

一张全息图检查一条轮胎的激光全息探伤干涉仪

Abstract: The paper describes a new holographic interferometer which can test one tire with one hologram, the tire does not expand and all the laces have been tested under the vacuum condition.

工业轮胎激光全息探伤中需要一种干涉仪，能一次拍完一条轮胎而无检测盲区。西德 RHI 公司曾设计出一种全息干涉仪，在真空条件下，用三幅全息图检查一条轮胎。下面我们提出一种新的干涉仪，只用一幅全息图，即能检查完一条轮胎。轮胎不用扩口，也无检测盲区。

一、干涉仪

我们设计出如图 1 的轮胎激光全息干涉仪。其中 L 为激光束， T 是被检查的轮胎。 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 分别是轮胎的下胎侧、下胎圈、胎冠和胎肩、上胎圈、上胎侧。 M_1, M_2, M_3 是反射镜。 SS 是一个大球面(球缺)反射镜，它把经 S 扩束后的激光束的一部

份再扩展开来，以照亮整个胎冠和胎肩。 DM 是一个锥面(台锥)反射镜，用它反射的光束照亮上胎侧和胎圈。激光 L 经 S 扩展后分成：

- ① $S \rightarrow T_1 \rightarrow H$;
- ② $S \rightarrow SS \rightarrow T_2 \rightarrow SS \rightarrow H$;
- ③ $S \rightarrow SS \rightarrow T_3 \rightarrow SS \rightarrow H$;
- ④ $S \rightarrow SS \rightarrow T_4 \rightarrow SS \rightarrow H$;
- ⑤ $S \rightarrow DM \rightarrow T_5 \rightarrow DM \rightarrow H$;
- ⑥ $S \rightarrow M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3 \rightarrow H$ 。

其中，①、②、③、④、⑤ 是经轮胎下胎侧、下胎圈、胎冠和胎肩、上胎圈、上胎侧调制的物光，⑥ 是未经轮胎调制的参考光，它们都汇聚于接收介质 H 上。参考光程 $L_{\text{参}}$ 选为：

$$L_{\text{参}} = \frac{1}{2}(L_{\text{①}} + L_{\text{⑥}})$$

式中 $L_{\text{①}}$ 为下胎侧光程， $L_{\text{⑥}}$ 为上胎侧光程。由于内外拍相结合，轮胎各部位能一次拍照完毕。这样，一条任何规格的轮胎，不用括口，在真空加载条件下，一张全息图就能检查完毕。

二、球面反射镜尺寸设计

图 2 中， T 为轮胎， S 为光源。设胎冠、胎肩照亮的最大面积为 AB ，通过 T_1, T_4 胎圈端作 AA', BB' 直线，显然只有在 AA', BB' 线内的光才能被球面镜 SS 反射到 AB 面内。设扩束后的光 SS_1, SS_2 分别与 AA', BB' 交于 S_1, S_2 (S_1 和 S_2 的选择应照顾到后面锥面镜的照射面积)。作角 SS_2B 的平分线 $S_2S'_2$ 与轮胎中轴线 SO 交于 O' 。线段 $O'S_2$ 就是球面镜 SS 的半径。再用作图法，在轴线 SO 上， O' 点附近选一球心，以 $O'S_2$ 为半径，选一球缺，使 S 扩展后的光通过球缺 SS 反射后能照亮 AB 和 T_2, T_3 ，

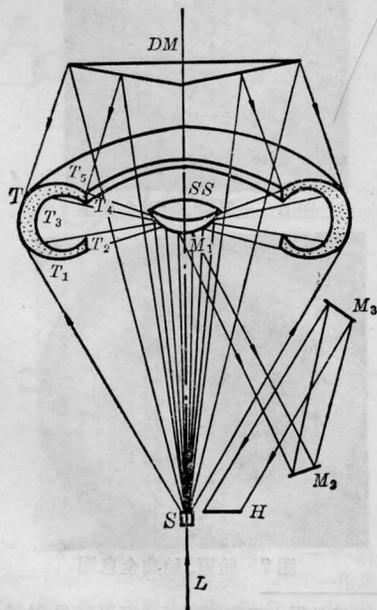


图 1 一幅全息图检查一条轮胎的全息干涉仪几何表示

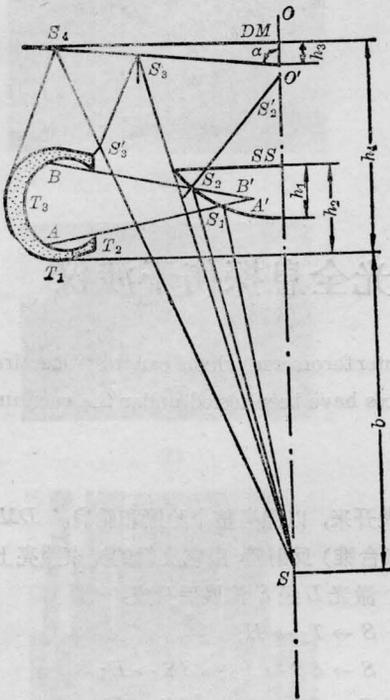


图2 球面镜SS、锥面镜DM尺寸设计的几何表示

并使球缺上的照明面积最大，这样即可确定出球缺的高 h_1 和 h_2 。

三、锥面镜尺寸的设计

在图2中，选 $SS_3=SS_2B$ ，作角 $SS_3S'_3$ 的平分线的垂线 S_3N ， S_3N 与轴线 SO 的夹角 α 便是锥面角。再适当选择 S_3N 的高 h_3 、 h_4 ，使整个上胎侧都被照亮。

图3是以 660×200 胎为例设计出的实际球面反射镜和锥台面反射镜，两胎圈间距实际宽为70毫米，胎圈着台直径330毫米，选光源到下胎侧距离 $b=800$ 毫米。设计出的球面镜半径 $R=90$ 毫米，球缺高 $h_1=50$ 毫米。锥面角 $\alpha=72^\circ$ ，高 $h_3=65$ 毫米， $h_4=265$ 毫米。

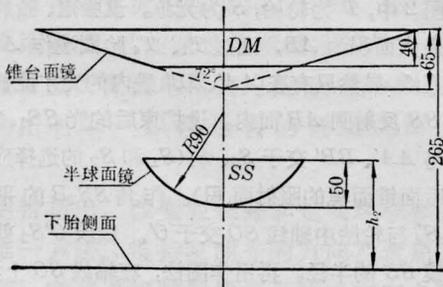


图3 检查 660×200 轮胎的镜台面镜和半球面镜的几何尺寸及安放位置

四、实验结果及讨论

图4是用图1干涉仪拍出的 660×200 航胎全息图*。光源为上海玻璃仪器一厂生产的100-B型

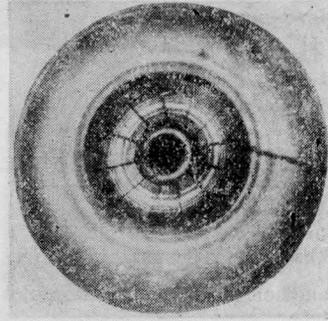


图4 用图1干涉仪拍出的—条轮胎的全息图

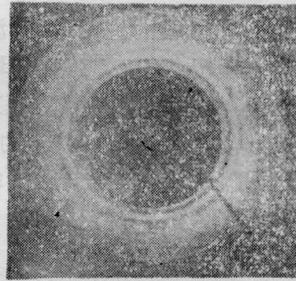


图5 下胎侧(胎圈)全息图

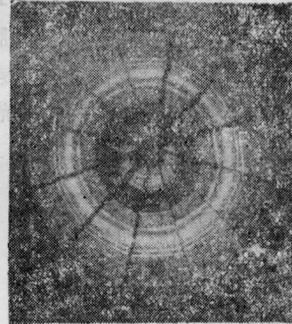


图6 上胎侧、胎圈全息图

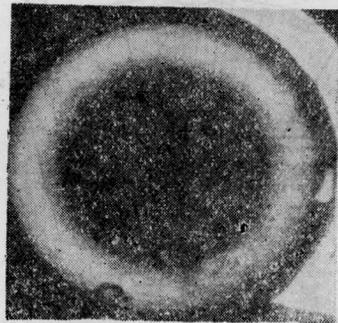


图7 胎冠、胎肩全息图

* 锥面镜是用十二张等腰三角形平面反射镜组合代替，故上胎侧全息图呈正十二边形。

He-Ne 激光器, 单膜输出 35 毫瓦。接收介质为天
津 I 型全息干板。曝光 50 秒钟。图 5、6、7 分别是
下胎侧、胎圈、上胎侧、胎圈、胎冠、胎肩的局部放大
全息图翻拍照片。

从图 4 至图 7 可看出, 整条轮胎在一幅全息图
中拍出了。轮胎的下胎侧、下胎圈、上胎侧、上胎圈、
胎冠、胎肩成像为由外到内, 由大到小的同心环, 层

次分明, 图像清楚。

图 4 中下胎侧是直接拍的轮胎全息图。上胎侧、
胎冠、胎肩拍的是镜子里的轮胎像的全息图, 并且均
比原物体缩小了, 因此再观察时, 必须把这两部分
全息图适当放大, 才能看到它们的细致部分。

(广西桂林曙光橡胶工业研究所 葛方兴

1983 年 9 月 2 日收稿)

位移扫描压电陶瓷动态线性的测量

Abstract: The displacement linearity of scanning piezoelectric ceramics can be measured
by scanning interference method with a He-Ne laser and a high voltage ramp generator. The
results of two typical piezoelectric ceramics are given.

一、前言

压电陶瓷在科研、测试和生产上有越来越广的
应用, 而在科研、精密测试中要以压电陶瓷的位移或
电压作基准来测量其它量, 所以对其位移和电压关
系的线性度提出了很高的要求。

虽然, 根据压电效应这一术语, 它意味着在弹性
极限内, 形变与施加的电场是线性关系^[1], 但实际上
并非严格保持线性, 一般是随着电压的升高, 变形增
加更快。不同材料、不同电压和不同外形尺寸其非
线性度也各不相同。

二、较大范围内动态线性度的测量方法

压电陶瓷的静态变形曲线及滞后的测量可用干
涉扫描方法。在动态扫描时由于负荷特性和扫描时
间不同及压电陶瓷滞后的影响等, 其结果不全相同。

测试原理如图 1。用待测压电陶瓷 3 和镀有反
射膜的两腔片 1、2 组成 F-P 干涉测试装置。用
Burleigh 公司的 RC-44 锯齿波发生器以约 800 伏
电压扫描腔片 2, 硅光二极管 4 接收光信号并在
SBD-6 示波器上显示出稳定的波形, 然后照相并在

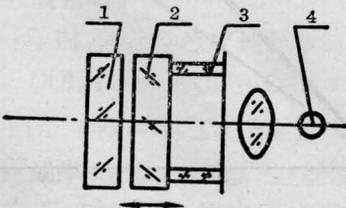


图 1 测试原理

工具显微镜上测出各波形的间距, 即可求得线性度。

当压电陶瓷带动腔片位移 $\frac{\lambda}{2K}$ 时(平面腔 $K=1$, 共
焦腔 $K=2$), 示波器上出现一个波峰, 压电陶瓷扫描
非线性造成示波器上波形间距不等。图 2 为尺寸 $\phi 26$
 $\times \phi 23 \times 20$ 毫米的接收型(S 型)压电陶瓷在施加
800 伏电压、扫描时间 100 毫秒的波形照片。表 1
是测试计算结果, 测量照片时各点的读数误差不大
于 0.03 毫米。

另测得 $\phi 25 \times \phi 23 \times 20$ 毫米发射-接收型(SF
型)压电陶瓷以约 800 伏锯齿电压和 100 毫秒扫描
的非线性为 6.44%, 扫描时间加长, 线性度略有改
善。据试验, F-P 测试装置的精细度在 30 左右就够
用了。用本法可测几微米范围内的扫描线性。

三、小范围内动态线性度的测量方法

在一个干涉条纹内扫描的非线性度用激光器的
多纵模细分得以实现。激光器纵模在 F-P 干涉仪

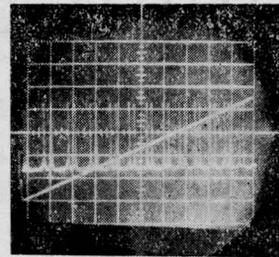


图 2