

冷轧低碳钢中的残余应力测量

王伶俐 赵才福

(数力系)

提 要: 本文在以往工作的基础上, 用夹层全息干涉法测试了冷轧低碳钢中的残余应力, 其结果与电测结果一致。

关键词: 冷轧、残余应力、全息干涉测量法

残余应力是工程中十分关心的问题, 例如焊缝、铸件中的残余应力, 压力容器中的残余应力问题等等。测定残余应力的方法很多, 例如应力松弛法, 包括开槽、钻孔、剥层、切割、网格、脆漆钻孔、光弹涂层钻孔等方法; x射线衍射法, 包括照相法, 衍射仪法, 应力仪法; 利用应力敏感性的方法, 包括超声、硬度和磁性法; 开裂法, 包括氢致开裂法和应力腐蚀开裂法等。但目前仍未发现一种测量残余应力既简单、又方便、实用、精度较高的方法。

1980年, A. A. Antonov用全息干涉钻孔释放法研究了残余应力^[1]。柯敬唐和张鸿庆利用激光剪切干涉法及钻孔释放法测试了残余应力^[2]。本文作者又用夹层全息干涉法测试了焊接件、铸件中的残余应力^[3-5]。

本文在以往工作的基础上, 用夹层全息干涉法测试了冷轧低碳钢中的残余应力, 其结果与电测结果一致。

1 夹层全息干涉法原理

夹层全息干涉法的实验光路如图1所示, 激光束经过扩束镜和针孔滤波器后, 分别射到

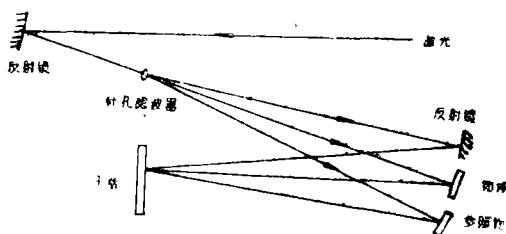


图1 实验光路

参考镜、被测物体和参照物上, 再经参考镜、被测物体、参照物的反射, 到达全息干版底片。而且扩束镜到被测物体的距离与全息底片到被测物体的距离应大致相等, 入射光与反射光之间的夹角要求很小。

由文献[6]可知应变计算公式为

$$\varepsilon_{x1} = \frac{1}{2} \cdot \text{Ltg}[d / (L_n)] \psi f_1''(x) \quad (1)$$

$$\varepsilon_{y1} = \frac{1}{2} L \operatorname{tg}[d / (Ln)] \varphi g_1''(y) \quad (2)$$

其中: L 为物体到记录干版的距离;

n 、 d 分别为记录干版的折射率和厚度

ψ 、 φ 分别为记录干版架绕 x 与 y 轴转动的转角;

$f_1(x)$ 为记录干版架绕 x 轴转动后, 干涉条纹的逼近函数。

$g_1(y)$ 为记录干版架绕 y 轴转动后, 干涉条纹的逼近函数。

2 冷压钢板中的残余应力测试实验与结果

实验试件是一组冷轧低碳钢板, 其规格分别为 $15\text{cm} \times 10\text{cm} \times 1.2\text{mm}$, $11\text{cm} \times 7\text{cm} \times 1.2\text{mm}$, 和 $7\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.5\text{mm}$, 实验用的是 H。

—N₂ 激光器, 其功率为 17mW 。

实验光路如图1所示, 将规格为 $15\text{cm} \times 10\text{cm} \times 1.2\text{mm}$ 的冷轧低碳钢板放在复位架上, 进行第一次曝光, 然后, 在其上钻一直径为 3mm 的小孔后, 进行第二次曝光。经处理后的夹层全息图如图2所示。

再将规格为 $11\text{cm} \times 7\text{cm} \times 1.2\text{mm}$ 的冷轧钢板进行如上所示记录, 得到的夹层全息干涉图如图3所示。将三块尺寸为 $7\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.5\text{mm}$ 的冷轧钢板进行如上所示的实验过程其结果如图4(a)、(b)、(c)所示。用文献[6]的数值计算方法来计算 $15\text{cm} \times 10\text{cm} \times 1.2\text{mm}$ 规格的冷轧钢板, 其上的应变分布如图5所示, 结果与文献[7]中的电测结果基本一致。

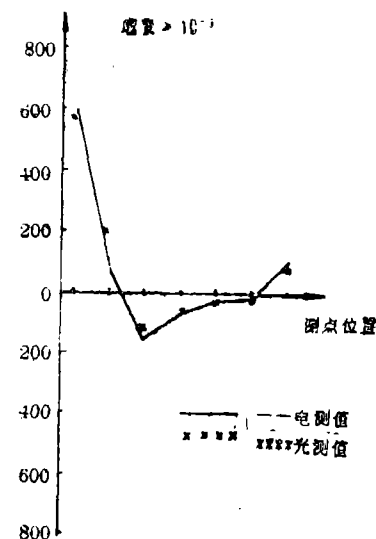


图5 光测、电测结果比较

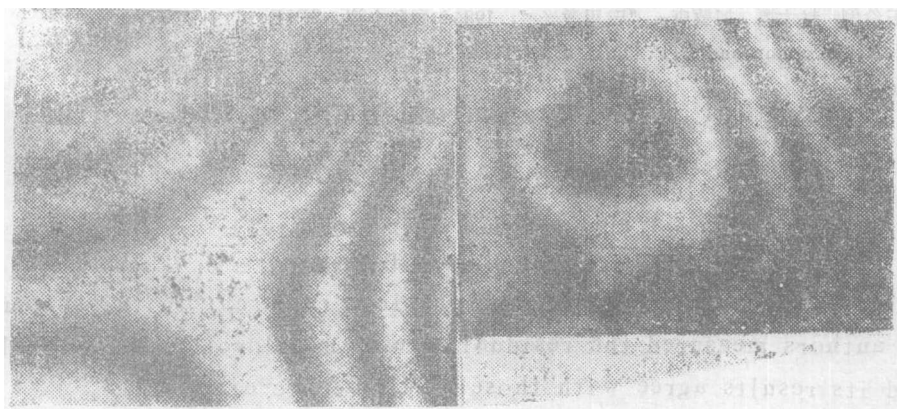


图2 规格 $15\text{cm} \times 10\text{cm} \times 1.2\text{mm}$ 的干涉图

图3 规格 $11\text{cm} \times 7\text{cm} \times 1.2\text{mm}$ 的干涉图

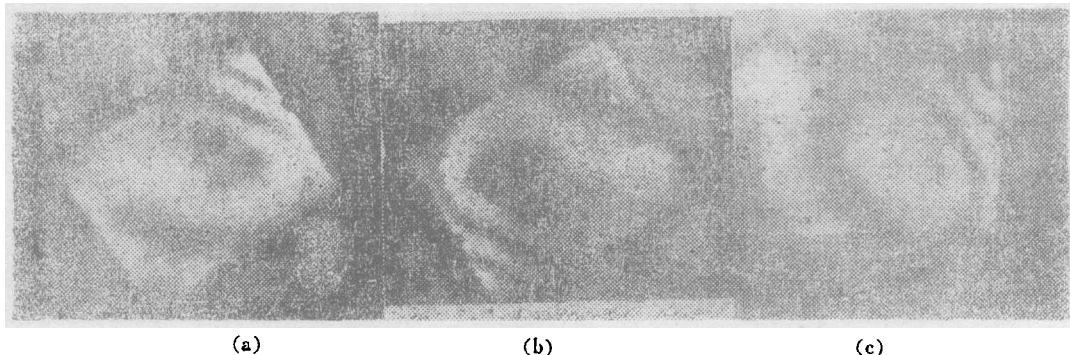


图4 规格7cm×5cm×1.5mm的干涉图

3 讨论

本文由夹层全息干涉法得到的结果,与文献[7]中的电测结果基本一致,说明用夹层全息干涉法测试冷轧低碳钢板中的残余应力是切实可行的。另外,用夹层全息干涉法测试残余应力,有其独特的优越性。首先,可以消除由于钻孔引起的附加应力所产生的干涉条纹;两次曝光之间钻孔,可以在自然的条件下进行,也可以拿到工厂去加工,然后再复位,这也就解决了双曝光全息干涉法的加载不便。对于物体中某部位残余应力很大,不能一次钻孔释放,或一次释放,条纹密积,不易分清的情况,可以利用夹层全息干涉法进行分级释放记录。另外,利用夹层全息干涉法定量地分析残余应力,不要求必须具有一定数量的干涉条纹,一级、半级、甚至零点几级都可以用来计算相应点的残余应力。

参 考 文 献

- [1] A.A.Antonov, A.I.Bobrik, V.K.Morozov and G.N.Chernyshey, *Mech of Solids*, 15(2), (1980)147
- [2] 张鸿庆 柯敬唐,《实验力学》,1(1),1986
- [3] 王伶俐 赵才福 柯敬唐,北方七省市力学年会,(论文集),1986
- [4] 王伶俐 柯敬唐 赵才福,中国力学学会第五届实验力学学术会议,(论文集),1987
- [5] 赵才福 王伶俐 柯敬唐,四省光学学会 86年联合学术会议,1986
- [6] 王伶俐 赵才福 柯敬唐,“应用激光”,1986年国际会议, SPIE, 673
- [7] J.A.Mackimon and L.P.Pook, *Exp Tech.*, 15.sep.1987

Residual stress measurement in cold-rolled mild steel

Wang Lingli Zhao Caifu
(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: Under the basis of the previous research, in this paper, the authors measured the residual stress in coldrolled mild steel. And its results agree with those of electronic experiment.

Keywords: cold-rolling, residual stress, holographic interferometry