

## 超声波探伤仪是怎样探测铝合金氧化膜锻件的

**超声波探伤仪检测**方法通常有穿透法、脉冲反射法、串列法等。超声波探伤仪现在通常是对被测物体（比如工业材料、人体）发射超声，然后利用其反射、多普勒效应、透射等来获取被测物体内部的信息并经过处理形成图像。现在我们就铝合金氧化膜锻件来分析超声波探伤仪的探伤过程。

首先氧化膜缺陷是铝合金材料中最常见的一种内部组织缺陷，目前还没有一种理想的熔炼铸造工艺能够保证完全消除铸锭中的氧化膜。氧化膜破坏了金属的连续性，使产品的性能下降，因此需要进行严格控制。但该缺陷在未被变形的铝合金铸锭宏观组织中不能被发现，只有在热加工变形较大的制品内才能显现出来。

**超声波探伤仪**能够准确地定位缺陷，根据缺陷的取向正确选择超声波探伤面，能够较好地缺陷进行定量，但很难对缺陷进行定性。下面介绍铝合金氧化膜锻件缺陷超声波探伤技术及评判规律。

### 1 氧化膜缺陷的形成机理及特征

氧化膜是在熔炼和铸造过程中，熔体表面始终与空气接触，不断进行高温氧化反应而形成，并浮盖在熔体表面。当搅拌和熔铸操作不当时，浮在熔体表面的氧化皮被破碎并卷入熔体内，最后留在铸锭中。根据氧化膜形成的时间和合金的不同，氧化膜有不同的颜色，如熔炼时形成的氧化膜呈现深灰色，转注过程中形成的氧化膜呈现亮灰色，含镁量高的合金的氧化膜呈黑色。

铝合金锻件中氧化膜的显现程度与单一方向变形程度的大小有关，单向变形程度愈大，显现得愈明显。在变形时沿变形方向拉长或碾平，形状为细微的薄膜状金属氧化物( $Al_2O_3$ )，在低倍试样上呈细微短状裂缝，多集中于最大的变形部位，并沿金属流线方向分布，其断口呈白色、灰色或金黄色的小平台，对称或对偶地分布在断裂面上。

### 2 氧化膜缺陷超声波探伤方法

#### 2.1 探伤方法

根据铝合金锻件氧化膜缺陷沿金属流线分布的特点，易于显现的部位是变形量大，金属流线剧烈的部位。依据超声波主声束中心线与缺陷主平面垂直时声能反射最强，探伤效果最好的特点，应选变形量最大的面为主探伤面。

铝合金锻件表面加工余量少，探伤盲区要求小，

经验表明，采用接触法探伤厚度 $< 60\text{ mm}$ 的锻件时，不同厚度应采用不同焦距纵波双晶组合探头，对厚件采用双晶组合探头和纵波直探头两种方法进行检测。如条件允许的话，最好采用水浸探伤方法，这种方法比较灵活，可避免人为因素造成的误检、漏检现象，能提高探伤结果可靠性，盲区小，对粗糙表面适用性好，可对凹面、凸面进行探测，当发现缺陷时可使探头前后左右略微倾斜，找最大反射波，对缺陷定量。

## 2.2 探伤频率

探伤频率高, 检测小缺陷灵敏度高, 分辨力好, 指向性好, 但衰减大。对于铝合金锻件接触法探伤, 一般选用 5 MHz 探伤频率, 如果锻件表面加工粗糙或工件较厚, 探伤频率采用 2.5 MHz, 水浸法可采用 5~15 MHz 探伤频率。

## 2.3 对比试块

超声波探伤方法是一种相对检测方法。铝合金锻件超声波探伤采用不同孔径和埋深的纵波平底孔试块做对比试块, 平底孔直径分别为 0.4, 0.8, 1.2, 2.0 和 3.2 mm, 孔埋深分别为 2.5, 5, 7.5, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 和 120 mm。根据锻件应用质量要求, 选择不同孔径对比试块调整检测系统灵敏度、探伤范围及评定缺陷的当量大小和确定缺陷的位置。试块制作要求执行 GJB 1580A-2004 变形金属超声波检验方法标准。

## 2.4 探伤标准

检测时执行 GB/T 6519-2000 变形铝合金产品超声波检验方法和 GJB 1580A-2004 变形金属超声波检测方法标准。

## 3 典型检测案例

(1) 某 LD10CZ 铝合金模锻件, 经超声波 A 级探伤发现 21 件中有 11 件不合格, 缺陷多分布在工件厚度方向的中部附近, 为多处单点缺陷或可分辨的多点缺陷。对典型密集区缺陷部位进行剖伤, 取样尺寸为 180 mm × 120 mm × 120 mm。每点缺陷当量值及缺陷深度为表 1 所述, 其中某缺陷的低倍断口见图 1a, 经金相定性分析为氧化膜缺陷。从表 1 缺陷分布可知工件厚 120 mm, 缺陷埋深多在 45~70 mm 范围内。

(2) 检测某盘类铝合金锻件 9 件, 经超声波 A 级探伤发现 6 件不合格。其特点为多处单点缺陷或可分辨的多点缺陷, 模锻件底部厚 30 mm, 缺陷埋深多在 12~17 mm。对单点埋深 12 mm 典型缺陷剖伤, 缺陷当量值为 2.0 mm + 4 dB。剖伤低倍断口见图 1b, 经金相定性分析为氧化膜缺陷。

(3) 检测某铝合金自由锻件 4 块, 经超声波 A 级探伤发现 3 件不合格。缺陷特点为单点, 对典型缺陷进行剖伤, 缺陷当量值如不进行表面补偿, 为 1.2 mm + 4 dB, 低倍断口试片见图 1c, 经金相定性分析为氧化膜缺陷。

(4) 检测某铝合金模锻件 18 件, 经超声波 A 级探伤, 18 件不合格。缺陷特点为点状, 如不进行表面补偿的话, 最大缺陷当量值 1.2 mm + 5 dB, 多分布在工件厚度方向中间部位, 对典型缺陷取样剖伤, 低倍腐蚀试样见图 1d, 经金相定性分析为氧化膜缺陷。

(5) 某铝合金模锻件共有 11 件, 经超声波 A 级探伤为合格品, 但工件腹板上全是伤波, 伤波波形为多峰形状。图 2a 是双晶组合探头探伤波形, 低倍断口照片见图 2b, 缺陷以无数个灰色小平台组成。经金相定性分析为氧化膜缺陷, 判定该熔次铸锭为不合格品。

## 4 探伤结果分析

#### 4.1 超声波探伤结果

以上典型探伤案例可以看出，氧化膜缺陷超声波反射能量不是很高，以单点形式分布较多，多点分布探伤波形为多峰，可分辨；密集形分布时探伤波形从始波到底波之间几乎都有反射波。从探伤及剖伤结果看，氧化膜缺陷多数在锻件厚度方向的中间区域显现，变形量越大，显现越明显。

#### 4.2 氧化膜缺陷分布特点

由于氧化膜缺陷是熔铸过程中产生的，对探伤结果进行定性评定时，要结合相应批次或相应熔次进行评定。

氧化膜缺陷经锻压后被压成片状，并沿金属流线方向分布，多集中于最大变形部位，在一个批次中氧化膜缺陷将会出现多处，必要时可提高探伤灵敏度进行探测。

铝合金锻件多应用在国防工业中，当出现质量异议时，用户希望知道工件内部存在什么缺陷，从而对产品的使用安全性进行判断，生产单位工艺技术人员需要知道缺陷的性质，快速采取有效的防范措施。由于剖伤工序比较复杂，因此需要广大的无损探伤工作者在实践中积累丰富的经验，以能够对探测的缺陷进行经验性的定性评判。