

文章编号:1000-7571(2006)增-0056-04

电阻点焊薄片应变传感器的传递 及疲劳性能实验研究

徐永君

(中国科学院力学研究所,北京 100080)

摘要: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,可以将应变粘贴、养护及部分密封工作提前到实验室进行。电阻点焊技术可以提供将薄片应变传感器焊接在母材上的手段,并且能够保证焊接过程中不产生引起应变片损坏的热量。本文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。

关键词:应变测量;应变传感器;电阻点焊;传递性能;疲劳性能

中图分类号:O348.2

文献标识码:A

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,得到工程实际中的广泛应用。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。如在潮湿环境、高温环境、海洋工程等需要进行特殊处理。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,第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];第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小薄钢片上,到现场利用电阻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)^[5-6]。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传递性能与工作时间的变化关系等。

1 实验部分

如图 1 所示,将应变片事先粘贴在薄钢片上并进行保护制作成薄片应变传感器,而后再将薄钢片传感器点焊在被测母体上,再进行密封防水等保护。

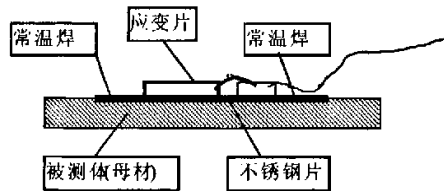


图 1 薄片应变传感器示意图

Fig. 1 Layout of the spot welding flake strain gauge

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。疲劳失效时间能否满足工作 5 年或更长的要求。所以本文设计了静态和疲劳试验对传递函数及疲劳寿命进行考证。

1.1 试件设计

如图 2 所示,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。应变片为 5 mm×3 mm。

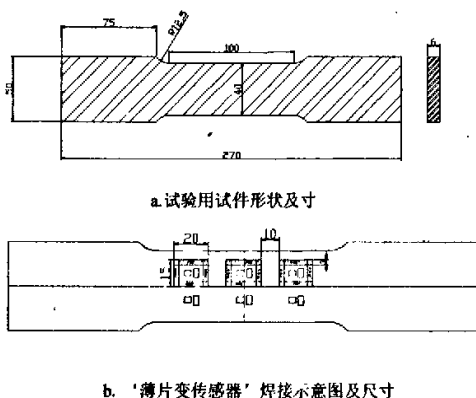


图 2 薄片应变传感器试样设计图

Fig. 2 The sample plan of spot welding flake strain gauge

1.2 实验方案

对比不同厚度的不锈钢片: 0.6 mm, 0.8 mm, 0.9 mm, 正反面贴; 钢片尺寸为 20 mm×15 mm。

(根据被测平台进行最大拉压应变设计)静载试验: 拉 0 ~ 600 $\mu\epsilon$ (30.24kN); 压 0 ~ - 600 $\mu\epsilon$ (-30.24kN); 记录 10kN, 20kN, 30kN。

表 1 静态拉压试验结果

Table 1 Static results of compressing and tensile testing

钢片型号 P(kN)		$\mu\epsilon$					
		0.6mm (2片)		0.8mm	0.9mm	直接粘贴应变片 (2个应变片)	
1次	30	325	314	270	226	537	570
	-30	-383	-301	-279	-229	-514	-533
2次	30	320	312	269	223	539	572
	-30	-385	-302	-277	-232	-513	-532
30		314	320	268	226	541	582
20		210	210	180	152	362	400
10		108	92	89	75	183	215
-10		-118	-145	-100	-78	-165	-146
-20		-212	-263	-190	-152	-338	-330
-30		-300	-385	-276	-230	-512	-521

(根据某平台进行拉压应变水平及幅值设计) 疲劳试验: 采用正弦波加载, 应力水平 - 370 $\mu\epsilon$ (18.65kN), 幅值 250 (12.6kN); 疲劳次数根据被测平台所处海域进行 5 年疲劳寿命试验设计, 次数 2.3×10^7 次; 进行相应的记录。如图 3 所示为 10 吨高频试验机及相应的静、动应变采样系统。

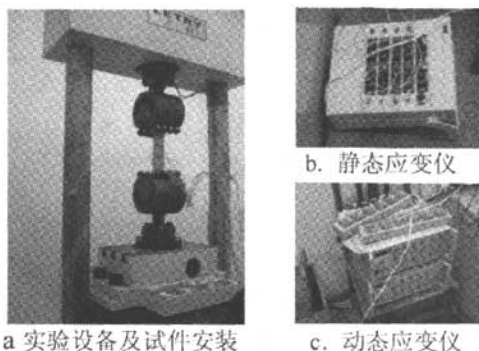


图 3 实验设备及采样系统

Fig. 3 Test facility and the system of sampling

2 结果与讨论

2.1 实验结果

将试件拉压到两次 ± 30 kN, 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。试验结果见表 1。

完成静态试验后,进行疲劳试验,疲劳振动频率为 178 Hz。图 4 为在试验中间采样结构中抽

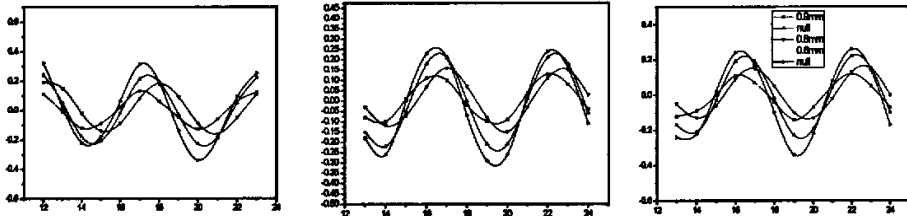


图 4 电阻点焊疲劳试验动态采样

Fig.4 Dynamic data sampling of TIG spot welding flake strain gauge in fatigue testing

2.2 实验数据分析

根据表 1,考察静态情况下测量应变与厚度关系以及应变与拉力的关系。图 5 ± 30 kN 为对应的应变随厚度变化拟合曲线,呈线性关系,但两条曲线略有偏差。图 6 为测量应变随载荷的变化拟合曲线,呈线性关系,但几种情况对应的直线都不过(0,0)点,拉压不太对称。

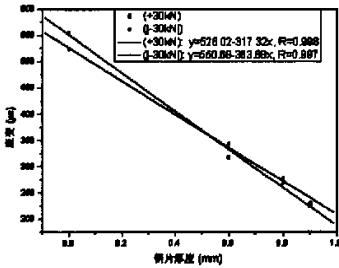


图 5 30 kN 静态拉压应变与钢片厚度的传递关系

Fig.5 The transfer relation between static strain and thickness

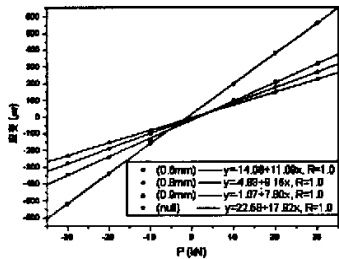


图 6 静态拉压的力与应变关系

Fig.6 The relation between the force and static strain

传递系数为薄片应变传感器测量的应变结果与应变片直接测量结果的比值,表 2 给出了不同拉力情况下的直接测量传递函数,图 7 为相应的折线图。由图 6 和图 7 可知,直接计算传递函数

不太理想,特别是图 7 中折线不能理想地拟合为水平直线,这是由于图 6 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 6 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。由于修正比较简单,这里数据量相对较少,所以本文不给出相应的修正参数。

表 2 静态传递系数统计结果

Table. 2 Transfer coefficients

钢片型号 P(kN)	0.6mm	0.8mm	0.9mm
30	0.56456	0.47729	0.40249
20	0.55118	0.47244	0.39895
10	0.50251	0.44724	0.37688
-10	0.84566	0.64309	0.50161
-20	0.71108	0.56886	0.45509
-30	0.66312	0.53437	0.4453

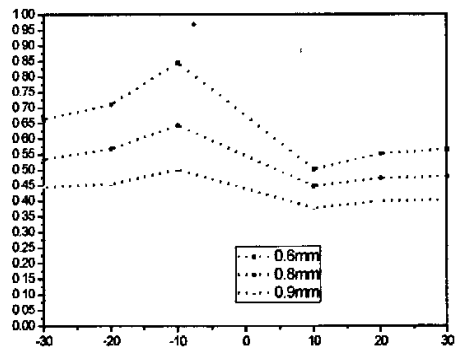


图 7 基于静态力的传递系数曲线
Fig.7 The curve of transfer coefficient
base on static forces

动态测量过程中,应变测量的理论结果应该是 $250\mu\epsilon$,图 4 所示电阻点焊结果中,随疲劳次数增加波形和峰值没有变化。峰值没有出现在同一时刻,略有偏差,这是电阻点焊应变传感器传递函数修正和应用的不利因素。进行了 $2.3e \times 10^7$ 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采样结果无变化,可以满足疲劳时间要求。

3 结论

通过前面的实验结果分析,可以得出如下结论:

- (1)峰值没有出现在同一时刻,略有偏差,这是电阻点焊应变传感器传递函数修正和应用的不利因素;
- (2)电阻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)工艺和焊接强度能够保证的情况下,薄片

应变测量传感器可以用于实际工程现场应变测量。

参考文献:

- [1]A. L. Window, G. S. Holister, Strain Gauge Technology [M], 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[C], 现代力学与科技进步, 北京, 1997.
- [3]M. J. Blance, H. Crohas. Pressio-detection for permanent jacket structure monitoring [C], (OTC 5043), 17th annual offshore technology conference [J]. Texas, 1985:207-210.
- [4]穆荣,顾特真,应变片防护剂的选用和测试[J], 粘接, 2002, 23(4):38-39.
- [5]王亚荣,张忠典,冯吉才. 电阻电焊过程中动态电阻的变化规律[J], 电焊机, 2006, 36(2):42-44.
- [6]马铁军,杨思乾,李京龙,等. 不锈钢点焊动态电阻曲线频谱与熔核的关系[J], 焊接技术, 2006, 35(1):7-11.

Experimental study on stress transfer and fatigue performance of resistance performance spot welding flake strain gauge

XU Yong-jun

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080 China)

Abstract: For the disadvantage in practice to adhere the strain gauge, such as it is difficult to adhering, curing and post curing, or the brevity of time limit for a project. Some pre-work can be brought into laboratory by Flake strain gauge technology, such as adhering, curing and post curing, some primary seal work. Then, we only need to joint the flake to the matrix in the field. Resistance spot welding can satisfy the required of stress transfer, meanwhile has not any destroying on the strain gauge. In this paper, a series experimental study has been carried out to investigate the property of stress transfer and fatigue of resistance spot welding flake strain gauge. These experimental results provide some groundwork for using of the resistance spot welding flake strain gauge in practice.

Key words: strain measurement; strain gauge; resistance spot welding; stress transfer; fatigue property