

用于检测多钢圈轮胎的全息干涉仪

谢 相 森

(化学工业部曙光橡胶工业研究所)

提要: 本文提出了一种全息干涉仪, 它可在真空加载条件下同时将多钢圈轮胎的胎趾、胎圈、胎侧及胎冠拍摄在一张全息图里。本文给出了实验光路和实验结果, 并讨论了一些有关的问题。

A holographic interferometer for inspection of multi-bead wire tires

Xie Xiangsen

(Shuguang Institute of Rubber Industry, Ministry of Chemical Industry)

Abstract: This paper describes a holographic interferometer which can be used to obtain holograms of bead toe, bead, shoulder and tread cap of multibead wire tires under the vacuum loaded condition. Optical arrangement and results are presented and some questions concerned are discussed.

前 言

在轮胎内部缺陷的激光全息无损检测中, 真空内侧拍照方法具有: ① 不必安装内胎与轮辋; ② 干涉条纹不受轮胎花纹沟的干扰; ③ 加载均匀; ④ 检测灵敏度较高; ⑤ 光学元件受尘埃污染少以及可在自然光房间内工作等优点^[1], 这种检测方法的光路原理如图 1 所示。图中扩束器 L_1 把光束扩大照亮整个轮胎的内表面, 其上的散射光与从 M_3 反射镜来的参考光同时使底片 h 曝光。这种光路布置对于层数较少 (即承受负荷较小) 的轮胎, 因其子口可扩得很开, 而可进行全面的检测。但是对于多钢圈轮胎 (即层数较多, 承受负荷较大的轮胎), 比如三叉戟飞机轮胎、波音飞机轮胎、伊尔 62 型飞机轮胎, 它们的钢圈都多于 1 个, 胎圈厚度在 60 毫米以上; 子

口难以扩得很开。在胎圈与胎侧之间的内表面存在一个光照不到的区域, 这部分表面所对应的内部结构也无法探知, 造成所谓检测上的“盲区”。这一区域在轮胎使用过程中是大变形量部位与小变形量部位的过渡区, 因而也是容易出毛病的区域。利用本文提供的干涉系统可克服上述检测上的“盲区”。

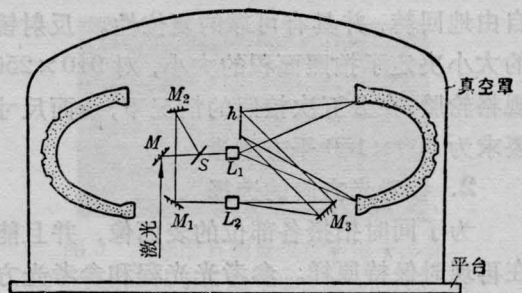


图 1 真空内侧拍照法检查轮胎全息光路图

收稿日期: 1982年2月23日。

内外结合拍照法

早在 1978 年我们便提出了一种在真空加载条件下,利用内外表面结合的拍照方法,以克服多钢圈轮胎难以扩口的问题。它的光路原理如图 2 所示。可看出当底片 H 的位置放置合理, M_4 和 M_5 调整合适,底片就可同时接收到下列光束:

- ① $S \rightarrow M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow L_2 \rightarrow M_3 \rightarrow H$
- ② $S \rightarrow L_1 \rightarrow T \rightarrow H$
- ③ $S \rightarrow L_1 \rightarrow B_1 \rightarrow H$
- ④ $S \rightarrow L_1 \rightarrow B_2 \rightarrow H$
- ⑤ $M \rightarrow L_1 \rightarrow M_4 \rightarrow A_1 \rightarrow M_4 \rightarrow H$
- ⑥ $M \rightarrow L_1 \rightarrow M_5 \rightarrow A_2 \rightarrow M_5 \rightarrow H$

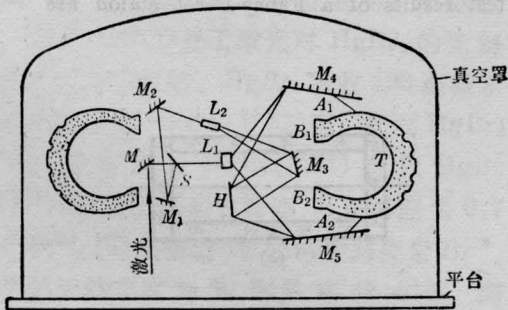


图 2 消除盲区的全息干涉仪光路原理图

其中光束 ① 是未经被检物(轮胎)所调制的光束,称为参考光束。光束 ② 是从轮胎内表面反射来的光束,在可部分地扩口的轮胎中,它为胎冠、胎肩以及部分胎侧所反射的光。光束 ③ 和 ④ 是轮胎上、下胎圈外表面所反射的光。光束 ⑤ 和 ⑥ 则是前述“盲区”外表面的反射光束。在真空加载条件下拍各表面的二次光波,便可探知轮胎的内部结构^[2]。

实验与结果

将上述干涉仪安装在 S-JQL-1500 型激光全息轮胎无损检测仪上,对两条三叉戟飞机轮胎进行了实验。其中一条是新胎,另一

条是从飞机上拆下来的旧胎,使用上海激光技术研究所制造的 1500A 型 He-Ne 激光器作光源,其有效功率*为 25 毫瓦。利用天津感光胶片厂生产的全息 I 型底片(或 Kodak 649-F 软片)作记录介质。取 2×4 秒(或 2×10 秒)的曝光时间,在适当的加载压力下,便能同时得到各部位的二次曝光全息图。图 3 是 910×250 轮胎的 A_1 、 B_1 、 T 、 B_2 、 A_2 部位表面的两次曝光全息图再现像照片的集合。它们是从同一张全息图,在不同的观察角度下拍得的。图 4 是旧轮胎 A_1 面两次曝光全息图再现像照片,其上的条纹畸变区 F ,指示了该处内部存在脱层。将轮胎翻过来,利用 M_5 反射镜对上述畸变区进行拍照时,也可同样看到畸变条纹。将条纹畸变指示的部位切开后,发现一个深 1.5 毫米,直径为 11 毫米的气泡。

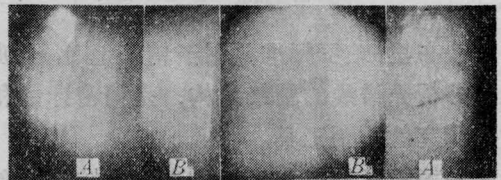


图 3 910×250 轮胎各部位表面二次曝光全息再现像照片集

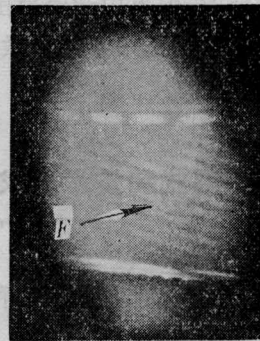


图 4 旧轮胎 A_1 面二次曝光全息再现现象照片

体会与结论

1. 对 M_4 、 M_5 反射镜的要求

(下转第 733 页)

* 指输送到分束器 S 上的功率。

发动机叶片的加工孔径 0.508 毫米, 深度为 17.78 毫米, 其深径比为 35:1。

当激光聚焦到工件表面上时, 聚焦点的功率密度高达 10^7 瓦/厘米² 以上。这样高的功率密度使加工材料达到 10^5 K 以上的温度。同时, 孔内将有几百大气压甚至更高气压的光压, 由此产生一个高温高压的冲击波, 使汽化物冲出微加工区。激光在孔内传输, 还将遵循 Lambert 法则 $I(x) = I_0 e^{-ax}$ 成指数形式衰减。因此, 薄板加工时, 工件表面置于最好象面处, 能形成倒锥孔; 深孔加工时, 只能形成进口大、出口小的正锥孔。考虑到输出激

光的不稳定因素, 会使激光钻孔的效果不完全一样, 重复性精度不理想, 甚至在孔的底部及中部会出现熔渣堵塞现象。如果能够准确地控制激光的发射特性的话, 即可克服上述弊病, 从而打出精度较高、重复性较好的孔。

参 考 文 献

- [1] A. И. 杜德罗夫斯基著, 王之江、王乃弘译:《光学仪器理论》, 第一卷, 1958 年, p335~336.
- [2] M. J. 比斯利著, 曹秋生译, 刘学恣校:《激光及其应用》, 国防工业出版社出版, 1976 年版, p. 179.
- [3] Dana Elza; "Laser Drilling", The Cabide and Tool Journal, 1980, Sep-Oct, p. 34.

(上接第 735 页)

这是两块为检测曾被称为“盲区”而安置的反光镜。从光束进程⑤和⑥可看到抵达记录介质 H 的光需经它们两次反射; 同时它们又处在 L_1 扩束光斑的边缘, 光强较弱, 因此 M_4 和 M_5 应具有高的反射率。我们目前用的是真空镀铝反光镜。为了真实地反映 A_1 和 A_2 表面的波前, 以便准确地探知其内部结构, 反射镜的应变要小而且变形均匀, 这就要求采用应力小, 均匀性较好的材料制造, 并应具有良好的平面度和光洁度。由于镜子较大, 故支架要设计得牢固可靠, 调整时机械稳定性好。为了装卸轮胎的方便, M_4 反光镜应能自由地回转, 并具有可靠的复位性。反射镜的大小决定了拍照面积的大小, 对 910×250 规格轮胎, 在分五次拍照的情况下, 镜面尺寸要求为 300×150 平方毫米。

2. 参考光方向的选择

为了同时拍摄各部位的表面像, 并且能在再现时保持原样。参考光光程和参考光方向应选择得: ①使参考光与各部位来的物光的夹角满足下列关系^[3]:

$$\sin \theta_{\max} = \lambda \rho$$

其中 θ_{\max} 是最大的物光和参考光之间的夹角; λ 为激光波长; ρ 为全息底片的分辨本领。②参考光光程应选择在最短物光光程(即 B_1 和 B_2 面反射光光程)和最长物光(即胎冠内表面反射光)光程之间。实验证明把反射镜 M_3 安放在与 B_1 和 B_2 对称的位置上可满足上述要求。

3. 加载压力的考虑

实验中发现轮胎各部位所要求的加载压力不完全相同, 在同一加载压力下, 各部位的条纹疏密不同。通常是 A_1 面的条纹较密, A_2 面的较疏。在检测中, 加载压差应选择得兼顾到各部位。

作者对参加本系统实验工作的葛方兴、李进业同志表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- [1] Robert K. E.; Holographic Nondestructive Testing, p. 355~362, Academic Press, Now York and London, 1974.
- [2] 谢相森:《激光》, 1981, 8, No. 10, 30.
- [3] T. 卡拉德:《激光演示实验》, 中译本, 人民教育出版社, 1980, p177.