

## 多次反射在超声波定性分析上的应用

西安冶金机械厂 牛俊民

超声波探伤中的多次反射法又称多次脉冲反射法，是纵波探伤法的一种。它以多次底波为依据进行探伤和判伤。其原理是当探头发射的超声波由底部反射回至探头时，一部分声波被探头所接收，另一部分声波又折回底部，这样往复反射，直至声能全部衰减完为止。若工件是板状且内部又无缺陷时，则荧光屏上出现呈指数曲线递减的多次反射底波。本文想通过我厂的实践阐明，各种不同性质的缺陷对多次反射的影响，以及如何应用多次反射帮助我们超声波定性。

多次反射在不同形状的工件上有着不同的反射情况。上面讲到在探测板状工件或者工件中相当于板状（或块状）的部位时，多次反射呈均匀的按指数曲线递减的多次反射波（图1）。在对轴类工件作圆周探伤时，若工件内部致密无缺陷呈现图2波形。由图2可以看出，在一次底波以后，每两次底波之间总有两个幅度较低的波，这两个波中前面一个波总是较后面一个波为低。有人曾把前面的一个波称作A波，后面一个波称作B波。据分析A波的行程是一个等边三角形。大家知道，平探头与轴的接触不是面，而是一条线，所以扩散角较平面为大，当半扩散角为 $30^\circ$ 时，回路行程为一等边三角形，全部行程是第一次底波行程的1.3倍，即A波位于一次与二次底波间距离的 $3/10$ 处。B波是一个变型波，它的行程是两个等腰三角形。由于在传播中波型由纵波转变为横波，横波在钢中的速度比纵波慢，据计算，B波大约位于一次与二次底波间距离的 $7/10$ 处。

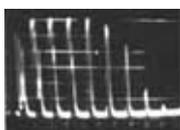


图1

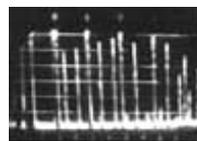


图2

不同性质的缺陷，对超声波的吸收不同，漫反射情况不同，对超声波多次反射的影响也不一样。我们在生产中体会到，在工件内部致密无缺陷，表面耦合良好的情况下，碳素钢与合金结构钢，厚度或直径为 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ 时，锻后退火状态， $2.5\text{MC}$ 探测，多次反射应有 $6\sim 8$ 次以上，且无缺陷波反射即为正常。对轴类锻件退火状态而言，中小锻件直径 $\text{Ø}300\text{mm}$ 左右，多次反射应有 $10$ 次以上，大锻件直径 $\text{Ø}500\sim 800\text{mm}$ ，多次反射应有 $5\sim 6$ 次以上。应当指出，调质处理以后，多次反射会有相应增加，这是由于热处理后内部组织变细的结果。下面仅就不同性质的缺陷对多次反射的影响分述如下（未注明探测频率者均为 $2.5\text{MC}$ ）。

### 一、蜂窝状缺陷

铸件中的蜂窝状缺陷多存在于冒口部位或者工件中铸造截面突变处，多系由于气体聚集难于外逸而致。这种缺陷一般内壁较光滑且密集一起，对超声波漫反射厉害，缺陷反射波峰有高有低，对底波反射次数影响很大。图3是铸钢 $45^\#$ 耳轴中蜂窝状缺陷的照片。图4是它的多次反射情况。这种耳轴无缺陷部位多次反射良好（见图2）。因此，对铸件而言，多次反射情况的好坏是衡量内部质量的重要标志。



图 3

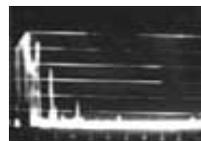


图 4

## 二、白点

白点是存在于大锻件内部的裂纹群。它在纵向断口上表现为表面粗糙的椭圆形的白色斑点。这种缺陷对超声波的吸收与漫反射都很厉害，对底波与多次反射影响很大。当白点裂纹较大时可使底波消失，这时只有杂乱分布的缺陷波（图 5）。我厂曾碰到一批车轴产生了白点，材质是车轴钢，毛坯直径  $\text{Ø}250\text{mm}$ 。图 6 系白点轴的低倍照片。这种轴无缺陷时多次反射良好（图 7a）。图 7b 是白点轴的多次反射。由于白点呈无位向分布，多次反射次数受到严重影响。应当指出，轴类工件中呈放射型分布的白点纵波圆周探伤时，对底波反射次数的影响有时也不一定明显，这是值得特别注意的一点。

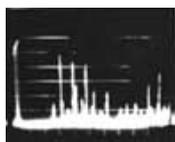


图 5

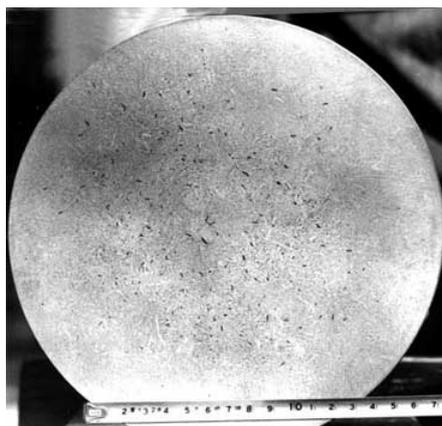


图 6

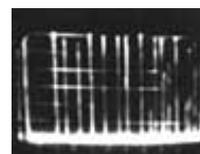


图 7a

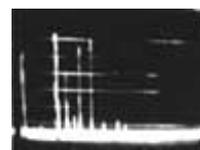


图 7b

## 三、分散性夹杂物

分散性夹杂物也能造成对底波的吸收或形成丛林状缺陷波，但与白点比较，对底波的多次反射影响较小。图 8 系解剖车轴钢中夹杂物的低倍实照，图 9 是它的多次反射波形。由此看出，在正常灵敏度下，夹杂物缺陷反射脉冲幅度虽高，但对底波及底波反射次数影响不大。

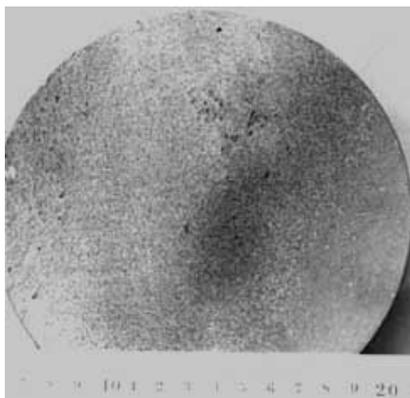


图 8

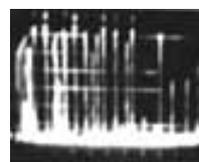


图 9

#### 四、锻件中的缩孔残余

锻件中的缩孔残余多系由于冒口切除不足而残留于工件上，因经锻打多呈心部裂纹状（图 10）。这种缺陷对底波反射次数影响极为严重，同时有脉冲宽大的缺陷波。因缺陷多呈裂纹状，所以在周围各处探伤时，对多次反射影响不完全相同，还要注意，缩孔残余的级别越小，对多次反射的影响也越小。图 11 是图 10 示缩孔残余的多次反射波形（第一次底波在 2 格处）。

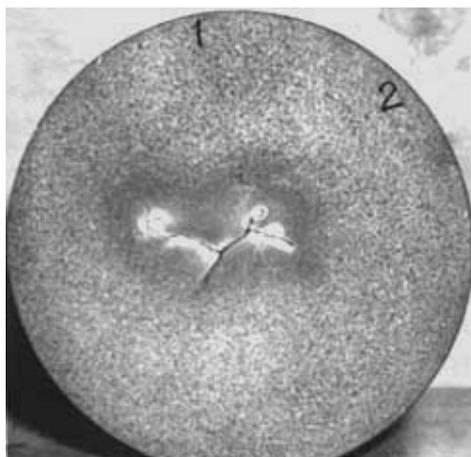


图 10

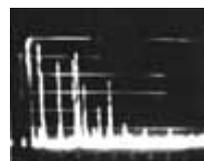


图 11

#### 五、内裂纹

内裂纹系未暴露表面的内部断裂（图 12），它带有极大的危险性。这种缺陷多系锻造或热处理不当所致。内裂纹不管是纵向的或者是横向的，对超声波多次反射有很大影响。就轴中存在的纵向内裂纹而言，当超声波顺裂纹方向入射时，底波即使出现，由于声波被裂纹边缘侧面吸收和漫反射，反射次数也很少（图 13a）。而当超声波垂直于内裂纹方向入射时，往往无底波，只有裂纹的多次反射（图 13b）。



图 12

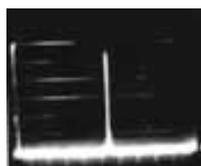


图 13a

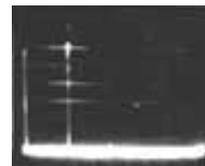


图 13b

## 六、疏松、偏析和晶粒粗大

锻件中 3 级以下的疏松与偏析对超声波多次反射影响不大，只有严重的疏松偏析才会造成超声波的大量吸收和反射，使反射次数减少。大锻件中往往由于截面较大，或加热时炉温过高、保温时间过长等造成晶粒粗大。若仍用较高频率（2.5MC、5MC 或更高）探伤，会发现多次反射很少（1~2 次）。正常灵敏度下无缺陷波，（图 14a）。提高灵敏度时会出现丛林状缺陷波（图 14b）。大家知道，声波的频率（f）与波长（ $\lambda$ ）系数关系， $\lambda = c/f$ 。超声波频率越高时，其波长越小，当晶粒尺寸与超声波波长可以比拟时，超声波在晶界上引起反射，使能量减小。实践证明，当晶粒尺寸大于  $1/10\lambda$  时，由于晶界的散射与反射，超声能量大为衰减，使多次反射次数明显减少，以致于难于出现底波。

晶粒粗大提高灵敏度时，出现的缺陷波有一种虚幻感，移动探头时，缺陷波变化特快，缺陷波分布在始波与底波之间。判定是否晶粒粗大重要的标志是改用低频率探伤时多次反射会恢复，并且不出现缺陷波（图 14c）。我们曾多次遇到晶粒粗大的情况，实践证明工件经正火处理细化晶粒后，2.5MC 探测多次反射恢复正常。（42CrMo 齿轮轴，直径  $\varnothing 500\text{mm}$ ，处理后多次反射 8 次以上，图 14d）。

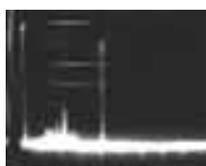


图 14a

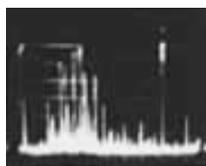


图 14b

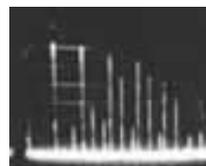


图 14c

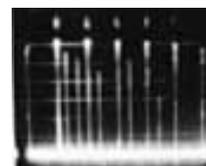


图 14d

最后应当指出，影响超声波多次反射的因素是很多的，除材料本身缺陷外，象工件的表面粗糙度，仪器与探头的组合灵敏度，以及探测面与底面的平行度等都有明显影响，在利用多次反射法辅助定性时要特别注意。

（文章在这次发表时有局部修改）



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注