

发 动 机 部 件 的 外 场 无 损 检 验

根据有关资料, 将苏联空军和民航地勤外场无损检验项目作一简介, 以供对比分析。

涡轮转子叶片和压气机叶片检验——在日常维修中叶片的超声检验区为前缘和后缘, 但叶片锁根和叶端死区除外, 这一部分死区在探头近距离处长度为20~30毫米, 在远距离处长度为5~7毫米。飞机脱开后在喷管内检验最后一级涡轮叶片, 而压气机叶片通过专门的窗口检验。采用的探伤仪为УЗДП-61-2М或УДМ-1М(УДМ-3)和在边缘激励表面波的АИГ探头。

根据检验试样调整探伤仪的灵敏度和扫描长度, 检验试样为涡轮转子检验级的叶片或压气机叶片, 边缘刻有深度0.3毫米、开度约0.1毫米的横槽作为检验反射指标。根据叶片长度的不同, 在距叶端10至30~60毫米处选择刻槽的位置。

检验时将探头贴在叶片锁槽或端部边缘, 使Г形接触表面与边缘圆角半径贴合, 而Г形表面台阶与叶盆相对(图1a)。这种位置保证了最大的超声振荡能量穿过叶片边缘。

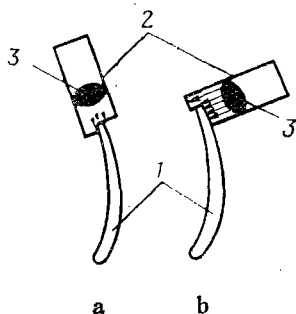


图 1 Г形接触表面探头在叶片边缘的位置

a—正确; b—不正确;

1—叶片; 2—探头; 3—压电片。

检验叶片时探伤仪屏幕上的典型示波图象见图2。仅有初信号1和终信号(图2a)说明

声学接触良好, 边缘无反射超声振荡的缺陷。出现终信号2和中间回波信号3(图2b)说明具有不深的缺陷(例如深度至1~1.5毫米的裂纹或压伤), 它们的反射部分超声振荡。如果只有中间回波信号3和无终信号(图2c), 则有大裂纹(深度超过1.5毫米)存在, 反射全部超声振荡。出现一些振幅不同的中间信号(图2d), 则可能是小裂纹(晶界脱开)、腐蚀-磨蚀痕、边缘机械损伤或材料组织不均匀性。为了确定所发现的缺陷是表面的或内部的, 应将有疑问的叶片进行着色和光学-目视检验。如果检验叶片时屏幕上只能观察到初信号, 而无终信号和中间信号, 则说明声学接触不良。为了改善声学接触, 可使用接触润滑剂, 同时沿叶片边缘移动探头3~5毫米, 并向左右转动5~10°。移动探头可以消除锁槽过渡区边缘弯曲引起的探头倾斜。

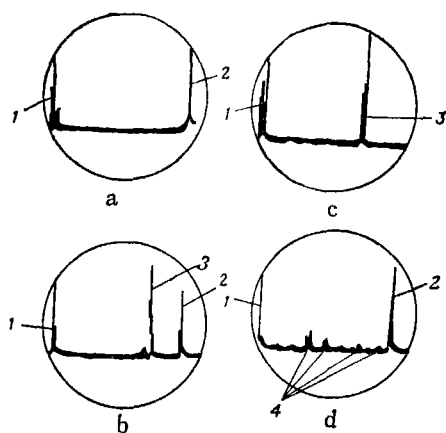


图 2 检验叶片时探伤仪屏幕上出现的典型示波图象

a—叶片材料中无缺陷;

b—具有浅缺陷(深度至1~1.5毫米);

c—具有大缺陷;

d—具有几处小缺陷;

1—初信号; 2—终信号; 3和4—中间信号。

在声学接触良好的情况下，屏幕上出现微弱的终信号或无信号，说明叶片材料是粗晶，使超声振荡散射。这种叶片称为不透声，其中也有部分可用较低频率超声检验，但灵敏度降低。涂珐琅的不透声叶片采用涡流法检验，而未涂珐琅的和渗铬铝的叶片采用着色法检验。

除了上述缺陷的回波信号外，在屏幕上扫描15~30毫米区域（视叶片长度而定）的初脉冲旁边，常出现干扰波信号，它们是探头棱边反射超声振荡引起的。这一区域即探伤仪与该探头配合的死区。

探头损坏（阻尼器积油、压电板破损等）也能产生杂波。为了区别于干扰波信号和缺陷反射的信号，应将探头沿叶片边缘移动10~15毫米。这时缺陷的回波信号应在屏幕上移动，而干扰波信号保持在原处不动。

超声法能发现叶片边缘的疲劳裂纹和蠕变裂纹（露出来的或珐琅下的）、机械和腐蚀-磨损伤痕（边缘尖锐的小撞伤、蚀坑，见图3a），以及内部缺陷（材料组织的不均匀晶粒、非金属夹杂，见图3b）。

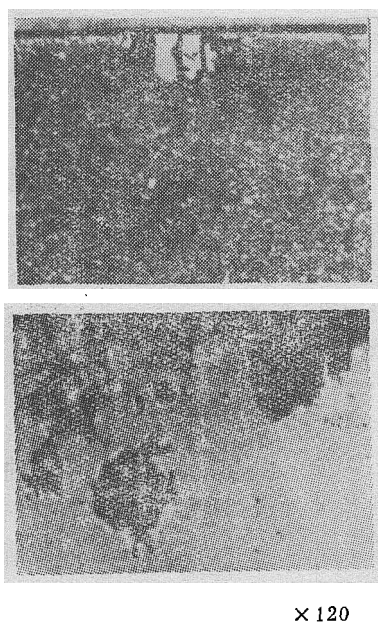


图3 压气机叶片边缘的腐蚀-磨损伤痕(a)；涡轮叶片边缘材料组织的不均匀晶粒(b)

燃烧室整体冲压外套的检验——外套离焊缝250毫米长的锥形部分进行超声检验。探伤仪为Y3ДJI-61-2M，探头为带平接触表面的AMT-3，能在外套壳体激起垂直波。根据检验试样调整探伤仪，检验试样为外表面沿母线刻有深度0.1毫米、长度60~80毫米划痕的外套。

检验发动机上的外套壳体时，探头有三种位置（图4），使垂直波通过外套圆周。由位置I向位置II、III发射超声波，而由位置II、III向外套暴露部分和隐蔽部分发射超声波。在寻找缺陷时探头3（图5）缓慢地在润滑油层上沿着母线移动，同时转动5~10°，并稍稍前后倾斜。如果在外套1区无缺陷，则屏幕上只有初信号1和干扰波信号2出现（图6a）。干扰波信号是探头和外套表面之间的润滑油层产生

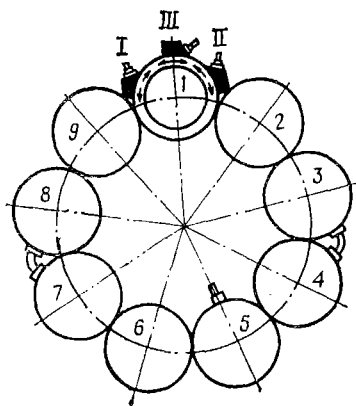


图4 外套壁引入超声振荡的位置（I、II、III）及向发动机上燃烧室外套发射的方向

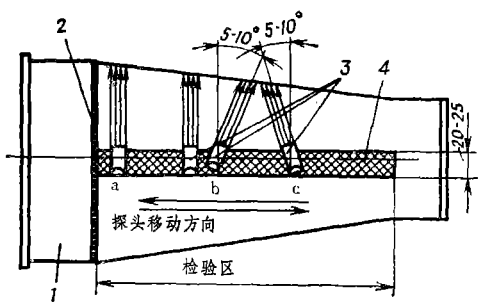


图5 外套超声检验时的探头位置
1—外套；2—焊缝；3—探头寻找缺陷时的位置；4—矿物润滑油层。

的。它们经常出现在扫描长度至25毫米的区域。外套上相应区域为死区。如果在外套检验区有缺陷，就会在屏幕上反应出回波信号3（图6b），它与叶片边缘缺陷回波信号的区别是宽度较大。由于没有终信号（超声仪透声距离比圆周长度小），故寻找缺陷时应特别注意保证声学接触。检查的办法是定期使超声振荡指向焊缝2（图5）。在接触良好的情况下，探伤仪屏幕上出现焊缝回波信号。

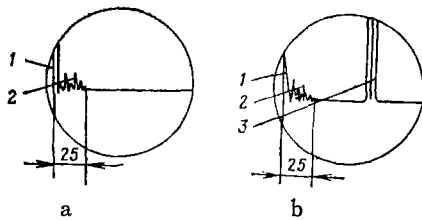


图 6 检验燃烧室外套烧伤时的典型示波图象
a—外套材料中无缺陷；b—具有长条缺陷；
1—初信号；2—干扰波信号；3—缺陷回波信号。

寻找缺陷时可能出现漏油接头或偶留滑油引起的干扰波信号，在分析示波图象时应予注意。

沿着母线移动探头可以大致确定裂纹长度。以中心波束的入射点作为计算长度的起点和终点，这时缺陷的回波信号幅度为10毫米。

用超声法可检查出外套材料中下述表面和内部缺陷（沿母线分布）：分层（图7）、非

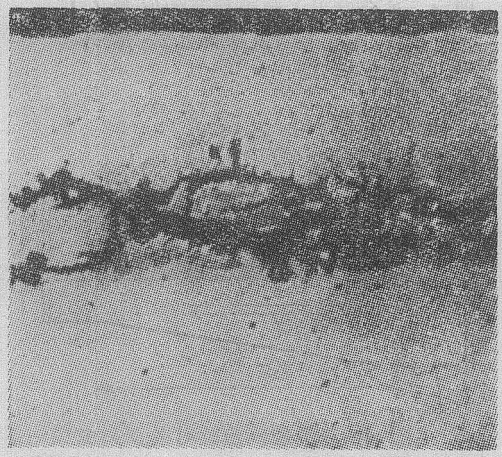


图 7 超声检验在外套材料中发现的分层

金属夹杂物、发纹、裂纹及深度0.05以上的划痕。

压气机盘的检验。从发动机整流罩方向检验涡轮盘盘片至盘毂过渡区1（图8）的裂纹。检验时取下整流罩使用УЗДП-61-2М探伤仪。探头2在涡轮盘材料中激发频率为2兆赫的表面波。透声方向沿半径由盘缘指向盘毂。为了保持探头轴线与盘径的相对位置不变，它附有定位垫片3。在寻找裂纹时，探头的垫片压合在盘片与盘缘的过渡区上。用检验反射件调整探伤仪的灵敏度，反射件为压气机盘切取的试样，在可能出现裂纹区制有切槽。检验反射件的回波幅度为30毫米，在屏幕刻度上可以发现这一信号的位置，并用红铅笔在此标志两端3毫米处划短线4。

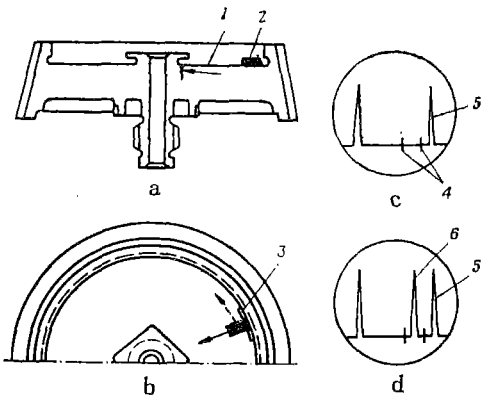


图 8 压气机盘超声检验时探头位置
(a)，探头移动示意图(b)及
示波图象(c, d)

1—检验区；2—探头；3—垫片；
4—铅笔短线；5, 6—回波信号。

在盘片靠近缘壁处涂接触润滑油，顺着油层缓慢移动探头检验，根据终回波信号5的幅度检查声学接触。如在铅笔短线间出现回波信号6说明盘中存在裂纹。

（郝应其摘自《Дефектоскопия
деталей при эксплуатации
авиационной техники》，1978）