

发动机 JT9D—7R4E I 级涡轮动片的过热分析

北京飞机维修工程有限公司 石 峰

E. No. 927 发动机在执行飞行任务时出现瞬时高温受热的异常现象, 拆下该发动机进行了过热检查。发动机型号为 JT9D—7R4E, 一级涡轮动片的材料为 PWA1480。

一、试验与分析

根据 P&W72-51-04 要求进行取样 (图 1), 然后根据 P&W 标准手册制备金相试样, 叶身及其根部上的标准检查位置见图 2 和图 3。

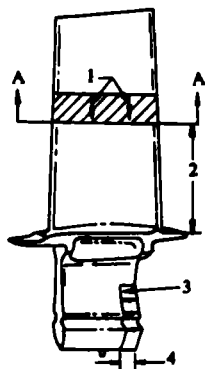
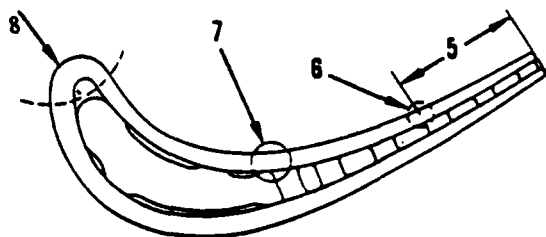


图 1 试样尺寸



SECTION A-A

图 2 叶身检查位置图

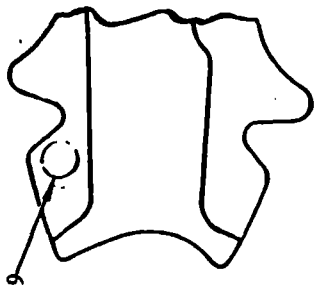


图 3 根部检查位置

注: 2) 尺寸为 25.400~31.750mm; 4) 尺寸为 4.749~7.925mm; 5) 尺寸为 7.620mm; 6) 后缘观察位置; 7) 中弦观察位置; 8) 前缘观察位置; 9) 根部观察位置

1. 前缘 (图 2, 位置 8)

显微镜下观察, 发现该部位的组织有 3 个不同的组织区域 A、B、C (见图 4), 其中 A 区组织 (图 5) 聚集的 γ' 相有序排列, 并出现溶解, 而且共晶相也出现溶解, 因此该区域的组织所显示的温度甚高, 大约在 2200~2250°F 范围内; B 区域, 细的 γ' 相部分溶解并且聚集, 共晶相部分溶解, 其程度比 A 区轻一些 (见图 6), 该区域的温度约为 2150°F; C 区域, 组织正常, 接近根部的组织形态 (图 7, 8), 根据检验标准, 前缘位置的极限温度为 2150°F, 但从上面的分析情况看, 前缘部分出现了异常现象。

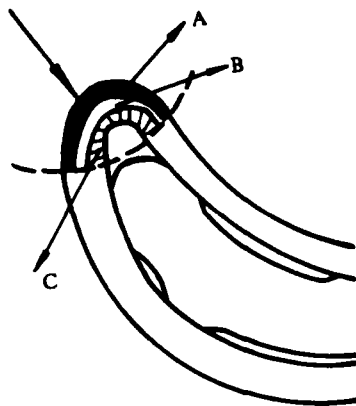


图 4 三个不同的组织区域

A—阴影部分 B—空白部分 C—划线部分

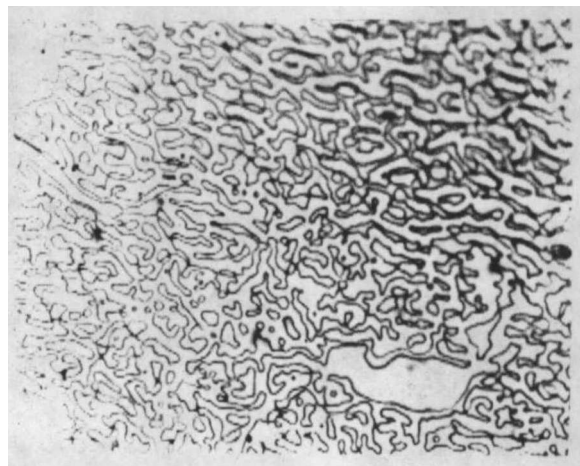


图 5 A 区组织



图6 B区组织

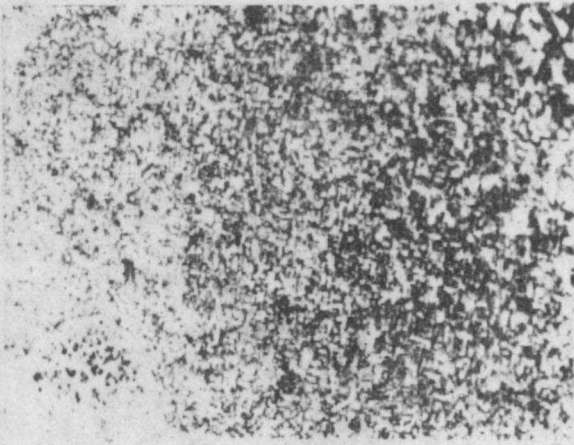


图7 C区组织

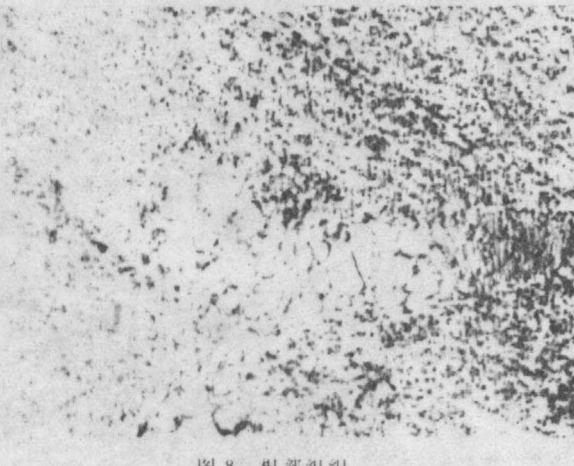


图8 根部组织

2. 中弦 (图2, 位置7)

细的 γ' 相有轻度的聚集, 不规则形状的颗粒有些溶化, 组织正常 (见图9), 该位置的温度小于其极限温度, 即2050°F。

3. 后缘 (图2, 位置6)

该位置根据金相组织的不同可分为M区和N区 (见图10)。M区, 细的 γ' 相聚集并溶解, 共晶相出现部分溶解, 组织正常, 温度范围为2100~2150°F。N区, 细的

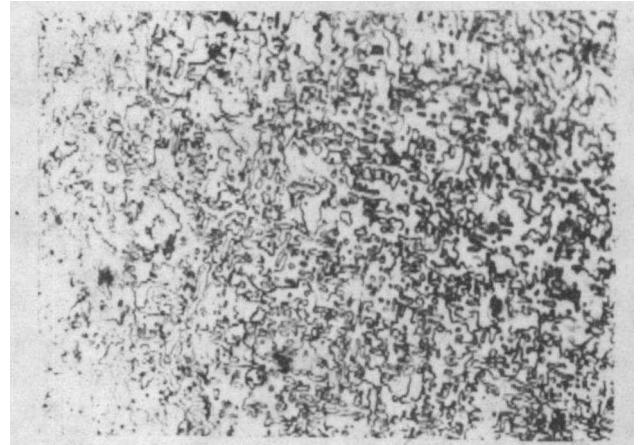


图9 中弦金相组织

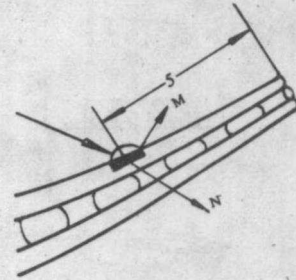


图10 M—阴影部分 N—空白部分

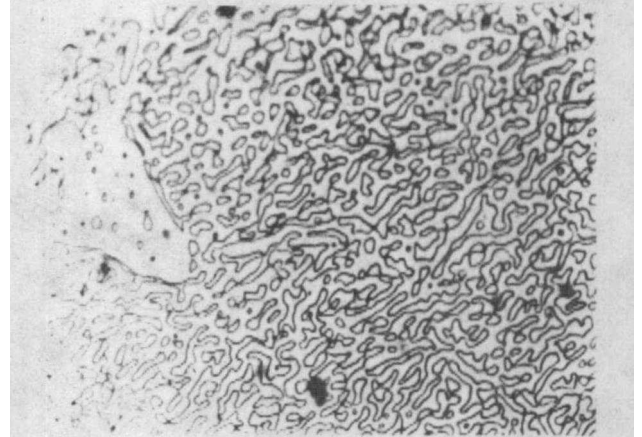


图11 M区域金相组织

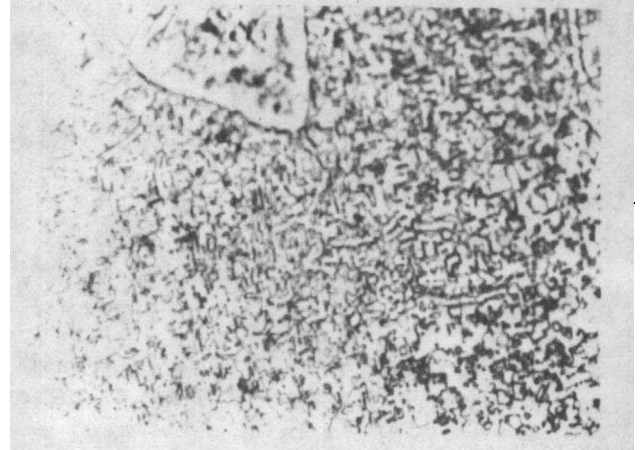


图12 N区域金相组织 (续前)

数很小的碳纤维按一定含量、排布方式复合起来组成的新材料,可代替钼、钨作可控电力半导体支撑电极。

碳纤维-铜复合材料代替钼、钨作可控硅支撑电极也为可控硅的设计开辟了新的途径。如长纤维双向、网状、涡卷状分布的碳纤维-铜复合材料在与硅片纤焊的平面上热膨胀系数很小,而在厚度方向上热膨胀系数较大,与某些树脂热膨胀系数接近,这样以前树脂模具化有困难的功率半导体元件(因树脂与钼、钨的热膨胀系数相差太大),可用树脂成型,结构大大简化,降低了成本。

碳纤维-铜复合材料除可在半导体支撑电极中得到应用外,也扩展到集成电路的散热板上。过去集成电路装置的绝热板(Al_2O_3)里面固定着散热板,一般用高传导性材料(Ag、Cu),但其与绝热板 Al_2O_3 的热膨胀系数差别大,易弯曲,使绝热板断裂。可通过调整碳纤维含量、排布方式,使碳纤维-铜复合材料热膨胀系数接近绝热板(Al_2O_3),来代替银、铜作集成电路的散热板。

2. 耐磨、滑动电触点材料^[12]

碳纤维-铜复合材料用于耐磨及滑动电触点材料主要利用铜的良好导电性及碳纤维的润滑、抗磨性。电车导电弓架上的滑块是电车及电气机车上的易损件,早期采用金属滑块,目前采用碳滑块,但金属与碳滑块各有其不足之处。采用碳纤维-铜复合材料后,使接触电阻减小,可避免过热现象,同时能增加强度及过载电流,并且有优良润滑性,耐磨性等优点。在碳纤维-铜复合材料用于制造减摩擦、抗磨损部件方面,日本提供了不少专利。他们用碳纤-铜复合材料制造滑块、电刷、触点,用于往复滑动型引擎的活塞环,铁道车辆集电用的活动板等方面。

五、结束语

碳纤维-铜复合材料是一种具有广泛应用前景的新型功能材料,已引起国内学者的注意,其研究开发已取得长足进步。但就整体而言,这类复合材料开发仍处于起步阶段,组元比例变化、排布方式等与性能的关联,界面问题等仍处于实验水平,欲想充分认识这类材料,使之得到更广泛的开发应用,还需进行艰苦的探索。

参考文献(略)

(上接第40页)

γ' 相出现深度聚集,共晶相无大的变化,组织正常,后缘的极限温度为2100F(图11,12)。

二、结 论

叶片必须检查部位均有过热现象,超过各自所要求的极限温度,该级叶片已出现过热损伤,应予报废。

材料工程

IM1834 钛合金是IMI钛有限公司继IM1679、IM1685和IM1829之后最新研制成功的钛合金。该合金能在600℃高温工作,且具有很好的抗蠕变性能和抗疲劳性能。目前英国R-R公司的瑞达(Trent)700涡扇发动机的压气机转子就是用IM1834钛合金制作的,而正在研制的瑞达800(未来波音777大型客机候选的动力装置之一)发动机的压气机转子也将采用IM1834钛合金,但压气机后两级盘则采用镍基高温合金,因为瑞达800发动机压气机总增压比高达39.3,压气机后几级温度很高,压气机后二级温可能高于600℃。

IM1834钛合金的另一项重要应用是在PW305涡扇发动机上。PW305发动机是普惠公司加拿大分公司研制的高技术涡扇发动机。该发动机具有推重比高、燃油消耗率低和压气机增压比高的优点。据巴黎航空展览会上展示,P&W加拿大航空分公司已与Firth Rixson公司签订了IM1834钛合金锻件的合同,用以制造PW305发动机增压叶轮。

IM1834钛合金还被世界上其它主要发动机生产厂家、公司所采用,如MTU等。IMI钛有限公司可以供应各种型式的IM1834材料,包括锻胚、棒材、丝材、薄板、厚板、箔材、挤压件、精铸件、无缝管子和焊接管子等。

IM1834是一种近 β 相(α 相占5%, β 相占95%)钛合金。据称IM1834是在广泛、仔细地研究了合金化元素添加物的平衡和热机械工艺综合后,才使合金性能达到最佳化。有效的合金化元素有Al、Sn、Nb、Ta、Hf、W、Si、和C等。添加某些元素可能改善持久性能,但也意味着可能使其它性能下降,例如合金的稳定性、密度和价格等。研究表明,含Mo+Nb型的IM1834比含Ta型的IM1834优越。研究还表明C对合金的热处理有较大的影响,含C量控制在0.06%之内,可以使合金组织细化,提高合金的抗疲劳性能。由于IM1834合金用在600℃时仍有最大的蠕变和疲劳性能,所以它不但被广泛用于航空发动机上,也用于宇航、化工、石油和其它工业上。

高温钛合金是70年代初研制成功的,典型合金有IM1685(Ti-6Al-5Zr-0.5Mo-0.25Si)和6-2-4-2(Ti-6Al-2Sn-4Zr-4Nb-少量Si)。前者承温能力在540℃左右,用作RB211、RB189、M53、阿杜尔多种发动机的盘形件和环件;后者承温能力低于500℃,多用作美国普惠公司F100发动机的盘件、叶片等。80年代初投入使用的高温合金有IM1829(即Ti-5-3-1S)和Ti-6-2-4-2Si钛合金,前者承温能力达560℃,用作RB211-535E4发动机的盘形件、环件和叶片,后者承温能力也高于500℃,用作PW2037、CF6和CFM56等发动机的压气机盘和叶片。

IM1834钛合金是80年代中期发展的,成分估计和IM1829相近,但性能均高于IM1829。因此,IM1834成为迄今承温能力最高的钛合金。在1988年曾获得最高工艺成就的荣誉。

(傅孙靖)