

# 金属蜂窝胶接构件的 激光全息无损检验

## 1 主要内容与适用范围

### 1.1 主题内容

本标准规定了采用激光全息干涉技术检验金属蜂窝胶接构件中脱粘缺陷的方法、设备和仪器、试验条件、对比试块、试验程序、设备维护、安全防护以及对人员素质的要求。

### 1.2 适用范围

本标准适用于检查铝合金蜂窝胶接构件中蒙皮厚度不大于 0.5mm, 芯格边长不大于 5mm 的蜂窝区域内的脱粘缺陷。可检查等于和大于 15mm 直径的脱粘缺陷。

本标准对厚度小于 0.5mm 的碳纤维复合材料或玻璃纤维复合材料作蒙皮, 与芯格边长小于 4mm 的铝蜂窝或 NOMEX 蜂窝胶接而成的各种非金属蜂窝胶接构件中蜂窝区域内的脱粘缺陷的检验也可参照使用。

## 2 引用标准

HB 5461 金属蜂窝胶接结构缺陷类型及试块

HB 5357 航空航天无损检测人员的资格鉴定

GB 7247 激光产品辐射安全、设备分类、要求和用户指南

## 3 基本原理及试验方法

### 3.1 基本原理

本方法的基本原理是利用激光全息干涉计量术, 比较被检物在变形前后的两个相干波前的形状, 并根据它们所产生的干涉条纹图形有无异常变化来分析判断被检物内部某处是否有缺陷存在。如果被检物内部某处有缺陷存在, 在适当的外力作用下, 其相应表面的变形量就不同于正常区域表面的变形量, 而有一定的微差位移, 因而在变形前后的两个波前所产生的干涉条纹图形上, 其相应处的干涉条纹就会在形状、取向和间距上产生畸变。即出现与缺陷的形状、大小、位置、类型以及加载条件紧密相关的缺陷特征条纹, 以此来判断缺陷的存在。

### 3.2 试验方法

本标准利用连续波氦氖激光器作光源, 采用离轴型漫反射的全息照相技术和全息干涉计量术中的实时法和二次曝光法, 并选择温度差或气体压力差的加载方式对被检物进行检验。

#### 3.2.1 实时法

实时法容易获得被检物的最佳试验参数, 在检验每一种新的被检物时, 首先应采用此法进行试验。若单独利用此法进行检验, 当发现被检物有缺陷时, 应用照相机或其它手段将观察的结果记录下来, 以作发报告的依据。检验应作详细记录, 保存备查。

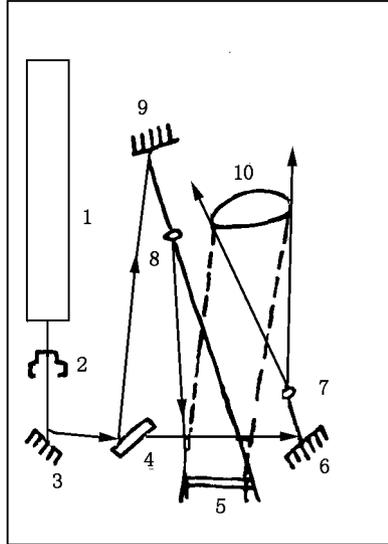
在用实时法进行检验的过程中, 还可采用条纹控制技术来分析判断较小缺陷的特征条纹。

### 3.2.2 二次曝光法

二次曝光法应采用实时法获得的被检物的最佳试验参数,制定出有关的检验工艺流程后进行检验。必要时,可采用实时法和二次曝光法相结合的方式进行,作为相互补充。

### 3.2.3 照相光路

本标准采用离轴型漫反射的全息照相光路,其典型光路如图 1 所示。



1—He—Ne 激光器 2—快门(与自动曝光定时器相联)  
3、6、9—全反射镜 4—分光镜 5—全息干板  
(以玻璃为基片的全息记录介质)  
7、8—扩束镜(可加空间滤波器) 10—试件  
图 1 离轴型全息照相典型光路图

### 3.2.4 加载方式

采用温度差或气体压力差加载方式。加载量不得超出被检物有关技术文件的规定。

## 4 设备和仪器

激光全息无损检验装置由全息防震平台、氦氖激光器、光路系统内的各光学元器件及其支架、试件夹具、全息干板支架或实时复位支架、观察屏、曝光定时器、自动电子快门和加载系统等组成。

激光全息无损检验装置应经鉴定合格后方能使用。

### 4.1 全息防震平台

全息防震平台应具有良好的减振性能。其稳定性应能满足一般全息照相的要求。工作台面应平整,不应有锈蚀,以利于光路系统中各元件支架磁性表座的吸合。

### 4.2 激光器

氦氖激光器的最小输出功率应根据被检物的最大尺寸选择,一般不小于 501mW,输出模式为 TM<sub>00</sub> 模,偏振度(垂直线偏振)优于 1:300,输出功率要稳定,其漂移率每小时不大于 ±5%,相干长度必须大于物光和参考光之间的程差。

当电源电压波动大于 $\pm 5\%$ 时,激光器电源必须配有交流稳压电源。

#### 4.3 光学元件及其支架

光路系统中的光学元件表面应无灰尘、腐蚀及机械损伤等,内部尽可能无气泡和瑕点,对光能吸收系数小。

分光镜的分光比应连续或分级可调。

光学支架应具有三维调节功能,并牢固地安装在磁性表座上。

#### 4.4 试件夹具

试件夹具应根据被检物的大小及形状进行设计,要求具有良好的刚度能够牢固地夹紧被检物,且与全息防震平台连为一体,使用时应尽可能地使被检物受力均匀。试件夹具应经过试验证实能满足检验要求时方可正式使用,且须经过表面处理,防止锈蚀和镜面反射。

#### 4.5 全息干板支架

全息干板支架应安装在磁性表座上,它应方便于全息干板的安放。用实时法进行检验时,必须采用全息干板原位处理装置,或采用实时复位支架。

#### 4.6 观察屏

采用 $120\text{mm}\times 90\text{mm}$ 的毛玻璃作为观察屏,用于调整光路和测量光强。

#### 4.7 曝光定时器

在检验过程中进行曝光,应采用自动曝光电子快门作为光闸,曝光时间范围应能调节。

#### 4.8 加载系统

加载系统根据需要可配备温度差加载装置或气体压力差加载装置,也可以两者同时配置。

##### 4.8.1 温度差加载装置

温度差加载装置的热源可以是多样的,其功率和结构形式应根据被检物的大小、形状、表面处理状态等进行选定,但都应尽量使被检物受热均匀,其加载的最佳参数须用实时法确定。

##### 4.8.2 气体压力差加载装置

气体压力差加载装置的结构可以是局部形式,也可以是全场形式。但都必须配备一个获得气体压力差的系统(如抽真空系统)。其压力差值可以测量。该系统应具有良好的气密性,能灵活控制和保持稳定的压力。

真空室的透明窗口,其材质应均匀、刚性良好、透过率高。

采用局部真空法时,要求被检物在真空室边框处受力均匀。

#### 4.9 暗室设备

暗室设备包括放大机、印相机、上光机、显影罐(盘)、定影罐(盘)、切纸刀、玻璃刀、曝光定时器和天平等。

#### 4.10 其它设备

##### 4.10.1 照相机

采用135照相机,并配有变焦距镜头,其变焦范围应能满足实时法检验的要求。它的作用是翻拍全息再现像和实时观察的结果。

##### 4.10.2 激光功率计

激光功率计的量程应大于所用激光器的最大输出功率。

##### 4.10.3 光强探测器

##### 4.10.4 黑度计(选购)

## 5 试验余件

## 5.1 环境条件

### 5.1.1 全息试验室

5.1.1.1 全息试验室应为避光良好的暗室,远离机械振动源,周围环境噪音要低。

5.1.1.2 全息试验室内温度应控制在  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  范围内,相对湿度应小于 70%。

5.1.1.3 全息试验室必须防尘,并配置暗绿色地脚灯。必要时,室内四周墙面和天花板还应铺设吸音材料。

5.1.1.4 全息试验室的有效面积应满足被检物的要求,以便安装操作,一般不得小于工装设备所占面积的三倍,其中全息防展平台至少距离墙面 1m。

5.1.1.5 全息试验室应通风良好,并在送风装置进气口安装静电防尘器,以保证室内的清洁。

### 5.1.2 暗室

5.1.2.1 通风要求应符合 5.1.1.5 条的规定。

5.1.2.2 暗室温度最好控制在  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  范围内,并采用恒温器将处理溶液的温度控制在  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  范围内。

5.1.2.3 暗室应铺设水磨石地面,水槽要用瓷砖贴衬,并配置红、绿两种安全灯,供处理全息干板和普通感光片、或感光纸时选择使用。

### 5.1.3 全息图评定室

5.1.3.1 全息图(记录了物体信息,并经处理后的全息干板)评定室内要求安静、整洁,避免外界干扰,光线要柔和。

5.1.3.2 室内应有评定台,台上设置一台输出功率为  $5\sim 10\text{mW}$  的氮氛激光器供评定全息图使用。

## 5.2 激光全息无损检验技术要求

5.2.1 激光全息照相系统的稳定性要高。

在曝光期间,光路系统中每个组件相互之间必须保持高度的稳定性。它们之间相对位移所引起的光程变化应小于所用激光波长的  $1/8$ 。

5.2.2 物光与参考光之间的夹角应与全息干板的特性相适应。最大夹角不超过  $60^{\circ}$ 。

5.2.3 物光与参考光之间的最大程差必须小于所用激光器的相干长度,一般应采用等光程。

5.2.4 在全息干板平面上的参考光强与物光强之比常用  $2:1\sim 10:1$ 。

5.2.5 全息干板应选增感峰值为  $0.63\mu\text{m}$ ,并具有感光灵敏度高,衍射效率高和分辨率高的特点。分辨率应在  $2000\text{cy/mm}$  左右。

5.2.6 在加载方式确定后,加载参数的选择应保证被检物中缺陷区域出现特征条纹。

5.2.7 被检物应安装在光路中的试件夹具上,并使其受力适度。

5.2.8 对表面漫反射能力差的被检物,在允许的条件下,其表面可以涂上水溶性的漫反射复盖层,待充分干燥后才可进行试验。

5.2.9 曝光期间应避免噪声,空气流动和温度梯度的干扰等。

5.2.1.0 曝光量应根据参考光和物光的总光强使其控制在干板特性曲线(T-E)的线性区域内。

5.2.11 曝光后的全息干板应按生产厂家的使用说明书进行处理。

## 6 试验用材料及对比试块

### 6.1 全息干板

6.1.1 全息干板的特性见 5.2.5 条的要求。对每批全息干板抽样测定其 T-E 特性曲线或在不同曝光盘下测定其黑度,以确定最佳曝光量。

6.1.2 全息干板应贮放在阴凉干燥处,避免光照、受压、过热、潮湿及其它有害气体的侵蚀。

6.1.3 全息干板开封使用时,应在暗绿色安全灯下操作、冲洗、加工。用玻璃刀切片时,不应划乳剂面。

## 6.2 处理溶液

采用全息干板生产厂家推荐的处理溶液。

## 6.3 对比试块

6.3.1 对比试块是指检验特定被检物时所用的试块。它是用于验证检验设备的探测能力,以保证检验结果的可靠性。它应该是与被检物的材质、结构和制作工艺相同,并含有验收条件所须检出的缺陷类型及尺寸(允许的最大尺寸缺陷和必须记录出的最小尺寸缺陷)的试块。缺陷类型定义及分类参照 HB5461—90。

6.3.2 对比试块中所含的缺陷类型、大小、分布和模拟方法,应满足检验的要求。

6.3.3 对比试块应作好标记妥善保管,防止机械损伤、腐蚀与污染。

6.3.4 在进行检验过程中,可采用或参照本标准用于验证试验的试块作为对比试块。对比试块的制作详见图 2。

## 7 试验程序

### 7.1 试验准备

7.1.1 检查设备各部分处于正常后,即可按激光器的使用说明书启动激光器,测量输出功率,使其达到正常使用值。

7.1.2 先用对比试块校验检测系统满足 1.2 条的要求后,再将编号的被检物安装在光路中的试件夹具上,安装时应使其受力适度。

7.1.3 设计并调整光路,使参考光与物光的夹角和程差符合 5.2.2 和 5.2.3 条的要求。

7.1.4 用光强探测器在记录位置或观察屏上测出参考光强和物光强,使其符合 5.2.4 条的要求。两光场在观察屏上分布均匀,并锁紧光路中的各部件。取下观察屏,以便装夹全息干板。

7.1.5 将显影液、定影液和清水分别盛入专用的容器内待用。

7.1.6 根据在记录位置测得的总光强,确定曝光时间后,将自动光定时器调至相应的时间位置。

### 7.2 试验过程

7.2.1 关闭曝光快门和室内照明灯,将裁好的全息干板安装在全息干板支架上,使乳剂面朝向被检物。稳定片刻后,即可采用实时法或二次曝光法进行检验。

7.2.2 采用实时法检验时,全息干板曝光后应在原位进行处理,待其自然干燥后就可原光路系统对被检物进行加载观察和记录。

若用二次曝光法,对被检物进行第一次曝光后,按最佳试验参数对其加载,再进行第二次曝光。

7.2.3 按 6.2 条规定的溶液对曝光后的全息干板进行处理,并控制其黑度在 0.5~0.9 范围内,待干版干燥后就可原激光下观察所得的结果。

7.2.4 根据干涉图有无特征条纹来分析判断被检物中是否存在脱粘缺陷。若发现有缺陷存在,可采用实时法、坐标定位法、比较法等在被检物上确定缺陷的位置及大小。

7.2.5 整理原始记录,将有关的试验参数记录在装有全息图的纸袋上和检验记录表格内,并发出报告。

7.2.6 工作结束后,及时关闭激光电源,并断开电闸,将光学元件罩好。

## 8 检验记录和报告

8.1 检验记录表格可自行设计,但至少应包括以下内容:

a. 被检物的名称、图号、零件编号、检验文件号和检验编号;

b. 蒙皮厚度、蜂窝芯箔厚度、芯格高度和边长、胶膜(液)牌号;

c. 检验参数、检验结论、检验日期、检验者；

d. 零件示意图(有缺陷时采用)。

8.2 全息图应装入纸袋保存,纸袋上的记录内容与8.1条 a~c 的内容相同。

8.3 对于合格零件,纸袋内只装全息图;对于不合格的零件,还须有翻拍的再现像底片和照片一起装袋保存。

8.4 若用实时法检查,纸袋内必须装有实时干涉图的照相底片和照片。

8.5 检验记录和全息图的保存期限由有关单位自行决定。

8.6 检验报告的内容、校对、审核和签发由有关单位自行规定。

## 9 设备维护

9.1 氦氖激光器的使用和维护,按生产厂家提供的使用说明书进行。

9.2 所用的光学元件应配有防尘罩,若有灰尘,可用吹气球除去,不准用含有硬质物的织物或蘸有腐蚀性溶液的织物擦洗。

9.3 有关仪表应按规定定期校验。

9.4 备用光学元件应存放在干燥器皿内。

9.5 本标准规定的其它设备应无故障、无污垢,保证处于良好状态。

9.6 全息试验室应保持整齐和清洁。

## 10 安全防护

10.1 设备应接地良好,防止激光器电源高压触电。

10.2 激光光路应尽量设置在高于或低于人眼的水平位置。

10.3 在操作过程中,严格执行 GB 7274—87《激光产品的辐射安全、设备分类、要求和用户指南》标准的有关规定,严禁未经扩束的激光束射入眼体。

10.4 检验人员应享受国家规定的保健待遇,并定期检查身体。

10.5 全息防震平台的减振系统应定期检查。

10.6 检验工作不宜一人操作。

## 11 检验人员

11.0 参照 HB 5357—90 的要求,所有从事激光全息无损检验的工作人员,应掌握本专业的基础知识和实验技术,经培训考核合格,方可进行操作和检验。

11.2 检验人员对被检物的材料和部件的结构特性,以及制作工艺过程应有所了解。

11.3 解释和评定检验结果,签发报告,对检验结果负责,应由有关单位指定本专业基础知识较好,并具有实践经验的人员承担。

11.4 检验人员的视力,应符合 HB5357—90 中 6.4 条的要求。