

对 YB636-67 技术条件的补充意见

一七〇厂 杜尚杰 朱春杰

晶粒度是确定金属及变形合金与半成品机械性能的极为重要的特性之一。因此,确定压力加工时金属与合金中晶粒尺寸是一个重要的问题。

奥氏体型的耐热钢及合金,在固态下没有相的重结晶,因而压力加工后的组织不能通过热处理的办法加以改变。所以,其组织除对化学成分控制外,还需控制变形开始和结束时的温度以及变形程度。然而用GH49高温合金锻制的涡轮叶片,制造厂均采用曲轴压力机,每火一次行程中锻成。同时发动机涡轮叶片均属变截面,由于各部位厚薄不等,所以叶片各部位的变形程度也不尽相同。又由于GH49合金是一种合金化程度高、难变形的Ni-Cr-Co基高温合金,具有高的变形抗力、较低的塑性和狭窄的最佳塑性温度范围,因此,影响GH49合金制造涡轮叶片的晶粒大小与冶金厂出厂的原材料晶粒大小有着不可分割的(遗传)关系。

本文的目的在于总结原材料复验中,粗大和细小晶粒度对机械性能的影响,并提出在YB636-67 GH49热轧棒材技术条件中增加晶粒度检查的补充意见。

一、试验方法和结果

试验所用的原材料,选用长城三厂生产的晶粒度比较粗大的GH49合金进行高温疲劳试验。试验用技术条件按照三机部和冶金部共同签订的(72)三生字3号;(72)冶钢字第11号文中规定的700℃ 33公斤/毫米²,其疲劳寿命应达到 $N=1 \times 10^7$ 次而不断。第一次共试验五炉,其中选取A4-28、A4-38、A4-50三个炉号中有代表性的六个试样进行了高倍组织观察。为了寻求长城三厂生产的GH49合金是否

存在着一个普遍的规律性,第二次又选用A5-302和A5-350两炉七个试样进行疲劳试验,其结果均达不到 $N=1 \times 10^7$ 次的水平,为此又补做上钢五厂和大冶钢厂的两个试样,炉号分别为816-303和12-763,结果均合格,并且两次试验结果有很好的重复性。疲劳试验是在同一台国产PWC510WG型高温高速疲劳试验机上进行的,转速为5000转/分。

为了鉴定晶粒度对性能的影响,又统计八个炉号抚钢生产的晶粒比较细小的GH49持久强度试验数据,其持久试验按YB636-67技术条件规定进行。

上述两种试验所用合金的冶炼工艺均为真空感应+电渣重熔,最后热轧成 $\phi 32$ 毫米的棒料。试验前试样均经 $1200 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温2小时空冷+ $1050 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温4小时空冷+ $850 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温8小时空冷,其化学成分、低倍和断口均符合YB636-67技术条件的规定。经高温疲劳和持久试验后的试棒,在断裂面磨制成金相高倍样品,在显微镜下放大100倍,按YB27-64晶粒度标准评级图进行晶粒度的评定工作,试验结果见表1和表2。

二、讨论

通过表1和表2的试验结果和复验数据可知,晶粒度偏大能满足高温持久的要求,但不能达到 1×10^7 的疲劳水平。反之晶粒偏细能满足疲劳要求,但满足不了高温持久的要求。晶粒度在1~5级范围内,高温持久和高温疲劳所要求的指标均能得到满足。

从晶界参与形变的角度来看,在高于等强温度的高温持久时,晶界是一个薄弱环节,对热强性不利。因此,高温合金所要求的晶粒度,

表 1 疲劳试验结果和晶粒度级别

序号	σ_{-1} 公斤/毫米 ²	至断裂时间 小时:分	至断裂循环次数 N	晶粒度 级别
1	33	0:44	0.22×10^6 断	0~1
2	33	1:57	0.585×10^6 断	0~1
3	33	6:55	2.075×10^6 断	0~1
4	33	18:11	5.455×10^6 断	1~0
5	33	6:08	1.84×10^6 断	—
6	33	20:51	6.255×10^6 断	—
7	33	3:42	1.11×10^6 断	—
8	33	14:48	4.44×10^6 断	0~1
9	33	2:57	0.885×10^6 断	—1
10	33	1:12	0.36×10^6 断	—1
11	33	33:30	1.005×10^7 未断	2~1
12	33	34:30	1.035×10^7 未断	2~1
13	33	34:30	1.02×10^7 未断	2~3
14	33	34:00	1.02×10^7 未断	2~1
15	33	34:00	1.02×10^7 未断	3~2
技术条件	33	—	1×10^7 不断	—

注: 试验温度为700°C。

总的趋势是比室温使用的材料大。虽然稍大的晶粒对蠕变和持久有些有利作用, 但一味追求大晶粒也是不恰当的, 因为大晶粒会引起合金塑性降低。另外, 对高温合金使用时的另一个重要性能——高温疲劳强度来讲, 小晶粒有利。所以从全面性能来考虑, 必然会出现一个最佳晶粒度范围。

苏联对高温合金晶粒度的要求往往偏大(一般是1~4级), 看来考虑持久和蠕变强度为主; 而英、美一些合金要求的晶粒度往往偏小, 如英、美将一些工作叶片用的高温合金的晶粒度定在5~7级范围, 但仍具有良好的综合性能。

根据发动机在外场的使用经验来看, 涡轮叶片的裂纹和折断95%以上都属于疲劳性质的。然而用GH49高温合金生产的涡轮叶片, 其原材料复验所应用的YB636-67技术条件, 只规定检查高温瞬时和持久而没有规定衡量疲劳性能的指标。因此我们认为应在YB636-67技术条件中增加晶粒度的控制, 即不仅在热强性

表 2 900°C持久试验结果和晶粒度级别

序号	σ 公斤/毫米 ²	至断裂时间 小时:分	晶粒度 级别
1	25	32:30 断	6
2	25	30:00 断	6(2)
3	25	15:58 断	7
4	25	27:00 断	6~5
5	25	20:00 断	7(5)
6	25	22:55 断	6
7	25	39:42 断	4~7
8	25	29:40 断	7(3)
技术条件	25	≥ 40	—

序号	σ 公斤/毫米 ²	至断裂时间 小时:分	晶粒度 级别
9	22	80:30未断	3~2
10	22	80:30未断	3~4
11	22	80:30未断	3~4
12	22	80:30未断	5
13	22	80:30未断	4~5
14	22	80:30未断	5~4
15	22	80:30未断	4
16	22	80:30未断	5(6)
技术条件	22	≥ 80	—

注: 900°C25公斤/毫米² ≥ 40 小时为YB636-67规定的快速持久试验。

900°C22公斤/毫米² ≥ 80 小时为YB636-67规定的慢速持久试验。

方面考虑持久, 而且也考虑塑性和与塑性有关的缺口持久, 以及与晶粒大小有密切联系的疲劳性能。

另外由于飞机和发动机援外出口的要求, 也应在YB636-67技术条件中补充晶粒度的控制, 作为购买商确信发动机冶金质量的依据。

至于晶粒度控制的具体级别, 我们的统计和试验还很不充分, 同时也得参看国外有关数据。我们的出发点是着眼塑性和疲劳呢, 还是持久强度, 这还有待于航空工业部、六二一所、设计部门和生产厂共同研究确定。

(下转第21页)

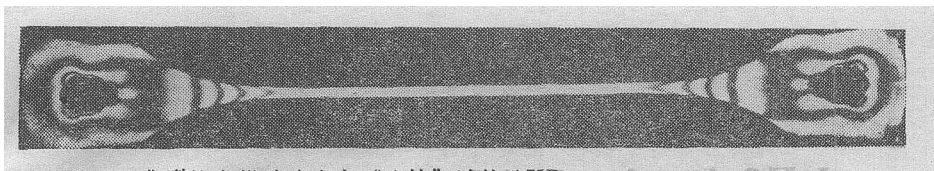


图 7 典型的有机玻璃应力“冻结”试件 (YB-3, 汞绿光, 圆偏振光暗场)

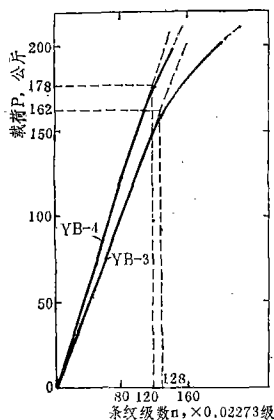


图 8 有机玻璃的 $P-n$ 关系曲线

结 束 语

实验结果表明, YB-3和YB-4有机玻璃的光弹性性能同常用的光弹性材料环氧树脂一样, 也存在光学蠕变和时间边缘效应, 其双折射既可由弹性应力(应变)所产生, 也可由冻

结的高弹性变形所引起。有机玻璃光弹性性能的主要特点是: 应力光学敏感性很低, 负的应力光学常数, 冻结条纹值对测试温度存在依赖关系。

了解有机玻璃光弹性性能的上述特点及其变化规律, 无论对有机玻璃制件的应力测定, 或是利用有机玻璃作为模型材料所进行的其它光弹性实验, 都是必要的、有用的。

参 考 文 献

- [1] Frocht, M. M., 光测弹性力学(I), 陈森译, 贾有权校, 科学出版社, 1964.
- [2] Kuske, A., Robertson, G., Photoelastic Stress Analysis, John Wiley & Sons, 1974.
- [3] 大连工学院数理力学系光测组编著, 光弹性实验, 国防工业出版社, 1978, 9.
- [4] 天津大学基础课部力学教研室, 光弹性原理及测试技术(讲义), 1976, 4.

RFL-1 燃气热腐蚀试验装置通过技术鉴定

航空工业部科学技术局于1982年11月3日至5日, 在621所召开了由该所研制的燃气热腐蚀试验装置的设备鉴定会, 共邀请科学院、高等院校、民航、本部各发动机厂等18个单位参加。到会代表对设备进行了检测, 审查了技术文件, 一致认为: 该设备性能稳定, 模拟性和复现性较好, 自动化程度较高, 具有国内先进水平。该设备最大的特点是耗油量小, 煤油耗量每小时0.07~0.3公斤。它是一种带有冷热交变功能的燃气热腐蚀设备, 可以模拟引起航空发动机热端部件热腐蚀的主要条件, 重视热腐蚀故障, 并可用于高温合金及其涂层的抗热腐蚀性能的鉴定及热腐蚀机理的研究工作。

(赵凤藻)

(上接第43页)

三、结 束 语

近年来我厂用长城三厂生产的GH49高温合金制造的涡轮叶片, 由于表面大晶粒问题, 造成大批成品和半成品报废。仅库存20多吨GH49原材料, 因晶粒粗大而又不能退货当废钢铁出卖一项, 就造成二百多万元的浪费。根据上述情况, 我们认为对YB636-67技术条件补充晶粒度检查, 是十分必要的。