

象全息白光再现用于无损检测

吴永康

(北京农业机械化学院)

提要: 本文介绍将象全息的白光再现用于无损检测裂纹和灰口铸铁的焊接质量。

Hologram reconstruction using white light for NDT

Wu Yongkang

(Beijing Institute of Agricultural Mechanization)

Abstract: Hologram reconstruction using white light is employed in NDT of crack and welding quality of gray cast iron.

引言

本文使用象全息图^[1]的白光再现, 进行观察或检验裂纹尖端的应力分布和铸铁焊接的质量。象全息与一般全息不同点是: 在一般全息照相中记录平面与物体上任意一点, 是平面与点之间的对应关系, 而在象全息照相中记录平面与物体上任意一点之间是点与点之间的对应关系。因而象全息图上只有成象那一部分才记录了物体的信息。由于在象全息的光学装置中, 在物体与记录介质之间放置成象透镜, 成象透镜有放大的作用, 因而很适用于研究分析小面积具有大条纹值和高位移梯度的物体, 如裂纹尖端应力的分布, 裂纹的传播等。象全息图可白光再现物体的象, 该象较相干光的再现明而亮, 光学噪音低, 象上的干涉条纹不因观察者移动而发生移动, 对检测带来了方便。

实验装置

图1和图3是本文实验使用的两个光学装置。图1主要用于研究非透明的试件, 图3主要用于透明的非光学灵敏材料的试件, 如有机玻璃等。

在图1中, 激光经分束镜 M_1 分束, 一束经 M_2 反射, 经扩束镜 L_1 使光束扩束照明试件, 经试件反射的物体光束, 部分被透镜 L_3 聚焦成象于全息干板上。另一束参考光经 M_3 反射, 扩束镜 L_2 扩束, 照明全息干板。

图1使用的试件有: 试件1为一普通铝带制成张口I型的裂纹, 如图2。其尺寸为 $a=35$ 毫米, $b=39$ 毫米, $D=8$ 毫米, $C=100$ 毫米, 厚度为4毫米。试件下端固定在老虎钳上, 采用劈形加载, 在加载前后分别进行一次曝光。试件2的材料和加载方式与试件1相

收稿日期: 1981年5月4日。

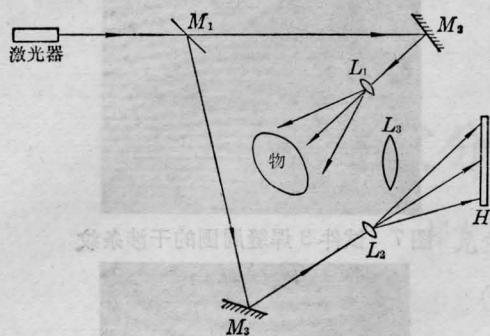


图1 象全息光学装置

M_1 —分束镜; M_2, M_3 —反射镜; L_1, L_2 —扩束镜; L_3 —成象透镜; H —全息干板

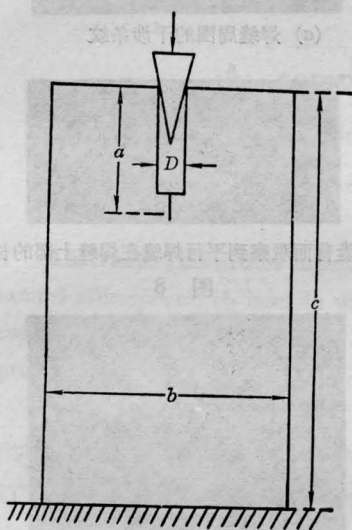


图2 试件1、2、6裂纹尺寸

同, 其尺寸为 $a=35$ 毫米, $b=48$ 毫米, $c=120$ 毫米, $D=5$ 毫米, 厚度 4 毫米。试件 3、4、5 均为手扶拖拉机链条箱, 材料为灰口铸铁, 壁厚 6~7 毫米。箱体上开有焊口, 其尺寸如表。焊接时采用 CO_2 气体保护焊, 焊好后置于图 1 的光路中, 试验时在试件背面加热, 使试件温度略有变化, 分别在加热前后进行一次曝光。

试 件	焊口长度 (毫米)	焊口宽度 (毫米)	焊口深度 (毫米)
3	92	5	2.5
4	93	4	4
5	61	4.2	4.5

光源为氩-氟激光器, 波长 6328 \AA , TEM_{00} 模式, 功率 20 毫瓦。使用天津 I 型全息干板。整个光学系统和试件置于 2 吨重的防振台上。成象透镜的焦距 $f=50$ 毫米, 孔径为 1:2 的照相镜头。物光和参考光的光强比为 4:1 到 10:1。

图 3 的光学装置, 是一种象全息光弹装置^[2]。激光经偏振片 P_1 , $1/4$ 波片 P_2 变为圆偏振光, 经分束镜 M_1 分束, 一束为 M_2 反射, 扩束镜 L_2 扩束, 照明全息干板 H 。另一束经 M_3 反射扩束后经漫射器 P_3 散射, 照明试件 D , 透过成象透镜使试件成象于全息干板 H 上。

试件 6 为一厚度 3 毫米的有机玻璃制成张口 I 型的裂纹。其尺寸为 $a=27$ 毫米, $b=45$ 毫米, $c=100$ 毫米, $D=2$ 毫米, 试件置于老虎钳上, 采用劈形加载, 加载前后分别进行一次曝光。激光光源和成象透镜 L_3 均与图 1 相同。

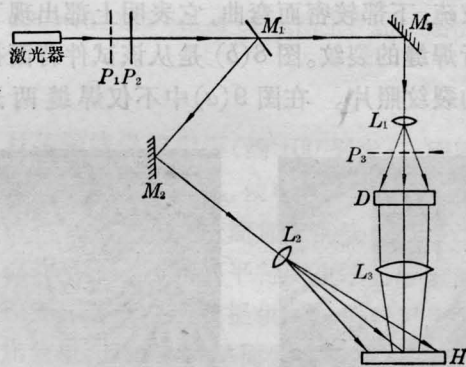


图3 象全息光学装置

P_1 —偏振片; P_2 — $1/4$ 波片; M_1 —分束镜; M_2, M_3 —反射镜; L_1, L_2 —扩束镜; L_3 —成象透镜; P_3 —漫射器; H —全息干板; D —试件

实验结果

本文照片, 全部采用水银灯再现拍摄的。再现时, 将全息图对着光源慢慢转动, 可以观察到一个会产生色彩变化的象。

这种全息图对于照明光的方向改变不敏感, 因为在一定的范围内转动全息图并不会

使象消失, 而只使它的色彩改变。转动全息图或者观察方向改变, 虽然色彩有所改变, 但象上的干涉条纹并不发生移动, 这是象全息的重要优点之一, 可以避免观察者的视差。

图 4、图 5 是普通铝带制成的裂纹(试件 1 和 2) 在再现时拍摄的裂纹尖端的应力干涉条纹图样。图 6 是有机玻璃制成的裂纹(试件 6) 在再现时所得到的应力干涉条纹。图 7 是手扶拖拉机链条箱焊接后加热载荷所得到的干涉条纹图样。从干涉条纹的分布形状看出, 在焊缝两边干涉条纹的分布较为平滑均匀, 无条纹畸变现象, 图中出现椭圆形并发生小阶梯形现象, 这是由于链条箱油漆(未烧掉部分) 边界在热载荷作用下产生形变引起的。该试件经 X-射线探伤检验, 焊接后并未发生新的断裂, 焊接质量良好。图 8(a) 仍为手扶拖拉机链条箱经再现时所得到的干涉条纹图样。从干涉条纹图的条纹分布看出, 在焊缝两边条纹明显不同, 在焊缝的上部条纹较疏, 下部较密而弯曲, 它表明上部出现了平行焊缝的裂纹。图 8(b) 是从该试件背面拍摄的裂纹照片。在图 9(a) 中不仅焊缝两边



图 4 试件 1 裂纹尖端的应力干涉条纹

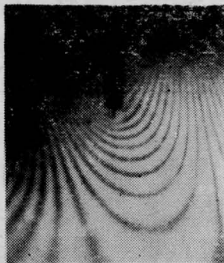


图 5 试件 2 裂纹尖端的应力干涉条纹



图 6 试件 6 裂纹尖端的应力干涉条纹

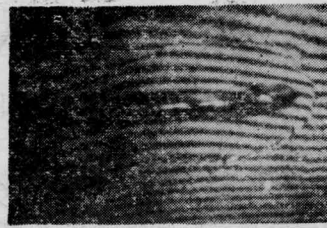
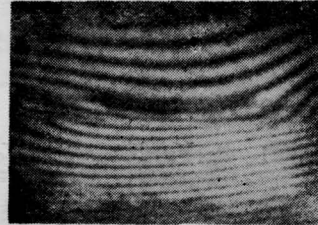


图 7 试件 3 焊缝周围的干涉条纹



(a) 焊缝周围的干涉条纹

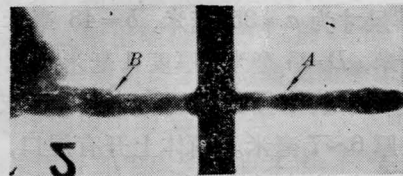


(b) 焊缝背面观察到平行焊缝在焊缝上部的长裂纹

图 8



(a)



(b)

图 9

的条纹分布不均匀, 还出现有圆弧形干涉条纹。这些圆弧形的干涉条纹对应 X-射线探伤照片图 9(b) 中箭头 A 所指示部位, 存在有一垂直焊缝的一细小裂纹。在该裂纹上部尖端圆弧形条纹较疏, 下部尖端圆弧形条纹较密。图 9(b) 箭头 B 所指示的部位, 存在

(下转第 411 页)

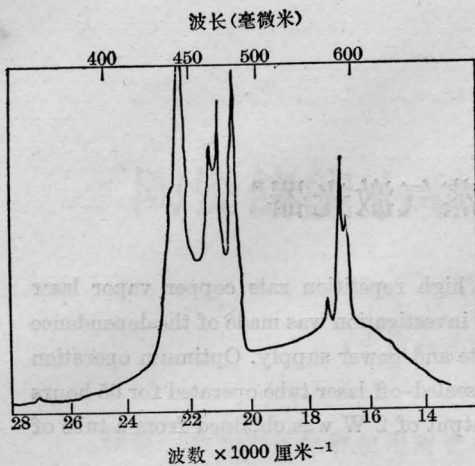


图4 PrP₅O₁₄的紫外可见吸收光谱

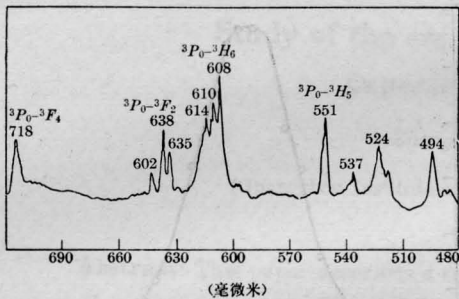
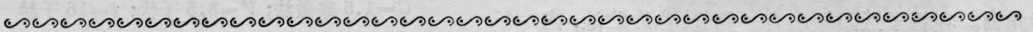


图5 PrP₅O₁₄的荧光光谱(室温)

610和608毫微米等谱带以及对应于³P₀-³H₅出现551、537毫微米谱带。



(上接第408页)

有许多细小平行焊接的裂纹,它对应图9(a)中焊缝上部左边较疏的干涉条纹(只看到部分的干涉条纹,其余未拍摄在照片上)。该试件使用磁力探伤检验不能检验出裂纹,但与X-射线探伤检验结果是一致的。

PrP₅O₁₄的红外光谱是用KBr压片法测得,结果示于图6。从红外光谱可见在975~1365厘米⁻¹之间,呈现P-O键振动的特征吸收,这与NdP₅O₁₄相同。

晶体的结构分析由刘书珍、陈明玉同志进行,光谱测试由王庆元、程广金、孙长英、苗秀琴等同志测定,特此感谢。

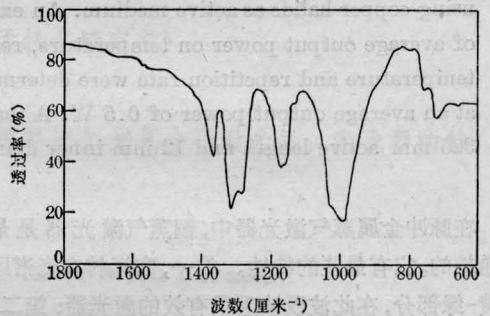


图6 PrP₅O₁₄的红外光谱(室温)

参 考 文 献

- [1] B. Borkowski *et al.*; *J. Crystal Growth*, 1978, **44**, No. 3, 320~324.
- [2] M. Szymanski *et al.*; *Appl. Phys.*, 1979, **19**, 345~351.
- [3] M. Szymanski *et al.*; *Appl. Phys.*, 1981, **24**, 13~20.
- [4] “稀土五磷酸盐晶体生长及其光谱的研究”(待发表)。

参 考 文 献

- [1] Jeromep, Sikora; *Experimental Mechanics*, 1978, **18**, 101.
- [2] 天津大学;《光弹性原理及测试技术》, p. 373.