

引文格式: 张明达, 曹京霞, 周毅, 等. Ti6242 合金微观组织差异及其演变对拉伸和疲劳性能影响[J]. 航空制造技术, 2021, 64(1/2): 14-20.

ZHANG Mingda, CAO Jingxia, ZHOU Yi, et al. Effects of microstructure difference and evolution on tensile and fatigue properties of Ti6242 alloy[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2021, 64(1/2): 14-20.

Ti6242合金微观组织差异及其演变对拉伸和疲劳性能影响*

张明达¹, 曹京霞¹, 周毅¹, 邓瑞刚², 史栋钢³, 黄旭¹

(1. 中国航发北京航空材料研究院, 北京 100095;

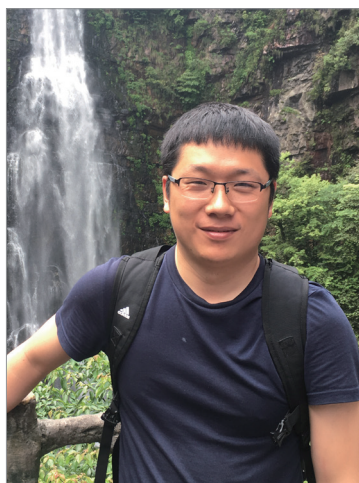
2. 航空工业陕西宏远航空锻造有限责任公司, 西安 713801;

3. 中国航发商用航空发动机有限责任公司, 上海 200241)

[摘要] 典型近 α 型钛合金 Ti6242 合金制备盘锻件的综合力学性能与其棒材原始微观组织特征密切相关。本研究选取具有明显微观组织特征差别的 3 种 Ti6242 钛合金棒材为研究对象, 定量化评估不同 Ti6242 钛合金棒材锻造态、固溶态和固溶+时效态的微观组织差别和演变规律, 并讨论棒材微观组织差别和演变对综合力学性能的影响。研究结果显示具有明显差别的不同棒材微观组织在经历相同的固溶和时效处理后, 其初生 α 相体积分数差别趋于相近, 而初生 α 相的尺寸分布和形状分布等微观组织特征仍保留差别; 力学性能结果显示室温拉伸力学性能趋于近似, 而低周疲劳和保载疲劳力学性能对微观组织特征较为敏感。对比不同特征组织和力学性能分析结果, 具有细小非等轴状且没有明显取向集中分布初生 α 相的棒材原始组织有助于获得更好的疲劳性能。

关键词: 钛合金; 微观组织; 力学性能; 低周疲劳; 保载疲劳

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2021.01/02.014



张明达

工程师, 工学博士, 主要研究方向为新型高性能钢铁材料和钛合金材料。

Ti6242合金是一种具有优异力学性能的典型近 α 型钛合金, 具有优异抗蠕变和抗疲劳等力学性能特点。Ti6242合金通常被用于制备航空发动机的机匣、压气机盘、风扇及叶片等零部件。由于航空发动机对零部件的长寿命、复杂载荷、高安全性等严格要求, 对于 Ti6242 合金的微观组织评估和力学性能考核显得尤为重要, 国内外对 Ti6242 合金的微观组织和力学性能等方面进行了大量研究^[1]。例如 Savage 等^[2]利用微拉伸试样研究 Ti6242S 合金中独立 $\alpha+\beta$ 集束的恒应变速率变形行为, 观察到集束方向对变形行为和变形机制的重要影响; Jun 等^[3]利用微压

缩试验研究了 Ti6242 合金的局部变形机理, 认为 α/β 形态对局部变形行为有显著影响; 孙小平等^[4]对比了不同初生 α 相含量的 Ti6242S 合金在相同测试条件下的高温蠕变性能, 更高初生 α 相含量的高温蠕变性能更差; 岳旭等^[5]介绍了制备 Ti6242S 合金 $\phi 265\text{mm}$ 棒材的微观组织、力学性能和超声的测试结果, 其中热处理制度能够有效控制初生 α 相和次生 α 相的体积分数和形态, 对其力学性能有着重要影响; 韩墨流等^[6]通过对 Ti6242 进行 β 相变点以上短时处理的方法得到了介于等轴组织与片层组织间的一种具有半等轴特征的过渡组织, 讨论微观组织演变过程对

* 基金项目: 国家自然科学基金(91860106)。

拉伸力学性能的影响。

除拉伸压缩、持久蠕变等常规力学性能评估和优化研究外,对于制备航空发动机转动件 Ti6242 钛合金的疲劳性能考核同样十分重要。研究人员从微观组织^[7-9]、载荷方式^[10-11]、应力大小^[12]、环境温度^[13-14]等因素对 Ti6242 合金在疲劳载荷下的裂纹萌生和裂纹扩展行为进行了系统研究。多数研究结果显示微观组织参量对于 Ti6242 合金疲劳性能起到关键作用,一般情况下,层片组织比等轴组织具有更好的疲劳性能,细晶组织比粗晶组织具有更好的抵抗裂纹扩展能力。部分 Ti6242 合金的疲劳研究工作结合航空发动机实际服役条件,针对 Ti6242 钛合金等近 α 和 $\alpha+\beta$ 型钛合金类在接近室温温度区间时表现出的保载疲劳特征(即此类钛合金材料和零部件在进行连续周期载荷疲劳性能测试时在最大载荷停留一段时间会引起疲劳寿命的明显降低的现象)进行分析,对比微观组织差别对 Ti6242 合金低周疲劳和保载疲劳的影响。例如 Mcbagonluri 等^[15]对比了 3 种特征差别明显的 Ti6242 合金在保载载荷作用下的裂纹扩展行为,结果显示具有片层状的特征组织获得更小的裂纹扩展速率;Hémery 等^[16]采用扫描电子显微镜对 Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo 和 Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo 在塑性变形时滑移系统对比分析,讨论一般低周疲劳和保载疲劳载荷条件下的响应差别。部分学者对比了不同组织和载荷条件下的 Ti6242 合金低周疲劳和保载疲劳裂纹扩展行为^[17-20]。

关于 Ti6242 合金的微观组织与力学性能,特别是与保载疲劳相关的力学性能研究工作目前主要讨论合金种类和微观组织类别、初生 α 相体积分数、 β 转变相层片尺寸等组织参量对力学性能的影响,主要通过模锻工艺和热处理工艺参数设计实现不同微观组织的调控。而在对 Ti6242

合金综合力学性能进行优化研究和实际应用过程中发现, Ti6242 合金制备盘锻件在相同模锻工艺和热处理工艺条件下,其综合力学性能仍存在较大浮动,可能与其棒材的原始微观组织密切相关。特别是对于不同来源 Ti6242 钛合金棒材及其制备的锻件在包含低倍、初生 α 相体积分数的微观组织、超声检验等相关检验标准要求均符合相关标准和技术条件要求前提下, Ti6242 合金锻件部分力学性能差别较大,有可能产生力学性能不足并引发安全隐患等严重问题。本研究针对不同来源 Ti6242 合金棒材的原始微观组织特征差别,使用相同的固溶和固溶+时效处理工艺,量化对比和评估不同微观组织特征的差别和演变,讨论棒材原始微观组织差别及其演变对拉伸、低周疲劳和保载疲劳等力学性能的影响。通过钛合金微观组织量化研究和丰富的评估手段,表征原始棒材微观组织差别及其遗传特征对于 Ti6242 合金综合力学性能的重要影响,进一步提出更为丰富全面的检验标准来保证 Ti6242 等钛合金制备零部件优异且稳定的综合力学性能。

试验材料及方法

本研究所用合金材料为 Ti6242 合金,名义成分为 Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo,材料取材于 3 种不同来源 Ti6242 合金棒材,分别编号 1#、2# 和 3#,其合金质量成分均满足 Al:5.9%~6.1%, Sn:1.85%~1.95%, Zr:3.95%~4.10%, Mo:1.80%~1.95%, O:0.11%~0.13% 的要求范围。微观组织试样取自棒材 1/2 半径位置,同时沿棒材径向方向取力学性能试样毛坯。对微观组织试样和力学性能试样毛坯分别进行固溶和固溶+时效处理,固溶处理制度为相变点以下 45℃ 保温 1h 空冷,时效处理为 595℃ 保温 8h 后空冷。分别对锻造态、固溶态和固溶+时效态的微观组织试样

使用 Zeiss 光学显微镜采集金相,并使用图像处理软件根据不同相的衬度差别标定初生 α 相,量化图像中初生 α 相截面总面积与图像面积之比定量为初生 α 相体积分数,同时标记每个等轴初生 α 相晶粒的截面面积大小、最长/最短过晶粒中心直径大小等特征尺寸,进行等轴初生 α 相截面面积、长短轴比等统计分析。使用 FEI Novanano450 场发射扫描电镜进行微观组织观察,同时对微观组织观察试样进行 EBSD 试验采集晶体取向信息。对固溶+时效态的力学性能试样进行室温拉伸、常规载荷低周疲劳(应力控制)和高载荷加速保载疲劳(应力控制)等力学性能测试。室温拉伸试验使用 $\phi 6M12-L74$ mm 圆棒拉伸试样,在室温条件下使用 NCS-NT100 万能试验机进行测试,室温拉伸测试标准参照 ASTM E8/E8M 标准执行。低周疲劳试验和保载疲劳试验使用 $\phi 6M14-L72$ mm 圆棒疲劳试样,平行段及过渡圆角精加工要求为纵向抛光,在室温条件下使用 MTS landmark 疲劳试验机进行测试,低周疲劳试验采用常规载荷 869MPa 和 910MPa 正应力三角波波形控制,应力比 $R=0$,加载和卸载各 1s;保载疲劳试验采用高载荷 910MPa 和 1000MPa 正应力梯形波波形控制,应力比 $R=0$,加载和卸载各 1s,保载时间 120s,应力控制疲劳测试标准参照 ASTM E466 标准执行。在相同载荷测试条件下,使用低周疲劳失效周期与保载疲劳失效周期之比表征保载疲劳敏感性。

试验结果

1 不同 Ti6242 钛合金棒材的微观组织

图 1 为 3 种不同 Ti6242 钛合金棒材锻态原始微观组织形貌,其中微观组织中白亮区域为初生 α 相,灰黑色区域为 β 转变相, β 转变相

由层片状次生 α 相和 β 相构成。结果显示 1# 棒材的锻态微观组织初生 α 相少于 2# 和 3#, 且等轴化特征明显。

2 不同 Ti6242 钛合金棒材经固溶时效处理微观组织演变

图 2 和图 3 分别为 3 种不同 Ti6242 钛合金棒材组织经过固溶处理和固溶 + 时效处理的微观组织形貌。固溶处理和固溶 + 时效处理的微观组织类型仍由初生 α 相和 β 转

变相组成, 由于更高温度固溶处理引起初生 α 相的部分回溶, 白亮区域范围有一定程度缩减, 两种热处理状态下初生 α 相相对独立的分布在 β 转变相基体中, 相比于原始锻态微观组织, 两种热处理状态的初生 α 相和 β 转变相衬度对比更加清晰。扫描电镜 β 转变相微观表征结果显示, 在固溶态试样上进行 595 $^{\circ}\text{C}$ /8h 时效处理引起 β 转变相层片结构的层片粗化行为, 但是在相同的试样

坯料和时效热处理制度条件下, 不同试样的 β 转变相微观形貌未显示出明显差别。

3 微观组织演变对力学性能的影响

图 4 为 3 种不同 Ti6242 钛合金棒材原始棒材锻态试样和经相同固溶 + 时效处理试样的室温拉伸力学性能测试结果。3 种不同棒材锻态室温拉伸力学性能差别较大, 2# 锻态试样比 3# 锻态试样抗拉强度高出约 40MPa, 屈服强度高出约 65MPa ;

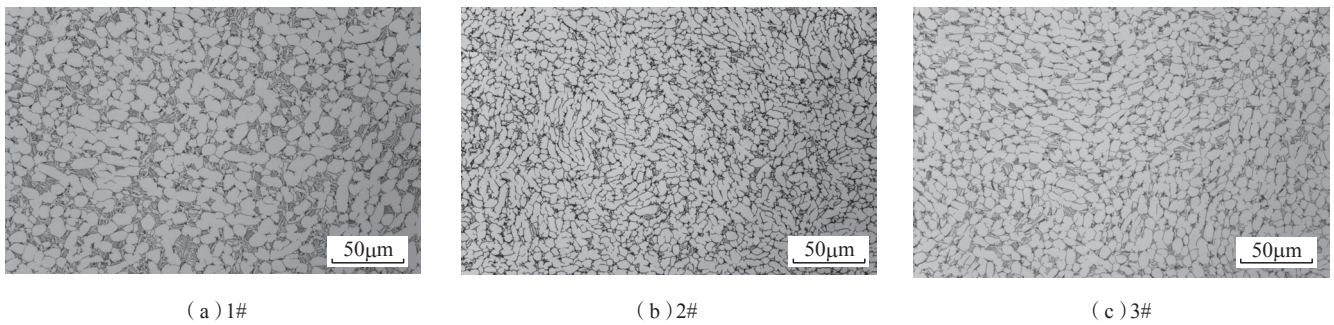


图1 不同Ti6242钛合金棒材微观组织 (锻态)
Fig.1 Microstructure of different Ti6242 alloy bars (forged state)

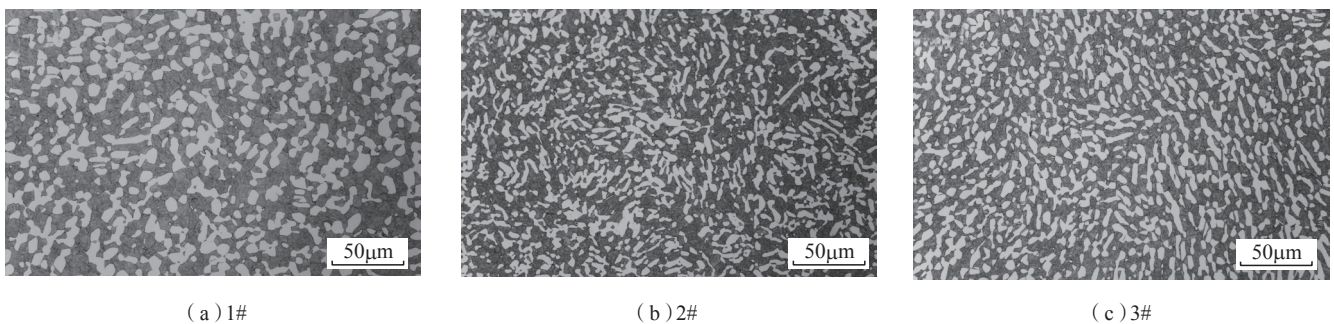


图2 不同Ti6242钛合金棒材微观组织 (固溶)
Fig.2 Microstructure of different Ti6242 alloy bars (solid solution)

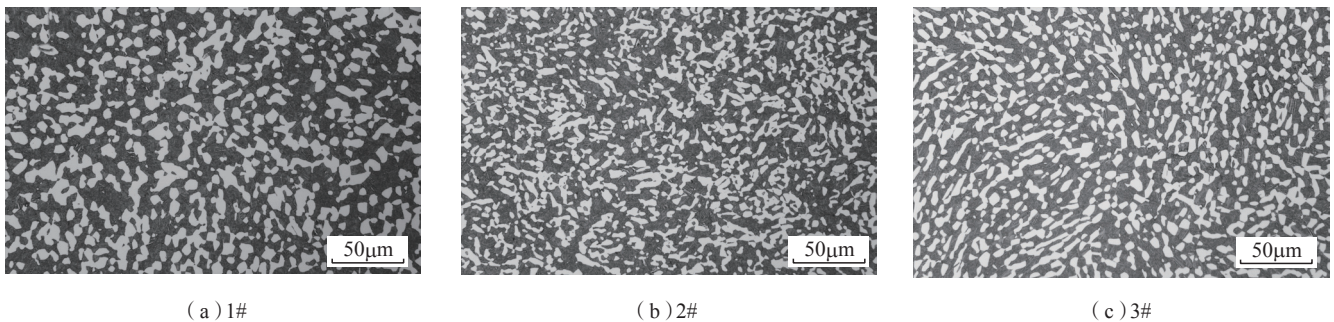


图3 不同Ti6242钛合金棒材微观组织 (固溶+时效)
Fig.3 Microstructure of different Ti6242 alloy bars (solid solution and aging)

经历相同固溶+时效热处理后的室温拉伸力学性能均有所优化且趋于相近,3#试样的室温拉伸强度力学性能稍低于1#和2#试样。

图5(a)为3种不同Ti6242钛合金棒材沿径向取样毛坯经相同固溶和时效热处理后的室温低周疲劳力学性能测试结果。3种不同棒材的室温低周疲劳力学性能显示出明显差别,2#棒材在869MPa载荷作用下的低周疲劳失效周期平均值约为32000周次,高于1#和3#的低周疲劳失效周期平均值约1.5倍。图5(b)为3种不同Ti6242钛合金棒材沿径向取样毛坯经相同固溶和时效处理后的室温加速保载疲劳力学性能测试数据。3种不同棒材固溶+时效处理后的加速保载疲劳性能对比结果与低周疲劳结果相似,2#棒材在1000MPa高载荷作用下的室温保载疲劳失效周期约为500周次,相同测试条件下的1#和3#室温保载疲劳失效周期不足100周次。

为进一步表征不同Ti6242钛合金棒材组织差异及演变对疲劳性能和保载疲劳敏感性的影响,测试910MPa载荷(低于屈服强度)的低周疲劳和保载疲劳失效周期如图6所示。相同载荷条件下,2#棒材表现出最高的低周疲劳和保载疲劳失效周期,1#棒材其次,3#棒材的910MPa载荷低周疲劳和保载疲劳

性能最差。

分析与讨论

1 不同Ti6242钛合金棒材微观组织差别及其演变

在固溶+时效态下,不同棒材组织的 β 转变相微观形貌基本相同,其微观组织差异上主要体现在初生 α 相体积分数和形态有明显差别。图7为1#、2#和3#棒材在3种状态下的初生 α 相体积分数变化示意图。3种棒材锻态组织初生 α 相体积分数约为60%~70%,其中1#的初生 α 相体积分数低于2#和3#。与图1所示微观组织形貌相对应,锻态的初生 α 相体积分数远高于固溶态和固溶+时效态的初生 α 相体积分数(32%~35%)。相同的热处理制度下,3种棒材锻态组织初生 α 相体积

分数的差异缩小。微观组织的量化结果显示,在相近初生 α 相体积分数的条件下,2#和3#棒材微观组织显示出更高的初生 α 相分布密度。统计结果显示,1#棒材固溶态的初生 α 相面密度约为10.20个/ $100\mu\text{m}^2$,固溶+时效态的初生 α 相面密度约为10.65个/ $100\mu\text{m}^2$,明显低于2#固溶态20.28个/ $100\mu\text{m}^2$ 和固溶+时效态18.29个/ $100\mu\text{m}^2$,3#固溶态19.56个/ $100\mu\text{m}^2$ 和固溶+时效态19.40个/ $100\mu\text{m}^2$ 。固溶+时效处理与固溶态相比未引起初生 α 相体积分数和面分布密度的明显变化。

相近初生 α 相体积分数情况下,2#和3#棒材更为密集的初生 α 相形貌与初生 α 相的尺寸分布状态相对应。图8(a)为3种不同棒材组织在固溶态和固溶+时效态的初生

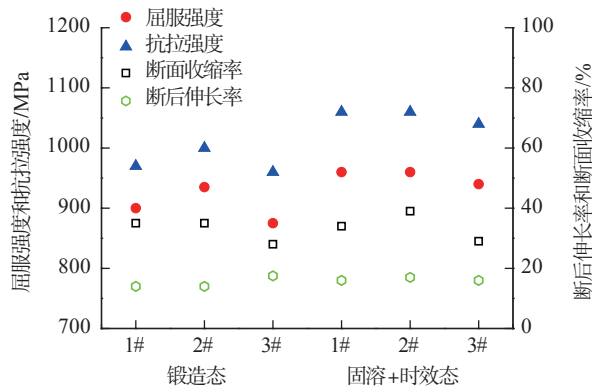


图4 室温拉伸力学性能

Fig.4 Room temperature tensile properties

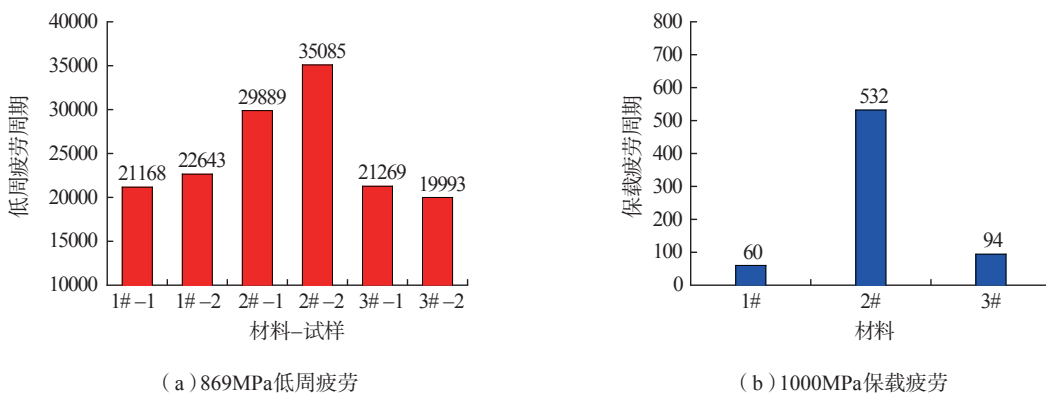


图5 室温低周疲劳和保载疲劳力学性能(固溶+时效)

Fig.5 Room temperature low-cycle fatigue and dwell fatigue properties (solid solution and aging)

α 相截面面积分布示意图,2#棒材的初生 α 相在 $\leq 50\mu\text{m}^2$ 截面面积区间具有更高的分布百分比,而1#棒材的初生 α 相在 $\geq 250\mu\text{m}^2$ 截面面积区间的比例高于2#和3#。不同Ti6242钛合金棒材组织的差别还体现在初生 α 相的形状差别,初生 α 相通常

呈现近似椭球状或长条状,理想状态下完全等轴的初生 α 相长轴与短轴之比应为1。图8(b)为3种不同棒材组织在固溶态和固溶+时效态的初生 α 相长短轴比分布示意图,统计结果显示,1#棒材的初生 α 相等轴化倾向明显,长短轴比小于2的晶

粒分布百分比高于2#和3#棒材,2#棒材和3#棒材的长短轴比分布示意图未见明显差别。具有较大长短轴比的初生 α 相在图1~图3的金相组织中显示出一定规律的排列分布。

初生 α 相的形态差异还体现在晶粒取向分布上。图9为3种不同棒材组织在固溶+时效态的初生 α 相取向分布示意图。EBSD测试结果显示,初生 α 相除一定规律的排列分布外,在晶体学取向方面也存在一定程度的聚集,3#棒材的取向分布图显示具有相似长短轴排列方向的初生 α 相在晶体学取向上也保持近似,显示出明显高于1#棒材和2#棒材的初生 α 相微织构取向聚集特征。一般认为这种微织构特征对Ti6242合金的疲劳性能,特别是保载疲劳性能会产生不利影响。

3种不同棒材微观组织的量化结果显示,由于锻造工艺不同而具有明显特征差异的原始组织经历相同的固溶和时效处理后其初生 α 相体积分数差异性减小,但是初生 α 相的分布、形态尺寸和取向分布等仍存在一定差别,显示出原始组织差异通过热处理工艺不能完全消除,具有一定的遗传特征。

2 微观组织差别及演变对力学性能的影响

对3种棒材不同状态的微观组织量化分析结果显示,具有明显差异

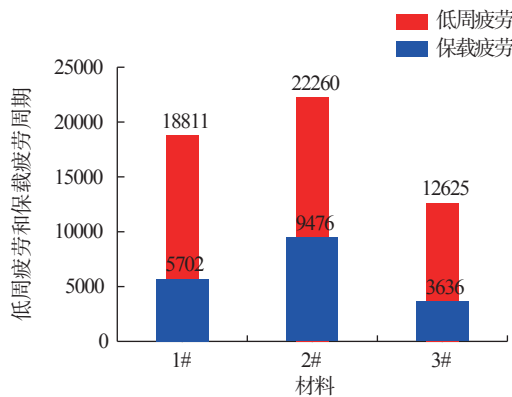


图6 910MPa室温低周疲劳和室温保载疲劳力学性能(固溶+时效)

Fig.6 Room temperature low-cycle fatigue and dwell fatigue properties under 910MPa (solid solution and aging)

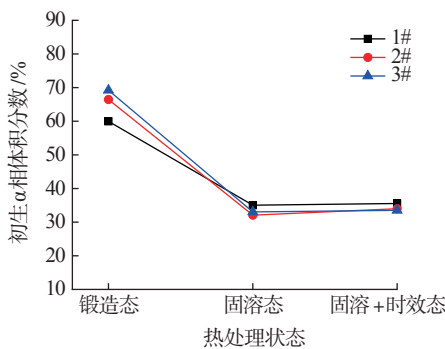


图7 不同Ti6242钛合金棒材初生 α 相体积分数

Fig.7 Volume fraction of primary α phase in different Ti6242 alloy bars

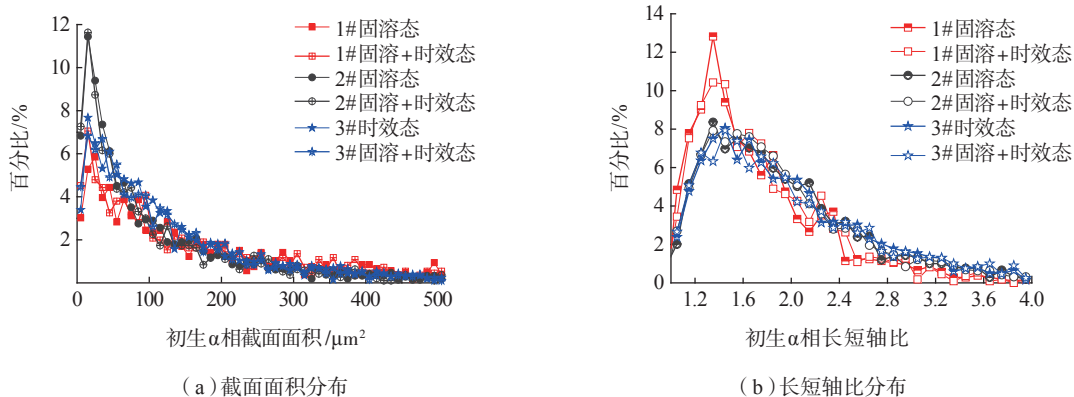


图8 不同Ti6242钛合金棒材初生 α 相差别

Fig.8 Difference of primary α phase in different Ti6242 alloy bars

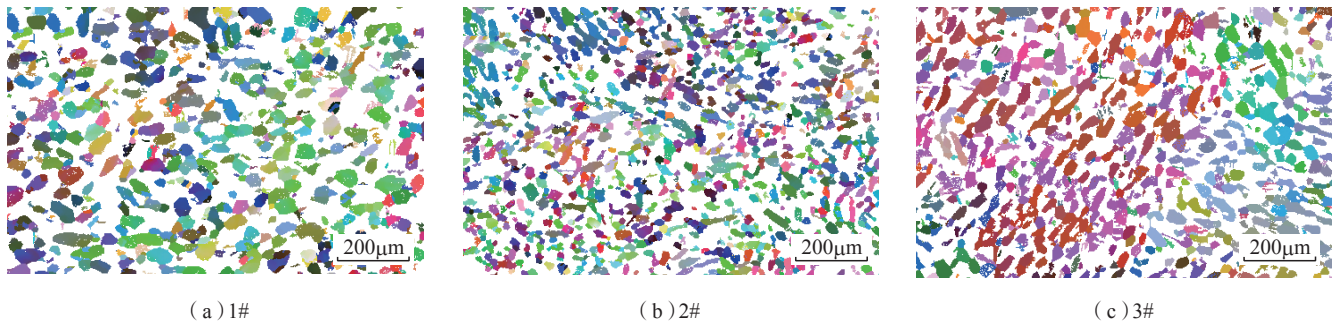


图9 不同Ti6242钛合金棒材初生 α 相取向分布(固溶+时效)

Fig.9 Primary α phase orientation distribution of different Ti6242 alloy bars (solid solution and aging)

的锻态组织在经历了相同的固溶+时效处理后,其初生 α 相体积分数趋于近似,但初生 α 相的面分布密度和形态等仍保留较大的差别。3种棒材锻态和固溶+时效态室温拉伸力学性能测试结果显示原始棒材室温拉伸力学性能差异及热处理的影响。不同Ti6242钛合金棒材在锻造工艺和微观组织方面存在一定差别,引起锻态室温拉伸力学性能的较大差别,在经历相同的固溶+时效处理后,3者的室温拉伸力学性能趋于一致,显示出固溶+时效热处理过程的归一化影响。因此关于短时拉伸力学性能的变化趋势与初生 α 相体积分数的变化规律显示出一定相关性。

对微观组织差别更加敏感的疲劳性能表现出明显不同,室温低周疲劳和保载疲劳性能结果显示,不同载荷条件下2#棒材的低周疲劳和保载疲劳失效周期均明显高于1#和3#,显示出更细小非等轴状且没有明显取向集中分布的初生 α 相更有助于低周疲劳和保载疲劳性能的提高。更为细小的均匀特征组织在外界疲劳载荷作用下产生更低程度的应力集中行为,降低局部应变差别和疲劳失效行为萌生,有利于合金疲劳性能提升。同时,具有一定长短轴比的初生 α 相在疲劳裂纹扩展时可以增加裂纹扩展阻力,一定程度增加疲劳失效寿命。相同载荷条件下的低周疲劳失效周期与保

载疲劳失效周期之比通常作为钛合金保载疲劳性能的评价指标之一,被称为保载疲劳敏感性指数。1#、2#和3#棒材固溶+时效热处理后910MPa载荷室温低周疲劳失效周期和室温保载疲劳失效周期之比分别为3.30、2.35和3.47。2#棒材具有的较低保载疲劳敏感性指数显示出其棒材制备工艺带来的微观组织特征和力学性能优势。

结论

本文对不同棒材的微观组织差别及其在固溶时效处理过程中的演变过程进行微观组织量化分析,结合室温拉伸、低周疲劳和保载疲劳性能分析,得到主要结论如下:

(1) 不同Ti6242钛合金棒材的锻态组织具有一定差异性,经历相同的固溶和时效处理后,其初生 α 相体积分数趋于近似,初生 α 相的面分布密度、形状特征和取向分布仍保留一定差别;

(2) 不同Ti6242钛合金棒材经历相同的固溶和时效处理后,室温拉伸力学性能结果显示其强度性能趋于近似,室温低周疲劳和保载疲劳性能结果存在较大差异;

(3) 对比3种不同棒材的微观组织差异及其演变对力学性能的影响,具有细小非等轴状且没有明显取向集中分布初生 α 相的棒材原始组织有助于其制备盘锻件的疲劳性能的提升。

参考文献

- [1] 曹春晓. 航空用钛合金的发展概况[J]. 航空科学技术, 2005, 16(4): 3-6.
CAO Chunxiao. General development situation of titanium alloys for aviation[J]. Aeronautical Science and Technology, 2005, 16(4): 3-6.
- [2] SAVAGE M F, TATALOVICH J, ZUPAN M, et al. Deformation mechanisms and microtensile behavior of single colony Ti-6242Si[J]. Materials Science and Engineering: A, 2001, 319: 398-403.
- [3] JUN T S, SERNICOLA G, DUNNE F P E, et al. Local deformation mechanisms of two-phase Ti alloy[J]. Materials Science and Engineering: A, 2016, 649: 39-47.
- [4] 孙小平, 罗锦华, 雷锦文, 等. 显微组织对Ti6242S钛合金高温蠕变性能的影响[J]. 金属热处理, 2018, 43(1): 105-110.
SUN Xiaoping, LUO Jinhua, LEI Jinwen, et al. Effect of microstructure on high-temperature creep behavior of Ti6242S titanium alloy[J]. Heat Treatment of Metals, 2018, 43(1): 105-110.
- [5] 岳旭, 马龙, 胡亚歌, 等. Ti-6242S钛合金 ϕ 265mm棒材的组织与性能[J]. 金属世界, 2015(6): 18-21.
YUE Xu, MA Long, HU Yage, et al. Microstructure and properties of ϕ 265 mm bars of Ti-6242S alloy[J]. Metal World, 2015(6): 18-21.
- [6] 韩墨流, 徐平伟, 万明攀, 等. TA19钛合金中未完全转变组织特征与拉伸性能[J]. 稀有金属材料与工程, 2018, 47(12): 3768-3775.
HAN Moliu, XU Pingwei, WAN Mingpan, et al. Semi-equiaxed structure and

tensile properties of TA19 titanium alloy[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2018, 47(12): 3768–3775.

[7] SARRAZIN-BAUDOUCX C. Abnormal near-threshold fatigue crack propagation of Ti alloys: Role of the microstructure[J]. International Journal of Fatigue, 2005, 27(7): 773–782.

[8] JIN O, MALL S. Effects of microstructure on short crack growth behavior of Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si alloy[J]. Materials Science and Engineering: A, 2003, 359(1): 356–367.

[9] ZHOU H W, LIU H Q, YI D Q, et al. Effect of α phase on fatigue crack growth of Ti-6242 alloy[J]. Journal of Iron and Steel Research International, 2017, 24(8): 811–822.

[10] MENDIA L, ESTENSORO F J, MARY C, et al. Effect of combined cycle fatigue on Ti6242 fatigue strength[J]. Procedia Engineering, 2011, 10: 1809–1814.

[11] HÖRNQVIST M, MÄNSSON T. Fatigue crack growth in Ti-6242 under elasto-plastic loading conditions[J]. Procedia

Engineering, 2010, 2(1): 223–229.

[12] QIU J K, FENG X, MA Y J, et al. Fatigue crack growth behavior of beta-annealed Ti-6Al-2Sn-4Zr-xMo (x=2, 4 and 6) alloys: Influence of microstructure and stress ratio[J]. International Journal of Fatigue, 2016, 83: 150–160.

[13] PRASAD K, PARLIKAR C, DAS D K. Isothermal and thermomechanical fatigue behavior of aluminide coated near α titanium alloy[J]. International Journal of Fatigue, 2016, 92: 107–115.

[14] VESIER L S, ANTOLOVICH S D. Fatigue crack propagation in Ti-6242 as a function of temperature and waveform[J]. Engineering Fracture Mechanics, 1990, 37(4): 753–775.

[15] MCBAGONLURI F, AKPAN E, MERCER C, et al. An investigation of the effects of microstructure on dwell fatigue crack growth in Ti-6242[J]. Materials Science and Engineering: A, 2005, 405(1): 111–134.

[16] HÉMERY S, VILLECHAISE P. Comparison of slip system activation in

Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo and Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo under tensile, fatigue and dwell-fatigue loadings[J]. Materials Science and Engineering: A, 2017, 697: 177–183.

[17] DOQUET V, DE GREEF V. Dwell-fatigue of a titanium alloy at room temperature under uniaxial or biaxial tension[J]. International Journal of Fatigue, 2012, 38: 118–129.

[18] GHONEM H. Microstructure and fatigue crack growth mechanisms in high temperature titanium alloys[J]. International Journal of Fatigue, 2010, 32(9): 1448–1460.

[19] LEFRANC P, SARRAZIN-BAUDOUCX C, DOQUET V, et al. Investigation of the dwell period's influence on the fatigue crack growth of a titanium alloy[J]. Scripta Materialia, 2009, 60(5): 281–284.

[20] TOUBAL L, BOCHER P, MOREAU A. Dwell-fatigue life dispersion of a near alpha titanium alloy[J]. International Journal of Fatigue, 2009, 31(3): 601–605.

通讯作者: 张明达, E-mail: 15901022010@139.com。

Effects of Microstructure Difference and Evolution on Tensile and Fatigue Properties of Ti6242 Alloy

ZHANG Mingda¹, CAO Jingxia¹, ZHOU Yi¹, DENG Ruigang², SHI Donggang³, HUANG Xu¹

(1. AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China;

2. AVIC Shaanxi Hongyuan Aviation Forging Company Ltd., Xi'an 713801, China;

3. AECC Commercial Aircraft Engine Company Ltd., Shanghai 200241, China)

[ABSTRACT] The mechanical properties of the near-alpha titanium alloys Ti6242 alloy disc forgings usually have close relationship with the original microstructure of bars. In this study, three kinds of Ti6242 alloy bars with different original microstructure were selected to quantitatively analyze the difference and evolution of different microstructure characteristics, including the forged state, the solid solution state and the solid solution and aging state. The effects of the microstructure difference and evolution on the mechanical properties were also compared. The results showed that the differences of primary α phase volume fraction reduced after similar solid solution and aging treatment process, while the sectional area distribution and shape distribution of primary α phase still retained some differences. Room temperature tensile mechanical properties showed no significant difference, while the low fatigue property and dwell fatigue property exhibited significant difference. According to the microstructure difference analysis and mechanical property results, the original microstructure of bar with fine, non-equiaxed and no obvious orientation primary alpha phase contributed to good fatigue properties.

Keywords: Titanium alloy; Microstructure; Mechanical properties; Low-cycle fatigue; Dwell fatigue

(责编 大漠)