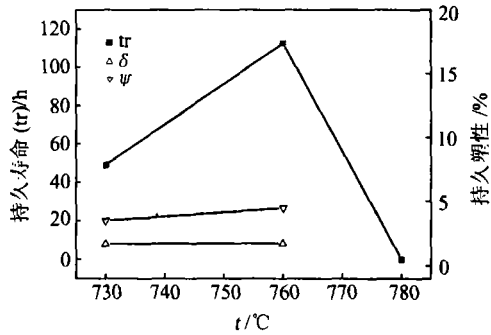
3.3 时效温度对高温持久性能的影响

图3为试样经不同时效处理后在700 /620 MPa的持久性能。从图3(a)可以看出,当二次时效条件不变(760 /10 h/空冷)时,775 一次时效试

样的持久寿命几乎为0,在775~830 随一次时效温度提高,持久寿命显著增加,温度超过830 ,持久寿命略有下降。持久塑性则随一次时效温度的提高而逐渐增加。



(a) 第一次时效



(b) 第二次时效

图3 两次时效温度对 Rene'220 合金高温持久性能的影响

Fig.3 Effects of ageing temperature on stress rupture properties of Rene'220 alloy at 700°C/620MPa

图3(b)为一次时效条件不变时,二次时效温度对高温持久性能的影响。可以看出,随二次时效温度的升高,持久寿命先上升然后下降,在760 出现峰值。二次时效温度为780 时,持久寿命几乎为0。持久塑性在730 ~760 变化不显著。

4 讨论

合金的力学性能与各强化相的尺寸、数量、分布及它们之间的交互作用直接有关。根据前期的试验结果^[4-5],对试样进行第一次时效是以 形核为主,第二次时效是以 长大为主。

如图4(a)所示,当一次时效温度为775 时,由于温度低使 析出受到抑制,而760 的二次时效对 的析出几乎没有贡献,使得该热处理制度下的组织中仅有大量弥散分布的细小的析出相,但从形态上无法确定是 还是 相,从而使合金脆化,持久寿命显著降低。一次时效温度为800~850 时,相晶核数量随时效温度提高而增加。经760 二次时效后,在800 和830 一次时效试样组织中则有一定数量 相析出,尤其是830 时 数量多而且均匀[图4(b)], 贫化区很小,强度和塑性结合

好,持久寿命最高;而 850 一次时效试样组织中由于相析出非常密集,尺寸比 830 时略小,拉伸强

度很高,持久寿命反而比 830 略低。

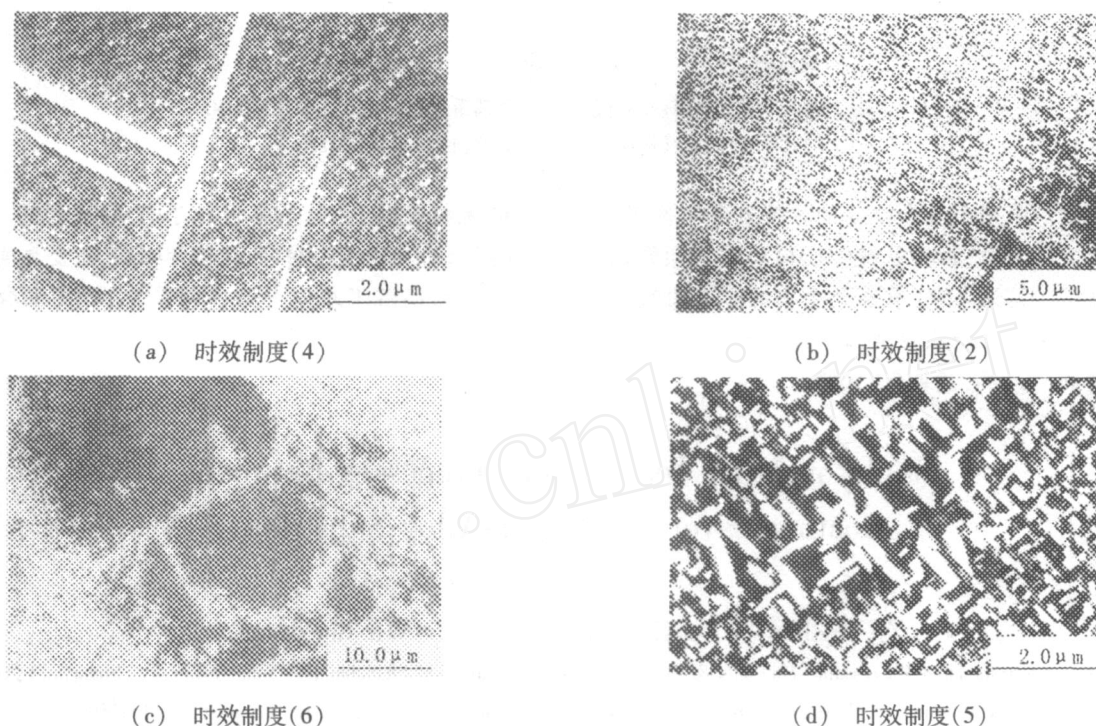


图 4 不同时效制度处理后的试样微观组织

Fig. 4 SEM micrographs of Rene '220 after different ageing

当一次时效温度固定为 830 时,在 730 和 760 二次时效的试样中都有相当数量的相,但尺寸有很大不同,随二次时效温度的升高而增加。二次时效温度为 730 时,尺寸较小,长大不充分,枝晶干贫化区大,所占体积分数较少[如图 4(c)所示],持久寿命较低。760 二次时效时充分长大且尺寸均匀[图 4(b)]。而 780 二次时效的试样发生了部分的聚集长大[见图 4(d)],距其约 0.5 μm 范围内形成一个强化相贫化区,这是一个软化区,拉伸和持久时在这个区域首先发生变形开裂,造成强化效果下降,持久寿命很低^[6~8]。

可见,只有相的尺寸、数量及分布配合最佳时,合金的持久寿命最高。而在本实验的条件下,经 830 /4h 炉冷 + 760 /10h 空冷时效所获得的组织正是最佳配合的组织,因而其持久寿命最高。

5 结论

在时效制度为 830 /4h 炉冷 + 760 /10h 空冷时,Rene '220 合金在 700 /620 MPa 高温持久寿命最长,并具有较高的室温和 700 高温拉伸性能,宇航材料工艺 2005 年 第 5 期

因此该时效制度是合金达到上述三种性能最佳结合的时效制度。

参考文献

- 1 Chang KM, Naim A H. Rene '220: 100% improvement over alloy 718. In: Superalloy 718 metallurgy and applications 1989: 631
- 2 董建新. Inconel 718 高温合金的发展. 兵器材料科学与工程, 1996; 19(2): 46
- 3 W lodek S T, Field R D. The structure of Rene '220. In: Superalloys 1992. 1992: 477
- 4 王玲, 于永泗, 姜浪洪等. 时效处理对 Rene '220 合金相析出的影响. 宇航材料工艺, 2003; 33(5): 48
- 5 He Jianhong. Precipitate in Inconel 718. J. Mater Sci Technol, 1994; 10: 293
- 6 Carlson R G. Microstructural characterization of cast 718. In: Superalloy 718 metallurgy and applications, 1989: 79
- 7 董建新, 谢锡善. Inconel 718 长时组织稳定性及相转变探究. 兵器材料科学与工程, 1994; 17(1): 9
- 8 王改莲, 吴翠微, 董建新等. 高温长期时效后 Inconel 718 合金的化学相分析. 冶金分析, 2001; 21A(4): 1

(编辑 吴坚)