

钢中主要缺陷的超声波探伤判定方法（四）

牛俊民

第四章 裂纹的超声波探伤

第一节 大型锻件内裂纹的超声探伤

一、裂纹的超声探伤特征

脉冲反射式超声波探伤伤波的幅度和形状，与缺陷的表面状态大小、位向、缺陷对伤波的实际有效反射面积，以及介质与缺陷的声学性质有关。因此，不同性质的缺陷，其伤波的形状和幅度也不相同。

无论什么样的裂纹，都是由于材料内部应力过高或过于集中而导致的组织撕裂缺陷，它的表面状态均呈撕裂状断口。“犬齿交错”的表面特征。是构成裂纹不同于其他类型缺陷的重要特征。裂纹的缝隙呈锯齿状，断口表面如披刺绒。裂纹的这种表面几何特征，是造成声波在裂纹缝隙处大量散射和吸收的重要原因。因此超声波在裂纹表面上的声波反射率，必将大大低于光滑平整表面（图4-1）。

从图4-1中可以明显看出，不同表面状态的裂纹对反射波幅度的影响是十分明显的。其他表面状态的裂纹试验结果表明，多数声波反射幅度曲线均位于B、C曲线之间^[4-1]。从图4-1还可以看出，要保证裂纹在探伤时不被漏检，应该把原来以人工平底孔（如 $\phi 2\text{mm}$ ）校准的探伤灵敏度基准，至少应提高20db。但是解剖分析表明，随着裂纹面积的增大，其缺陷表面的粗糙度将相应降低，伤波的反射幅度增高。因此，大裂纹是易于发现的，它与光滑平整表面的声波反射幅度，有时仅仅相差十来个分贝。反之裂纹越小，则差值越大。在入射声波与裂纹表面不垂直的情况下，“犬齿交错”的裂纹表面比光滑表面的反回声压要大得多，因而横波探伤，裂纹并不难发现。

“犬齿交错”的裂纹表面，能引起伤波反射的是正对着声源一侧的裂纹边壁和裂缝附近的细小发裂。裂纹壁上的凸凹尖角都可以引起声波反射，处于同一波阵面上的尖角，可以构成一束较强烈的伤波反射信号，但众多的尖刺又可使超声能量大量地被裂纹夹缝所吸收。因此，伤波的幅度一般较低。裂纹伤波的峰尖都呈分枝状，分枝的原因是裂纹面上的尖角并不完全处于同一个波阵面上。加之仪器的分辨能力有限，因此构成了裂纹的第一个波型特征：伤波呈束状，波低宽大，波峰分枝，伤波幅度通常不高，但反射强烈，波峰尖锐清晰（图4-2）。

裂纹伤波第二个基本特征是：伤波的出现，对底波和底波反射次数的影响比较显著。探伤时尽管伤波幅度很低，甚至很难看到伤波，但底波和底波反射次数却显著地降低或减少。例如在探伤某工件时，正常无缺陷可以看到七次以上底波反射，但当轴内有裂纹时，虽然伤波幅度不高，但底波反射却只有一次，有时甚至看不到底波反射。造成裂纹对底波影响严重的原因是由于裂纹的缝隙为真空状态或由析出的某种气体（如氢气、氮气等）所填充，因此声波在缝隙处的透过率几乎为零。同时裂缝附近的细小发裂也能使声吸收增大，从而大大削

减了到达工件底部的能量，造成底波反射幅度的锐减。

裂纹伤波的第三个基本特征是：降低仪器灵敏度时，伤波的下降速度比底波或其他类型的缺陷波迟缓得多。特别是与夹杂物伤波相比这个特征尤为显著。

裂纹表面尖刺越多，伤波下降速度的迟缓特征就越显著。降低仪器灵敏度，伤波迟迟难以消失的原因与裂纹的表面几何形态有关。裂纹表面越平整，散射体数量相对减少，伤波消失的迟缓特性就不明显，特别是巨大的脆性断口裂纹，伤波与底波的下降速度几乎相同。

二、横向内裂纹的超声波探伤

1. 横向内裂纹的探伤特征

轴类工件中裂纹面与轴线相垂直的裂纹称作横向裂纹。这种裂纹在铸造、锻造及热处理过程中都可能产生。横向裂纹在轴的纵截面上呈“一字形”，而在轴的横断面上大都近似圆形。

(1) 在一般探伤灵敏度下，纵波探伤（指圆周探查）难以发现横向探伤缺陷。只有当超声波束中心与裂纹相重叠时（图4—3A）仅能看到底波幅度的降低或底波反射次数减少。但是，A点的范围一般是非常狭窄的，当探头稍稍向两侧移动，底波幅度和底波反射次数将迅速恢复正常。因此，纵波探伤时特别是移动速度快或采用一次声程观察，若一次底波幅度无明显降低（但底波反射次数显著减少）时，横向裂纹可能被漏检。提高仪器灵敏度可在A点附近看到一系列小伤波，但伤波幅度很低。这时如果采用当量法或AVG曲线评定伤波幅度，其伤波幅度则远远小于 $\phi 2\text{mm}$ 当量。即使是巨大的横向裂纹其伤波幅度也不过相当于 $\phi 2\sim\phi 3\text{mm}$ 。因此，不能采用纵波圆周探伤确定横向裂纹的大小，在这里当量法或AVG法均不适用。

(2) 横波探伤易于检出横向裂纹，其伤波明显清晰、波底宽大、波峰尖锐、分枝呈束状。主伤波都呈单一型，波幅较高，随着仪器灵敏度的下降，伤波损失迟缓。主伤波根部有时伴有细小伤波，当探头沿轴向移动时，伤波游动且游动速度大致相同。若探头由 B_1 向 B_2 方向移动，则伤波出现后即向始波（T）方向游动。 B_2 方向探测的波形变化与 B_1 方向探测时一样。

(3) 横向裂纹的波形具有对称性，它以裂纹的延伸方向为对称轴。无论是纵波或横波探伤，裂纹两边波形相对应。探头在同横截面上作圆周移动时，波形也大致相同。

2. 横向内裂纹的位置确定

根据横向内裂纹的探伤特点，它的位置确定可以用以下三种方法。

根据纵波圆周探伤时裂纹处底波减少或消失的特点，可以确定裂纹的大概位置，但是这种方法只适用于横裂纹不在台阶处时。

第二种方法，纹波从轴的两端面探伤，这时伤波明显易见，只要严格校准仪器的时间轴（或称距离标志），缺陷隐伏的位置还是比较容易确定的。隐伏在台阶轴直径变化较大的拐角处的横向裂纹，伤波与台阶反射波容易混淆，如果明了无缺陷轴在正常状态时各棱台波出现的位置及波形特征，并与两端面探伤的波形加以比较，其伤波便易于识别，图4—4所示a、a'是分别从A、B两端面探伤无缺陷轴的正常状态波形。从端面A探伤，通常可见 $W_3W_5W_6$ 。棱台的反射波， $W_1W_2W_4$ 棱台不应有反射讯号；从端面B探伤，通常可见 $W_1W_2W_4$ 棱台反射波， $W_3W_5W_6$ 则无反射讯号。当横向裂纹位于 W_4 棱台时，从端面B探伤，由于伤波F与棱台 W_4 的反射波重合，无法判定缺陷的存在。从端面A处探伤， W_4 棱台波本不应出现，

但如果在这个部位出现反射讯号,则可疑为横向裂纹的隐伏位置,在排除其他影响因素后,该处的反射波可视为伤波。

隐伏在轴内的横向裂纹,当裂纹尺寸较小时,除伤波可见外,通常棱台反射波均可看到底波反射次数稍受影响。但当尺寸较大时,伤波明显增大,就象底波,并呈现多次反射,而底波反射次数明显减少甚至消失。

第三种方法是用横波探伤,对称中心定位法确定裂纹位置。这种方法如图4—5所示。探头沿轴的圆柱面作轴向移动,发现伤波后,记下探头所在位置A,伤波F与T之间的标距为a,然后将探头旋转180°,在探头A的前方移动探头,找出伤波,并使伤波F与始波T之间的标距b等于a,记下探头所在位置B,则探头A、B两点之间的平分中心点O(即 $L_1=L_2$),就是缺陷隐伏的位置。

3. 横向裂纹尺寸的确定

横向内裂纹在轴内存在的几何形状,其轴向投影,多为一近似的圆形,探伤时只需求出其最大与最小直径尺寸即可。

横向内裂纹的尺寸计算参看图4—6所示,并按下式计算: $D = L \times \operatorname{ctg} \theta$
式中 D——裂纹的纵截面长度或横截面直径。

L——探伤时探头轴向移动可见伤波的探头位移量。

θ ——横波在钢中折射角。

在图4—6中,当探头位于B处时,调整仪器使其伤波高度刚刚饱和满刻度,令其波高为100%,则A、C两处的伤波高度为B处伤波的一半(即50%)。

如果采用K₁探头,则可以省去计算,即 $D=L$ 。

三、纵向裂纹、倾斜状裂纹及树枝状裂纹的探伤。

1. 纵向裂纹的探伤

轴类工件中裂纹面与轴线法向平行的裂纹称作纵向裂纹。纵向裂纹在横截面上的形状为“一”字形,并且大多通过轴心。因此在横截面上圆周探伤时,波形有明显的对称性。其波形特征概括如下:

(1) 当超声波传播方向垂直于裂纹面时,若探头在图4—7的a、c两点探测时伤波最大、波底宽、波峰尖锐成束状,并且可见到二次甚至三次伤波讯号。随着仪器灵敏度的降低,伤波消失迟缓。但需注意此时无底波,由于裂纹多位于轴心,故伤波的二次反射(F₂)容易被误认为是底波(B₁)。a、c两点处的伤波波形相似。当探头从a、c两点分别向两侧移动时,伤波幅度逐渐降低,并从单一的主伤波束变成一系列尖锐的彼此独立的小伤波。

(2) 当探头位于b、d两点时,由于波束与裂纹面平行并重合,这时声能大多被裂纹衰减,因此波底也很微弱,大多消失。通常此处难以看到伤波,且伤波幅度较低。为了便于观察,此时往往需要提高仪器的灵敏度。由于b、d处最靠近始波(T),所以常以此确定纵向裂纹的最大径向宽度,裂纹的缝隙宽度,则从a、c两点处确定。

当探头稍稍偏离b、d位置,底波即迅速恢复,并可出现底波多次反射。随着探头继续向两侧移动,底波又迅速降低并消失。形成底波(B)在b、d处的双峰图象,凹点为b、d点,凹陷的深度取决于裂纹的大小。

(3) 当探头从a、b、c、d诸点沿轴向移动,其波形均无多大变化。

(4) 使用横波斜探头沿圆周探伤(例如从a—b)缺陷波易见,脉冲宽大。快移至b点

时缺陷波消失。其他各象限类同。

2. 倾斜状裂纹的探伤

裂纹面与轴线或探伤面呈倾斜角度的裂纹，称为倾斜状裂纹。倾斜状裂纹的产生，往往与零件的几何形状相关。在方钢坯或方形锻模中，裂纹易沿对角线方向开裂。在阶梯轴中，裂纹的延伸方向常常指向棱角。

(1) 无论以纵波或横波探伤，倾斜状裂纹的伤波都明显清晰，符合裂纹的基本波型特征。纵波探伤时，底波消失，伤波有时呈现多次反射。

(2) 采用纵波或横波探伤时，伤波都游动，并且波形以裂纹中点呈中心对称。纵波探伤虽可确定裂纹的尺寸和形状，但由于其波束扩散角较大而不利于判断，故通常采用横波法确定缺陷大小。测定时先求出裂纹两端点的座标位置，然后画出裂纹的延伸方向及长度。

倾斜状裂纹的伤波游动速度，比横向裂纹伤波游动速度要慢。伤波游动速度与裂纹的倾斜角度有关，裂纹与轴线的夹角越大，伤波的游动速度越快。

实际探伤中纵向裂纹、横向裂纹或倾斜状裂纹以单一形式出现比较常见，但有时也会以复合形式出现在同一零件中。这种并存状况时的判断并不复杂，不过是上述三种判断方法的综合运用。

3. 树枝状裂纹的探伤

树枝状裂纹形状都不规则，无论是纵、横剖面上裂纹都象树枝杈故称树枝状裂纹。

树枝状裂纹有以下探伤特征：

(1) 纵波探伤伤波呈集束状，都有波幅较高的主伤波，有时还会出现主伤波的二次反射。在主伤波前后，常伴有一些波幅较低的小伤波。随着探头的移动，这些小伤波瞬息起落，变化较快。主伤波则随探头的移动而时快时慢地游动，忽前忽后连绵不断，其伤波波形附合裂纹基本波形特征。观察主伤波的变化，并逐点记录主伤波与探头移动的相应位置，用图法可描绘出缺陷粗略的外部形状。纵波探伤通常无底波。

(2) 横波探伤伤波特征与纹波相似，但随着探头移动，伤波的游动方向有一定规律性。探头向前移动，伤波总是向始波(T)方向游动，反之，伤波背离始波方向游动。伤波的游动速度时快时慢，时长时短，和横向裂纹或倾斜状裂纹伤波接近匀速游动的状况显然不同。主伤波游动时的变换呈跳跃状，在前一个主伤波向始波游动并即将消失的同时，在它的后面又将出现一个主伤波，并随探头移动而向前游动。

(3) 无论是纵波或横波探伤，波形没有对称性，不同探伤位置的伤波均无重现性。

此外在大中型方锻件(包括大型方截面铸件)中也会出现各种形态的内裂纹。它的检测方法与轴类工件相同，这里不再赘述。

第二节 锻件中的鸟巢缺陷的探伤

一、锻件中的鸟巢缺陷及其特征

所谓鸟巢，是指缺陷在锻件中的形状恰似一个鸟窝，因此有人称之为鸟巢。它实际上是钢的内部破裂，其立体形状很象体育用品中的铁饼(图4-8)，随着锻造比的增大，也可能变为其他形状。

有资料分析了鸟巢缺陷的形成过程指出，鸟巢缺陷是钢锭中的横向内裂纹在锻轧时形成的空腔，它不是缩孔，其周围也没有严重的疏松和夹杂物。在电子显微镜下观察，鸟巢

内壁是撕裂的断口特征。由于锻造方法、锻轧比的不同,鸟巢缺陷可能出现各种形状,当锻造比不足,内裂张口不大时,它可以仍象横向裂纹,随着锻轧比的增大它多呈腔穴状,锻轧比越大,轴向尺寸一般越大,当锻轧(特别是轧制)比很大时,可以沿轴向延伸很长。由于原内裂未被氧化,锻轧比大时也能局部或全部被焊合(图4-9)。

鸟巢缺陷可以出现在各类大型工件中,但出现在合金钢轴类锻件和轧材中较多。

二、鸟巢缺陷的探伤

1. 鸟巢缺陷的探伤特征

(1) 由于鸟巢边壁是金属撕裂断口,因此无论是纵波还是横波探伤,其缺陷回波都具有裂纹的波形特征。

(2) 直探头沿轴向探伤,其探伤特点与探测横向裂纹基本相似,但鸟巢缺陷探伤时底波消失范围加大,一般20~40mm,甚至更大。当鸟巢沿轴向延伸很大时,有类似缩孔残余的特征。

(3) 横波探伤,其伤波游动速度一般较横向裂纹慢,鸟巢轴向长度越大,伤波游动速度越慢。

2. 鸟巢缺陷的尺寸确定

对于鸟巢类腔穴状缺陷,常采用轧迹作图法确定其尺寸。为了精确地确定缺陷的几何形状和大小,一般用横波法测定。但通常在用横波作精确测定前,都先用纵波法作粗略的测定,以辅助和指导横波的测定。

(1) 纵波粗略测定

在纵波探伤发现缺陷后,首先应将始波前沿对零,以防零点漂移。可以采用水平扫描线刻度标尺定位,将底波的脉冲前沿调至刻度标尺10的位置。这样始波和底波之间的距离,即相当于工件的直径,刻度上的每一格相当于工件直径的1/10。例如,若被检测工件直径为500mm则每格刻度为50mm。

纵波探伤轧迹作图法,就是将直探头沿工件表面作轴向移动,按图4-10所示分别记录各测点主要伤波出现位置,以及各探测点的座标位置(如距M台阶的距离)。然后将探头沿圆周转180°,从a'、b'等各方面探测并作好记录。通过计算把伤波至始波之间的刻度值换算成缺陷至探伤面之间的距离长度,按1:1作图就可以得出缺陷的外部轮廓。显然纵波探伤在上图所画比例中只能描绘出R、P两条曲线,它们是两条裂纹还是鸟巢缺陷还很难确定,还必须验证有没有使R、P曲线闭合的S、T曲线。图4-10中e和e'两点的波形都是多个彼此独立的小伤波,它可以表示多个小缺陷,也可能是一个缺陷上几个不同部位的反射点。图4-10中边壁S、T的轮廓线是假定的,尚需用横波探伤加以证实。

为了得到缺陷在横断面上的投影图,纵波探伤时探头还沿圆柱面移动,并记录圆周上A~L各点伤波出现的刻度值,换算出各点距外圆表面的距离长度,用作图法分别画出a-a'、b-b'、c-c'、d-d'、e-e'各横截面探测缺陷的外轮廓。这样叠加起来就可以画出缺陷的三维立体图。为了使纵波探伤结果较为准确,通常采用较低的灵敏度观察主伤波的变化,以尽量减少小缺陷和杂波的干扰。降低仪器灵敏度实际上相应地缩小了声束的扩散角。同时尽可能采用密点记录也相应的提高了判别的准确度。

(2) 横波探伤的轧迹作图法

横波探伤显然对于纵波探伤未能确定的S、T边壁可以作最好的验证。从图4-11可以清

楚的看出,沿D1—D8方向探测,伤波游动连绵不断,按记录的探头距W台阶的距离和波程的相应长度作图,显示出缺陷的S、T边壁是存在的。从B1—B8方向探测,可以进一步证实S、T边壁的存在。并且可以对D方向的探测结果进行补充,使S、T边壁作图的轮廓更接近实际。比较图4-10与图4-11可以看出,斜探头的探头位移量比直探头大得多,再加上横波扩散角度小,更便于密点测定。同样,在探头沿轴向移动时,将不同横截面上各点的伤波记录下来,可以仔细地描绘出缺陷的三维立体图象。

实际生产中虽然并不需要如此仔细地弄清缺陷的精确图形,大都只要求大体了解缺陷的形状和尺寸,就可以作出取舍的决定,然而轨迹作图法对于缺陷的研究是比较简便的方法,它不仅在确定缺陷的几何形状时,给出了缺陷的尺寸,而且对缺陷性质的判断也提供了有力的证据。

第三节 钢中裂纹探伤举例

例一、延伸机轧辊探伤

这是一个在大型锻件中即有纵向内裂、又有横向内裂而且工件中又有白点的探伤实例。

1. 概况

工件名称:延伸机轧辊 材质:35CrMo锻件 工件重量:3745.5公斤 超声波探伤仪:CTS—4B型 使用探头:直探头2.5MC $\phi 20$;斜探头 30° 、 40° 探伤灵敏度:直探头在CS—I型试块上使200深 $\phi 2$ 孔反射波高80%。工件在调质热处理后探伤,表面光洁度 $\nabla 5$,机油耦合,接触法探伤。

工件尺寸及内裂部位如图4-12所示。

2. 超声波探伤

除E段光洁度较差无法探伤外,其他各段探伤情况如下:

细直径的A段多次反射良好,无缺陷波(图4-13-1)。B段靠A段头有三次底波,无缺陷波,B段其他部位外圆探伤均可见呈环状分布的缺陷波,缺陷当量 $\Phi 2-\Phi 6$,缺陷呈丛状,离表面深度在160~250mm范围内。C段情况基本同B段。D段虽然外径也只有320mm,但多次反射只有两次,并伴有丛状缺陷波(D段毛坯直径为 $\phi 550$ mm后加工成 $\phi 320$),以上这些缺陷被判定为白点。

在D段探伤时还发现有纵向裂纹及横向裂纹,探伤情况如下,纵向裂纹参看图4-13。

D段因有白点底波只有两次(图4-13-2)。当直探头移进纵向内裂区时,多数部位底波消失,垂直于裂纹入射时可看到心部缺陷的二次反射(图4-13-3),提高灵敏度10ab也可以同时看到白点的反射波(图4-13-4),缺陷虽严重,但当量并不大。用AVG曲线板在CTS-8A仪器上测定最大当量 $\Phi 6$ 。图4-13中a、b、c、d、e、f六张是沿外圆不同位置时的波形图(一次底波在8格闸门前沿)。图4-13-8是 30° 的斜探头沿外圆移动时的波形,当探头向裂纹方向移动时,缺陷波也连续向前移动。斜探头在垂直于纵裂纹的外圆上沿纵向移动探头,裂纹反射波在扫描线上前后移动不大(图4-13-5)。

横向内裂纹探伤参看图4-14。在距e段30mm处的D段上,斜探头纵向移动探伤时发现有大面积横向内裂,内裂距表面20—30mm,判定为热应力型内裂。直探头在裂纹处无底波,只有分散的缺陷反射(图4-14-a)。移出裂纹区可恢复到两次底波(图4-14-b)。用 40° 斜探头探伤,在外圆纵向移动探头,探头移近裂纹,缺陷波前移;探头远离裂纹时,缺陷波后

移。缺陷波脉冲强裂，波根宽大，有时也会出现白点反射，但与裂纹波不同。图4-14中c、d、e就是探头远离裂纹时的波形。

例二、铸钢轧辊横向内裂纹探伤

1. 概况

工件名称：皮尔格轧辊 材质：ZG80CrMo 重量：3000公斤 超声波探伤仪CTS—4B、CTS—8B型，使用探头：直探头1.25MC、斜探头40° 探伤灵敏度：直探头在CS—1型试块 $\Phi 2/200$ 上 $\Phi 2$ 孔反射80%，斜探头在CSK—Ⅲ型试块上使120mm深 $\phi 1$ 孔反射波高50%。

工件先行950℃高温扩散退火，退火后粗车加工，在粗车时因加工量大，内裂有时暴露出来，呈现局部圆周方向裂纹。经超声波探伤确定为横向内裂纹。这种裂纹往往发生在冒口端轴颈处（图4-15-1），有时在出厂前发现，有时则在使用时断裂。断口上可以看出，内裂离表面尚有一段距离（图4-15-2），经用扫描电子显微镜对不同部位断口的观察确定，横向内裂发生在浇注后到扩散退火相变之前期间内。

2. 横向内裂纹的探伤

由于铸钢件组织较粗，特别是冒口端更是如此，所以探伤频率通常选用较低，多用1.25MC，有的轧辊也可用2.5MC探伤。直探头在圆周上探测，当移到裂纹上时，往往底波突然消失，同时也无缺陷波，有时只有一次底波，提高灵敏度可看到裂纹侧壁的反射（图4-15-b）；从裂纹部位移向两侧，底波会马上恢复正常（图4-15-a）。用斜探头探伤，同样有缺陷脉冲强烈等裂纹波形特征。斜探头对着裂纹纵向移动探头，缺陷波连续并且同样有缺陷波前后移动的现象。由于声波的衰减，当探头远离裂纹时，尚未打着对面裂纹的端点，缺陷波已消失，用深度1:1调节扫描基线可知，横向裂纹已超过中心线。斜探头沿圆周各处探伤，情况基本相同，这说明内裂是贯穿中心线的。用端部半波高度法可以大概测出内裂与表面的距离。

图4-15中c、d、e是斜探头后退时的波形。

当有条件时，横向内裂纹的探伤也可用直探头在轧辊端面进行，这时可以发现内裂纹的反射象底波，只不过裂纹反射波没有底波单一，它往往是多峰的一撮波。

例三、瓦座的超声波探伤

瓦座是既有内裂又有白点的探伤实例。

1. 概况

名称：400轧机轧辊瓦座 材质：45钢锻件 重量：110公斤，锻坯尺寸：500×300×250mm锻后坑冷，调质处理后探伤 热处理工艺：840℃保温2小时水冷，530℃保温5小时回火。

超声波探伤仪：CTS—8A，CTS—4B探头：2.5MC $\phi 20$ 直探头，2.5MC30°斜探头 探伤灵敏度：直探头在CS—1型试块 $\Phi 2/200$ 上 $\Phi 2$ 孔反射波高80%，斜探头在CSK—Ⅲ型试块深100 $\phi 1$ 孔反射波高80%。表面光洁度： $\nabla 5$ 。

超声波探伤主要在瓦座厚度方向进行，当直探头在边缘扫查时多次底波反射良好，无缺陷波，往内移动探头，底波明显减少并有丛林状缺陷波出现，再往内移动探头便在有白点反射的同时也有内裂强脉冲出现，内裂反射连续。缺陷波虽不高，但降低灵敏度时下降很慢。用30°斜探头在同一面上探伤，内裂纹处有固定深度的反射波，但与白点反射波相比并不高（波高相差一倍，但裂纹波并不满幅），白点反射波是多根，在探头前移时此起彼伏，深度

也在变化。

2. 瓦座的超声波探伤波形

无白点内裂的边缘区多次反射良好(图4-16-1), 图4-16中a、b、c、d、e是对应a、b、c、d、e五个位置直探头探伤波形, 一次底波在闸门前沿(8格)除e之外其他四张波形都有内裂反射波。图4-16中的F、g两张波形是30°斜探头探伤情况。在F处时, 既有白点反射又有内裂反射, 在g处时则只有白点反射。

例四、鸟巢缺陷的超声波探伤

1. 概况

名称: 人字齿轮轴 材质: 35SiMn 锻件 重量: 670公斤 由2.1吨钢锭锻制, 未经墩粗, 锻后退火处理粗加工后探伤 表面光洁度: $\nabla 5$ 使用探伤仪: CTS-8A, CTS-4B 探头: 直2.5MC $\phi 20$ 斜探头2.5MC40°、30° 探伤灵敏度: 直探头在CS-1型试块 $\Phi 2/200$ 上 $\Phi 2$ 孔反射波高80%, 斜探头在CSK-III型试块上 120深 $\phi 1$ 孔反射波高为80%。

2. 鸟巢缺陷的超声波探伤

粗探伤时发现有一区域底波消失, 这段外圆直径为340mm, 未到缺陷时, 正常探伤灵敏度可出现三次底波无缺陷波, 提高灵敏度10ab可出现4—5次底波并可出现三角回波(图4-17-1)。在正常探伤灵敏度, 缺陷部位底波消失, 但缺陷波很低, 或者既无底波也无缺陷波, 提高灵敏度10ab可见明显缺陷反射。图4-17中a、b、c、d四张波形是直探头在a、b、c、d对应位置提高灵敏度时的波形, 一次底波在闸门前沿。用40°或30°斜探头沿外圆轴向探伤, 其波形类似倾斜状裂纹, 缺陷波基本连续, 偶尔也有波形切换, 即当探头轴向移动时波形出现不连续现象。图中e、f、是斜探头远离缺陷时的波形, 其中闸门前沿表示离表面垂直深度120mm位置。在D段与e段交接的端面上用直探头探伤, 也很容易发现缺陷, 这时的探伤波形与横向内裂纹类似(图4-17-h)。

鸟巢缺陷探伤时圆周各处波形基本相同。(完)

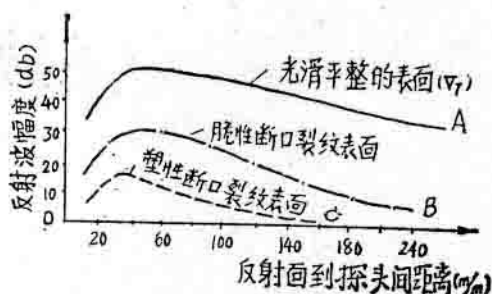


图 4-1 不同表面形态裂纹声波反射率的比较
(试样 $\phi 40 \times 220\text{mm}$, 逐层切削探伤)

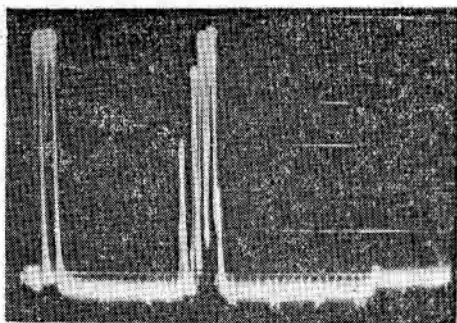


图 4-2 裂纹的波形特征

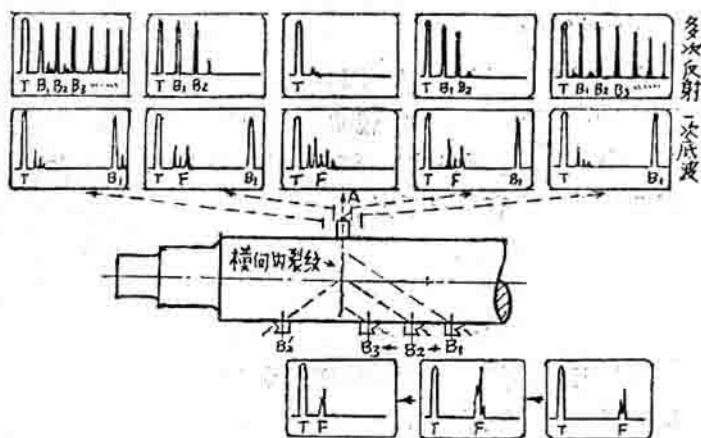
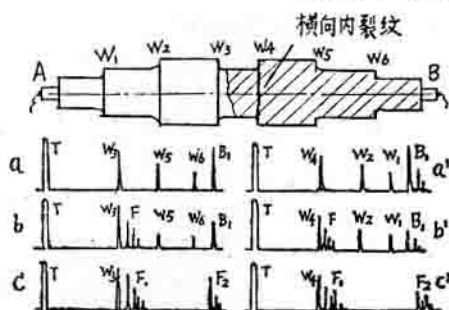


图 4-3 横向裂纹的波形分析



从端面A处探伤波形 从端面B处探伤波形

- a、a'——无裂纹时的波形
- b、b'——裂纹较小时的波形
- c、c'——裂纹较大时的波形

图 4-4 隐伏在台阶处的横向内裂纹端面探伤图

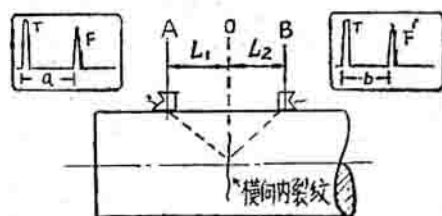


图 4-5 用横波对横向内裂纹的对称中心定位

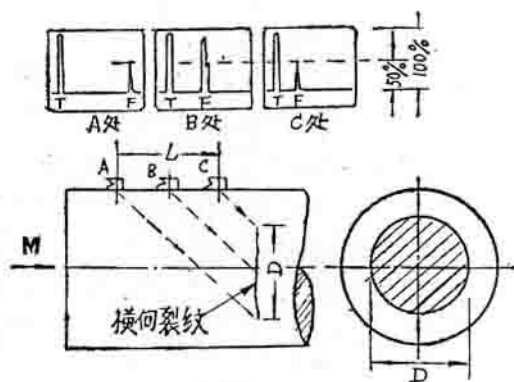


图 4-6 横向内裂纹的尺寸确定

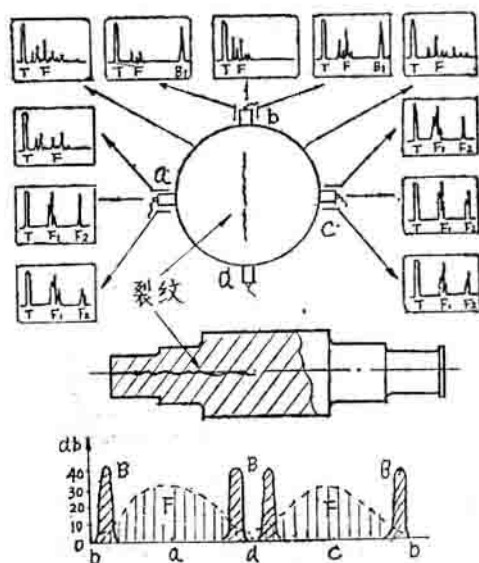


图 4-7 纵向裂纹探伤波形分析

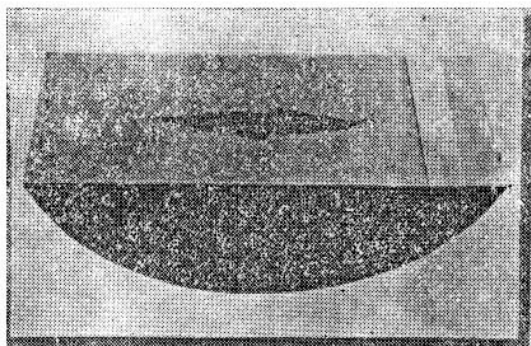


图 4-8 锻件解剖后的鸟巢缺陷

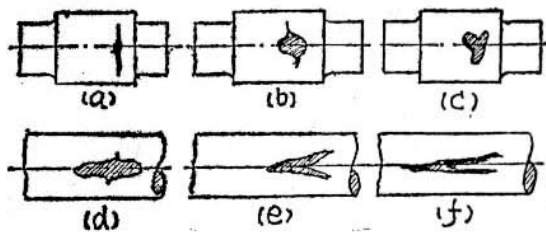


图 4-9 鸟巢在圆形锻轧材中可能存在的形状

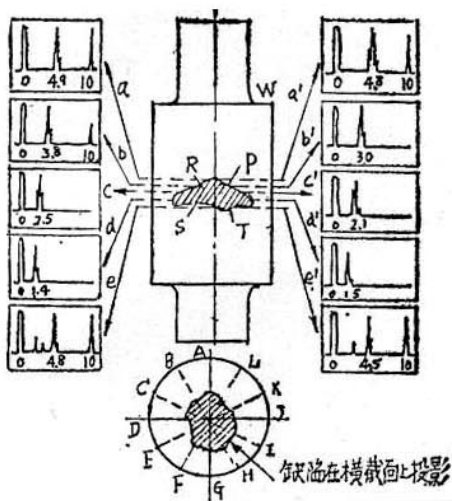


图 4-10 纵波探伤轨迹作图法

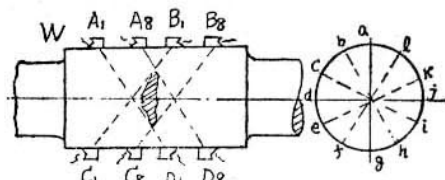


图 4-11 横波探伤轨迹作图法

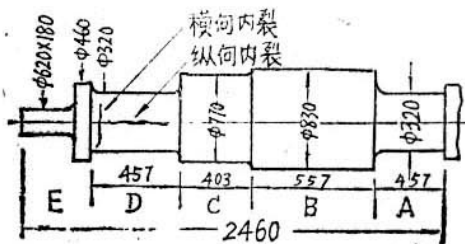


图 4-12 延伸机轧辊尺寸及内裂位置

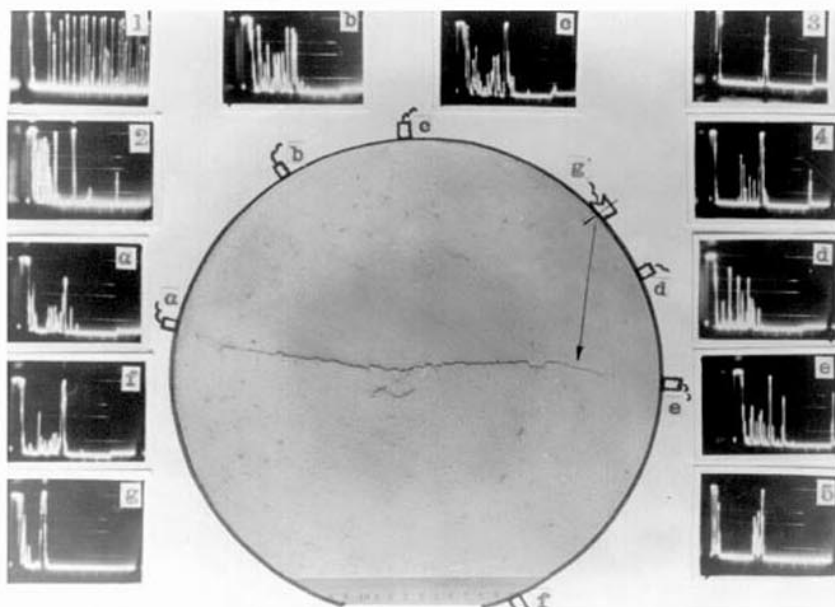


图 4-13 延伸机轧辊纵向内裂纹探伤波形

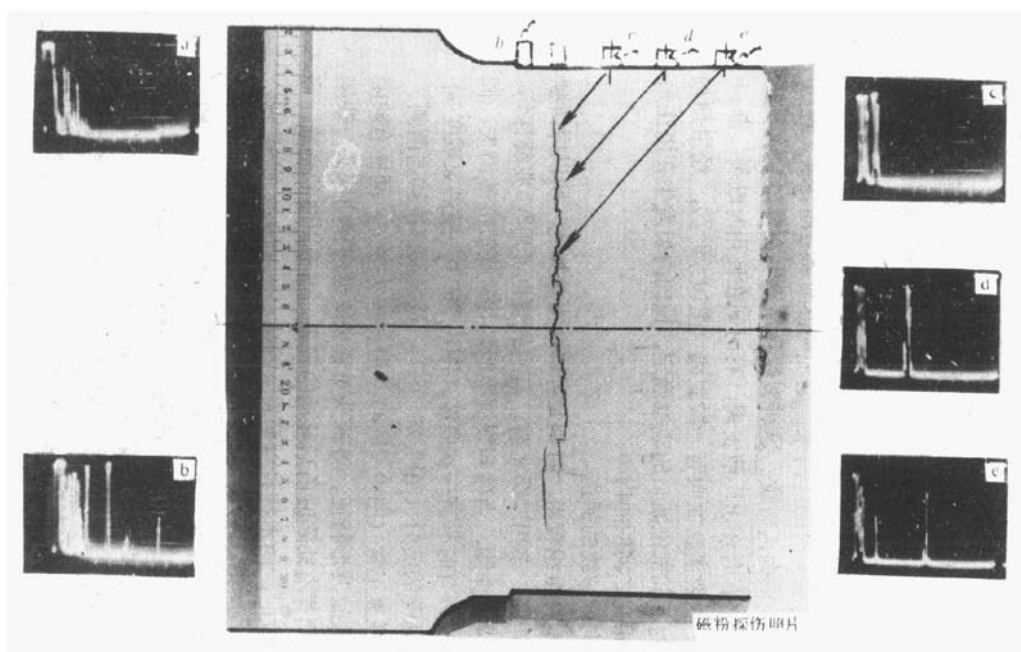


图 4-14 延伸机轧辊横向内裂纹探伤波形

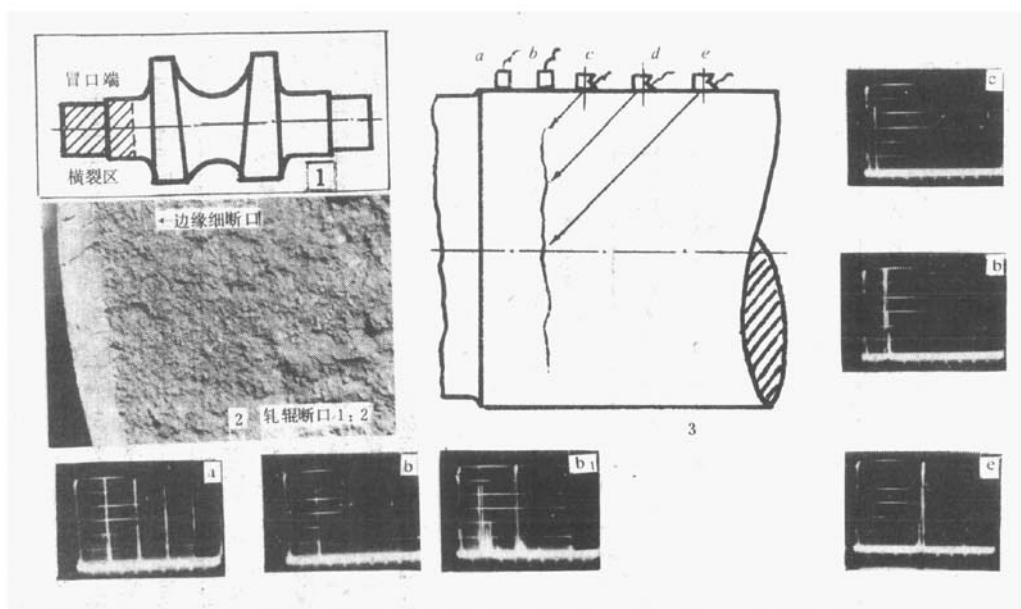


图 4-15 铸钢轧辊横向内裂纹探伤波形

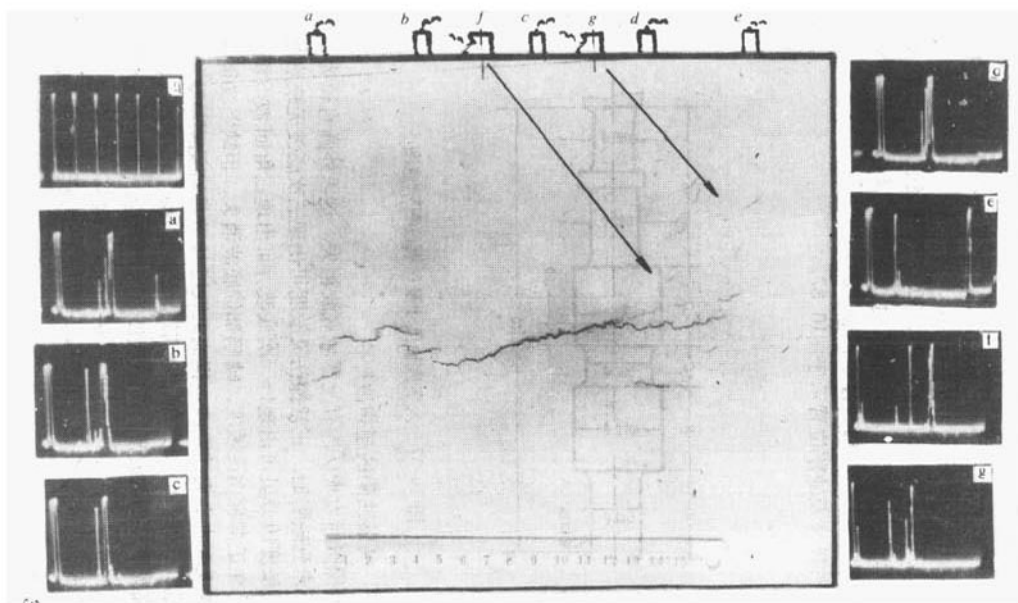


图 4-16 瓦座内裂纹，白点探伤波形

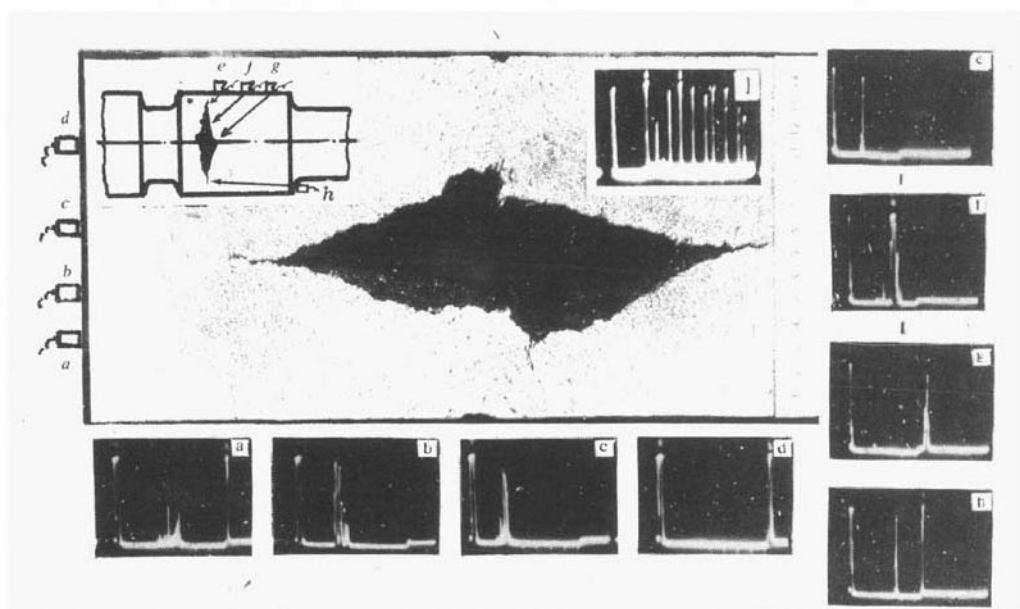


图 4-17 锻件中鸟巢缺陷的探伤波形



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注