

缝焊接头疲劳强度降低系数 和寿命分散系数的研究

南京航空航天大学 范引鹤**

【摘要】 为了研究发动机机匣的低循环疲劳寿命, 本文根据机匣的实际情况, 设计了焊搭接试件, 进行对 1Cr18Ni9Ti 材料缝焊接接头的疲劳性能测试, 并用统计分析的方法得到 $S-N$ 曲线和 $P-S-N$ 曲线, 及其缝焊接头的疲劳强度降低系数和疲劳寿命分散系数, 与该材料的光滑试件对比, 其结果可以看出, 缝焊接头的疲劳强度大大低于光滑试件, 而其疲劳寿命分散系数比光滑试件好。

主题词: 焊接接头 疲劳强度 寿命

分类号: V231.95

在机匣疲劳设计中, 常常采用疲劳强度降低系数和疲劳寿命分散系数来预测结构的安全寿命。对于焊接接头的这二个系数, 目前我国还没有可供应用的标准, 过去在设计中常借用英国 EGD-3 标准^[1]中的数据, 这些数据是否适合于我国的焊接产品, 需要认真研究。

由于小孔、焊缝等局部结构的应力集中对疲劳强度的影响, 工程上常使用“疲劳强度降低系数 K_f ”。 K_f 的一般定义为: 相同条件和相同循环次数下

$$K_f = \frac{\text{光滑试件疲劳强度 } \sigma_{-1}}{\text{缺口试件疲劳强度 } \sigma'_{-1}} \quad (1)$$

近年来, P. Kuhn, R. E. Peterson 等大批学者对 K_f 进行了多年的理论和实验研究^[2,3], 提出了不少 K_f 的确定方法, 如影响系数法、敏感系数法、诺伯法和直接疲劳试验法等。对于焊接接头, 影响 K_f 的各种因素很复杂, 不仅与接头的几何形状有关, 还与焊接接头的材质和力学不均匀性等因素有关, 因此, 本文采用直接疲劳试验法来得到缝焊接头的 K_f , 更能真实的模拟结构的形状、尺寸、材料及工艺等因素的影响。

疲劳寿命分散系数的确定主要根据使用经验, 并利用大量统计数据, 也可以用小型试件, 在不同应力水平下进行成组疲劳试验, 得到 $S-N$ 曲线和 $P-S-N$ 曲线, 从而求得疲劳寿命分散系数 S_F 。 S_F 的定义为: $S_F = N_{50}/N_P$, 式中: N_{50} 为中线疲劳寿命或几何平均寿命。 N_P 为对应一定存活率 P 和一定置信度 α 的疲劳寿命, 在高存活率下的寿命称为安全寿命, 发动机构件一般取 $\alpha = 95\%$, $P = 99.9\%$ 。

1 成组试验方法和试验结果

试样取自 2 mm 厚的 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢板, 采用搭接缝焊焊接, 如图 1 所示。试样的焊接工艺与所研究的机匣相同。试验设备采用英国制造的 Instron Mode 疲劳试验机。疲劳

试验采用控制最大应力幅的拉—拉应力循环, 应力比 $R=0.1$, 三角形波, 频率 $f=10\sim 20\text{ Hz}$, 室温。采用成组试验法, 将应力水平分成 4 级, 每级 6~12 个试件。

缝焊接头受等幅拉伸载荷作用, 在焊点端部 A 处的应力集中极大, 微裂纹往往在板边的焊点端部 A 处首先产生, 而后扩展, 贯穿板厚, 再向板宽方向发展, 直至断裂。试验结果表明, 所有试件的断裂全部发生在焊接接头熔合线上, 断口沿熔合线可清楚的看到波浪形裂纹扩展的条纹。试验得到的疲劳寿命数据, 经统计分析, 得到下面结果。图 2 为最大疲劳应力 σ 为 235 MPa, 196 MPa, 157 MPa, 118 MPa 缝焊接头疲劳寿命的正态分布图。横坐标为 $x_p = \lg N_p$, 纵坐标为存活率 P 。由图可以看到, 各数据近似在一直线上, 表明被抽样的母体遵循正态分布。

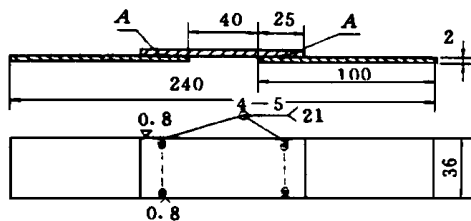


图 1 焊接试样

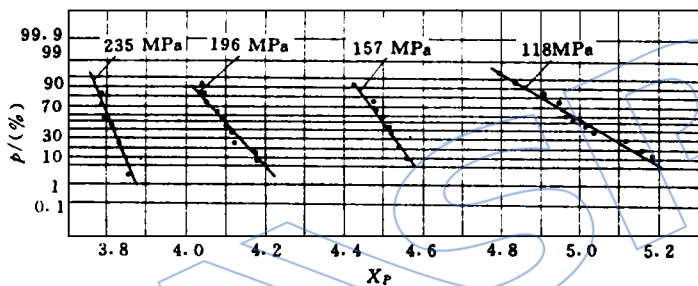


图 2 正态分布

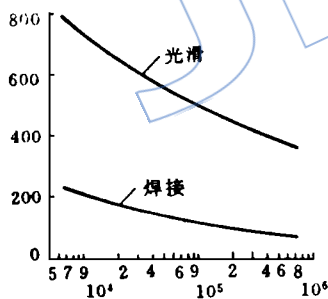


图 3 缝焊接头的 $S-N$ 曲线

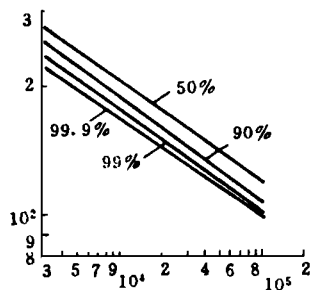


图 4 缝焊接头的 $P-S-N$ 曲线

图 3 为单对数坐标下的 $S-N$ 曲线, 图 4 为在双对数坐标下的 $P-S-N$ 曲线。

2 缝焊接头疲劳强度降低系数和分散度系数

从图 3 看出, 缝焊接头疲劳强度大大低于光滑试件的疲劳强度, 其主要原因为缝焊搭接处截面几何形状突变, 焊接接头材料力学性能不均匀, 熔合区显微组织的变化, 载荷的不均匀等导致疲劳抗力下降。

缝焊疲劳强度降低系数见表 1。

表 1 疲劳强度降低系数 K_f

$x = \lg N$	3. 0	4. 0	5. 0	6. 0
σ_{-1} (光滑试件)		600	495. 92	353
σ'_{-1} (缝焊试件)		232	122. 33	80
K_f (本文结果)		2. 48	4. 054	4. 41
K_f (EGD- 3 标准)	1	1. 67	2. 333	3

由试验结果得到 $S-N$ 曲线和 $P-S-N$ 曲线(如图 4 所示), 可以计算出各成活率下的寿命分散系数 S_F 和安全寿命 N_p , 如表 2 所示。

表 2 疲劳寿命分散系数 S_F 和安全使用寿命 N_p (置信度 95%)

存活率		疲劳寿命分散系数		安全使用寿命		试件数
P		0. 9	0. 999	0. 9	0. 999	n
应力 $\sigma_{\max}$ (M Pa)	235	1. 217	1. 541	5305	4191	6
	196	1. 309	1. 828	9698	6944	10
	157	1. 23	1. 468	27727	22485	10
	118	1. 799	3. 677	59101	28913	12

分散系数与试验子样的标准差和子样容量 n 有关, 也与应力水平有关。缝焊试验结果表明, 疲劳寿命分散度小, 比光滑试件还好。

3 结 论

(1) 缝焊搭接头的疲劳强度降低系数比一般焊接接头大, 当 $N = 10^5$ 已超过 4, 是 EGD- 3 标准推荐的经验数据的 1. 7 倍。笔者认为, 因为罗· 罗公司设计的斯贝发动机没有采用搭接缝焊接头, 因此 EGD- 3 标准对缝焊接头是不适用的, 否则会过大的估计焊接接头的疲劳强度, 造成不安全因素。

(2) 缝焊接头的疲劳分散系数小, 甚至比相同条件下的光滑试件的分散系数还小, 这是与一般熔焊缝不同的又一个特点。这可以解释为在缝焊焊点熔合区应力集中非常严重, 掩盖了其它焊接缺陷等应力集中因素的影响, 这一点, 已被许多实验所证明。

(3) 因特殊的几何条件和载荷条件, 缝焊接头的结构应力、缺口应力、分散性等均不同于一般熔焊接头, 目前对于缝焊接头的疲劳特性, 无论是用数值分析还是实验方法都研究得很不充分。缝焊接头的疲劳强度很小, 限制了它在重要结构件中的应用, 目前英、美发动机及我国新设计的发动机中, 已很少采用缝焊接头。但对于目前我国服役的老机种, 很多还使用缝焊接头, 在对它们的使用寿命期内或延长寿命期的定寿延寿工作中, 必须重视对缝焊接头的研究。

参 考 文 献

1 国际航空编辑部. 斯贝 M K 202 发动机应力标准(EGD- 3). 国际航空, 1979: 372- 376

2 Kuhn P, Hardraht H F. An Engineering Method for Estimating the Notch- Size Effect in Fatigue Tests on Steel. NACA TN 2805, Washington, 1952

3 Peterson R W. Notch Sensitivity. Metal Fatigue, McGraw- Hill Book Co, 1959: 293- 306

(责任编辑 王震华)

of P_p^*/P_s^* , but the corrected momentum coefficient K_m in the mixing pipe goes up. The mass flow rate coefficient μ of the primary nozzle increases slightly as the entrainment ratio goes up. The theoretical analysis has been done for the above conditions by application of aerodynamics. The comparison between the analysis and the experiment shows a good agreement.

Key Words Jet nozzles Ejectors Supersonic velocity Performance Analysis

SUBSTRUCTURE ITERATION FOR ANALYZING DYNAMIC BEHAVIOUR OF A CASING- SUPPORT- ROTOR SYSTEM

Liao Mingfu, Wei Xudong, Liu Qizhou

(7th Dept. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

ABSTRACT

In order to investigate the dynamic behaviour of a casing- support - rotor system, an approach associated with substructure iteration and transfer matrix is developed. With help of the approach, the dynamic response analysis of a complex rotor system is simplified and the computation time is lessened. The convergence and stability of the approach are verified with a simple model.

Key Words Substructure Iteration methods Matrix method System architecture

STUDY ON REDUCTION FACTOR OF FATIGUE STRENGTH AND DISPERSION COEFFICIENT OF LIFE IN SEAM WELDED JOINTS

Fan Yinhe

(2nd Dept. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

ABSTRACT

The purpose of this work is to study low cycle fatigue life of engine cases. A welded test piece has been designed according to reality of cases, using material of 1Cr18Ni9Ti in order to get fatigue function survey of seam welded joints. From tests S- N curve and P- S- N curve are obtained. Then the reduction factor of fatigue strength and dispersion coefficient of fatigue life for the seam welded joints are achieved with statistics analysis methods. Compared with a smooth test piece, the fatigue strength of the seam welded joints is obviously less than smooth test piece, but dispersion coefficient of fatigue life is better.

Key Words Welding joints Fatigue strength Life time

A BROKEN FILM CALIBRATION SYSTEM OF DYNAMIC PRESSURE MEASUREMENT

Jiang Yong

(Mechanics Dept. Air Force College of Engineering, Xi'an 710003)

ABSTRACT

The investigated calibration system of dynamic pressure measurement with response frequency less than 1 kHz includes two parts: a broken- film dynamic pressure signal generator and an acquisition- analysis system. Many experiments were carried out for investigating frequency components produced by the signal generator of different lengths, which indicated that the signal generator, under first- order resonant frequency, can produce sufficient frequency components (0.5- 1.5 kHz) as exciting resources. Moreover, the calibration system was used for dynamic calibration of three pressure probes of different lengths with a pressure sensor respectively. Meanwhile a particular way is adopted to obtain precise frequency response characteristics only by measuring the pressure probe output. It is shown that the calibration system is simple, reliable, and applicable.