

氩弧点焊薄片应变传感器性能实验研究

徐永君¹⁾

(中国科学院力学研究所工程科学部, 北京 100190)

摘要 对氩弧点焊薄片应变传感器传递性能和疲劳性能进行了试验研究, 试验结果表明氩弧点焊薄片应变传感器具有稳定传递性能和可靠的疲劳性能, 可以应用于实际工程应变测量。

关键词 应变测量, 应变传感器, 氩弧点焊, 传递性能, 疲劳性能

EXPERIMENTAL STUDY ON STRESS TRANSFER AND FATIGUE PERFORMANCE OF TIG SPOT WELDING FLAKE STRAIN GAUGE

XU Yongjun¹⁾

(Division of Engineering Science, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract This paper presents an experimental study on the stress transfer and fatigue performance of TIG (Tungsten Inert Gas arc) spot welding flake strain gauge. These experimental results show that the TIG spot welding flake strain gauge can satisfy the requirement with respect to stress transfer and fatigue, and be used in practice.

Key words strain measurement, strain gauge, TIG spot welding, stress transfer, fatigue property

引 言

利用应变片进行应力、应变测量是一种传统的电测技术, 是许多传感器的基础^[1]。长期以来, 在工程实际中得到广泛应用。对于许多工程实际中的应变测量, 现场环境可能不适合应变片的养护、需要密封而造成打磨、粘贴困难以及工期要求比较紧而无法直接在现场粘贴养护, 给应变片的粘贴等工作带来比较大的困难, 特别是在潮湿环境、高温环境、海洋工程等环境中需要进行特殊处理。如水下结构应力应变测量^[2], 应变片的密封一直都是一个难点, 特别是深水高压情况下, 压力大, 密封难。主要难点有两个部位的密封, 一是密封装置与母材之间的密封, 二是密封体向外引线的密封防护。在密封两大难点解决之后, 对于实际操作而言, 同样有两个难点, 一是如何作好密封盒内的预保护, 特别是预保护中密封盒内的填塞胶的选择^[3,4]; 二是应变片的粘贴技术, 由于应变片粘贴过程中, 操作空间等限制, 工作效率特别低, 并且直接粘贴养护非常困难且要

求操作人员技术高、责任心强、细心等。本文为了能够将应变片粘贴工作搬进实验室, 进行了一系列薄片应变传感器试验研究工作。在实验室内将应变片粘贴在一个尺寸合适的薄钢片上, 到现场利用氩弧点焊技术焊接在母材上(保证焊接过程中不产生能引起应变片损坏的热量)^[5]。需要进行深入理论与实验研究的是尺寸、焊接方式、传递函数, 特别是压应变的传递函数及其预压应变后对测量的影响, 疲劳环境中的耐久性及其传递性能与工作时间的变化关系等。文献[6]对电阻点焊薄片应变传感器技术的传递性能和疲劳性能进行了研究, 本文对氩弧点焊薄片应变传感器技术的传递性能和疲劳性能进行了一系列试验研究, 为薄片传感器的实际应用提供了实验依据。

1 试验设计

如图 1 所示, 将应变片先粘贴在薄钢片上并养护制作成薄片应变传感器, 薄片应变传感器点焊在被测母体上, 再进行整体密封防水保护。

2007-07-17 收到第 1 稿, 2007-11-20 收到修改稿。

1) E-mail: yjxu@imech.ac.cn

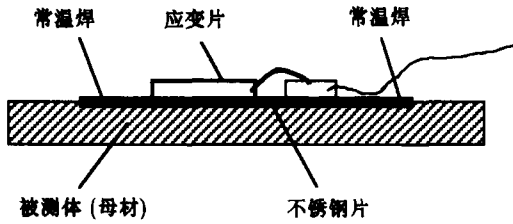
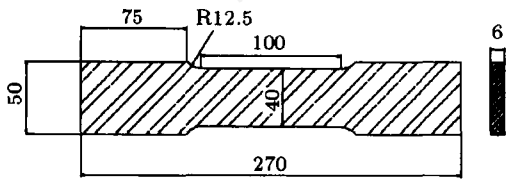


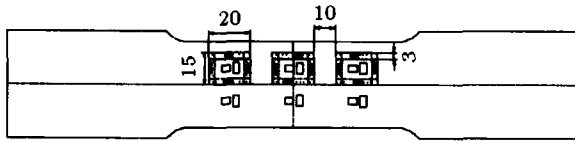
图1 薄片应变传感器示意图

1.1 试件设计

试件尺寸如图2(a)所示, 试件为普通钢. 薄片应变传感器及对比应变片粘贴方案如图2(b)所示, 薄片为不锈钢. 应变片尺寸为5mm×3mm.



(a) 试验用试件形状及尺寸



(b) 薄片应变传感器焊接示意图及尺寸

图2 薄片应变传感器试样设计图

1.2 试验方案 (根据某被测平台设计)

- (1) 对比不同厚度的不锈钢片: 0.6 mm, 0.8 mm, 0.9 mm, 正反面对称贴.
- (2) 钢片尺寸为 20 mm×15 mm.
- (3) 静载试验: $-600 \sim 600 \mu\epsilon$ (30.24 kN).
- (4) 疲劳试验: 采用正弦波加载, 应力水平: $-370 \mu\epsilon$ (18.65 kN), 幅值: $250 \mu\epsilon$ (12.6 kN); 疲劳次数: 根据被测海洋平台所处海域进行5年疲劳寿命试验设计, 疲劳次数: 2.3×10^7 次.

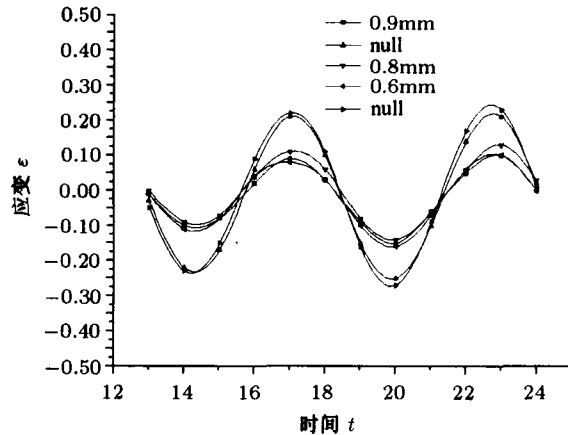
2 试验数据

将试件拉压到±30 kN 两次, 并记录应变测量值, 回到0 应力状态. 拉到30 kN 开始试验, 每减10 kN 记录一次直到-30 kN(两次). 试验数据见表1.

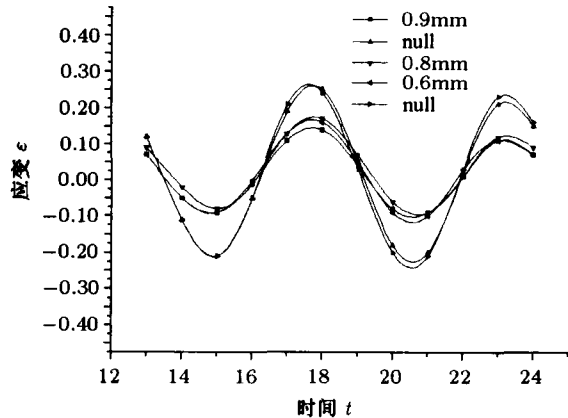
疲劳振动频率为178 Hz. 图3为试验中间采样结果中的2个完整波形.

表1 静态拉压试验结果 ($\mu\epsilon$)

P/kN	钢片型号			直接粘贴应变片 (2个应变片)		
	0.6 mm	0.8 mm	0.9 mm			
1	30	358	280	245	509	510
	-30	-316	-260	-276	-504	-502
2	30	354	278	240	512	508
	-30	-312	-265	-270	-504	-500
1	30	342	275	239	520	519
	20	228	184	152	346	347
	10	112	80	75	172	174
	-10	-122	-95	-133	-159	-158
	-20	-229	-183	-222	-329	-326
	-30	-331	-270	-313	-500	-494
2	30	345	279	272	521	523
	20	228	187	171	349	352
	10	114	91	86	175	179
	-10	-123	-94	-102	-158	-155
	-20	-226	-180	-192	-327	-321
	-30	-327	-265	-286	-496	-489



(a) 疲劳试验 64 万次时采样



(b) 疲劳试验 1281.6 万次时采样

图3 氩弧点焊疲劳试验动态采样

3 试验数据分析

根据表1, 考察静态情况下应变与厚度及应变与

拉力的关系. 图 4 为 $\pm 30\text{kN}$ 对应的应变随厚度变化拟合曲线, 两条曲线略有偏差. 图 5 为应变随载荷的变化拟合曲线, 呈线性关系, 但相对应的直线不重合在 $(0,0)$ 点, 拉压对称性不好.

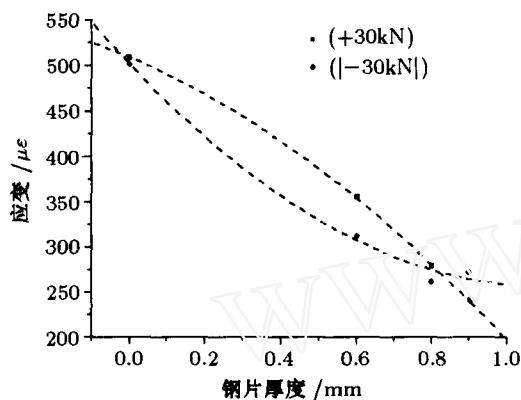


图 4 应变与厚度传递关系

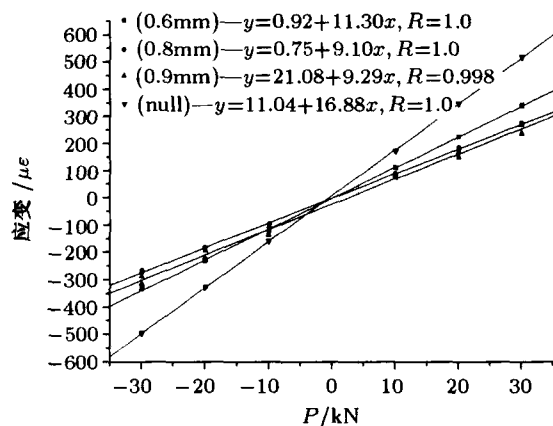


图 5 静态拉压力与应变关系

表 2 给出了不同拉力情况下的传递系数. 由图 5 和图 6 可知, 直接计算传递函数不太理想, 特别是图 6 中折线不能理想地拟合为水平直线, 这是由于图 5 中直接用应变片测量的结果与薄片应变传感器测量的应变结果没有交于一点且没有过 $(0,0)$ 点造成的. 图 5 中拟合直线线性度非常好, 所以可以通过修正达到一致的传递函数.

动态测量过程中, 应变测量的理论结果应该是最大应变为 $250\mu\epsilon$, 如图 3 所示, 随疲劳次数增加波形

表 2 静态传递系数

P/kN	钢片型号		
	0.6 mm	0.8 mm	0.9 mm
30	0.659 62	0.531 92	0.490 57
20	0.654 25	0.532 27	0.463 27
10	0.645 73	0.488 28	0.459 7
-10	0.777 83	0.6	0.745 44
-20	0.698 38	0.557 17	0.635 23
-30	0.664 98	0.540 67	0.605 24

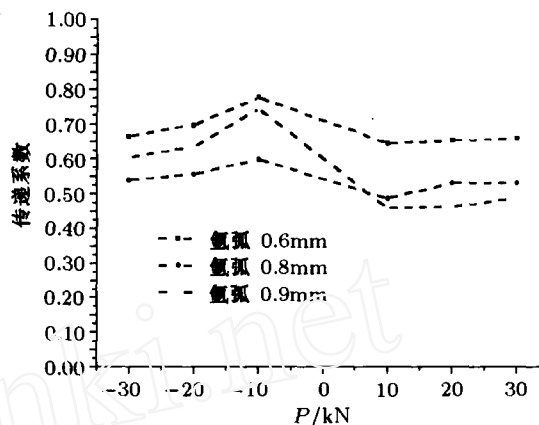


图 6 静力传递系数曲线

和峰值没有变化, 动态性能比较好, 对实际应用非常有利. 进行了 2.3×10^7 次 (相当于该海域 5 年波浪作用次数), 实验过程中采样数据显示满足疲劳时间要求.

4 结 论

- (1) 峰值基本出现在同一时刻, 动态性能比较好, 对实际应用非常有利.
- (2) 氩弧点焊能满足长期疲劳环境中的应变测量要求.
- (3) 传递系数需要进行适当修正.
- (4) 薄片应变测量传感器可以用于实际工程现场应变测量, 特别是交变载荷作用下的应力应变测量.

致谢 感谢阚常珍、杨兵协助完成本试验工作.

参 考 文 献

- 1 Window AL, Holister GS. Strain Gauge Technology. Applied Science Publishers, London & Newjersey, 1982
- 2 柳春图, 王维明. 海洋石油平台结构的安全性监测与评估技术的若干进展. 现代力学与科技进步, 北京: 清华大学出版社, 1997. 397~400
- 3 Blance MJ, Crohas H. Pressio-detection for permanent jacket structure monitoring. (OTC 5043), 17th Annual Off-shore Technology Conference, Texas, may, 1985. 207~210
- 4 穆荣, 顾特真. 应变片防护剂的选用和测试. 粘接. 2002, 23(4): 38~39 (Mu Rong, Gu Tezhen. Repellent choosing and testing of strain gauge. Adhesion in China, 2002, 23(4): 38~39 (in Chinese))
- 5 武传松, 陈定华, 吴林. 钨极氩弧点焊熔池中流体流动及传热过程的数值模拟. 金属科学与工艺, 1989, 8(1): 98~103 (Wu Chuansong, Chen Dinghua, Wu Lin. Numerical analyses of heat transfer and fluid flow in melt pool of tig spot welding. Metal Science and Technology, 1989, 8(1): 98~103 (in Chinese))
- 6 徐永君. 电阻点焊薄片应变传感器传递及疲劳性能试验研究. 冶金分析, 2006, 26(a): 56~59 (Xu Yongjun. Experimental study on stress transfer and fatigue performance of resistance spot welding flake strain gauge. Metallurgical Analysis, 2006, 26(a): 56~59 (in Chinese))