

# 球墨铸铁 超声声速测定方法

## 1 范围

本标准规定了用超声脉冲法、接触式手动操作测量球墨铸铁中超声传播速度(以下简称声速)的方法。本标准适用于球墨铸铁超声声速的测定。其他铸铁也可参考使用。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

YB/T 5148—1993 金属平均晶粒度测定方法

## 3 一般规定

3.1 本标准是采用脉冲反射或穿透的方法,测量超声纵波在试件中传播时间(简称声时)的原理,来确定声速的工业试验方法。

3.2 试件检测部位的厚度应能正确测定,检测表面平直无影响测量结果的毛刺、氧化皮、粘砂及油漆等,探测部位两相对平面的平行度不大于 $3^\circ$ 。

3.3 操作人员除熟悉仪器设备性能、能正确调整和使用外,应具备球墨铸铁方面的一般知识。

## 4 仪器

4.1 根据具体情况,可采用超声声速测量仪、超声测厚仪以及由超声探伤仪和测时装置连接使用的设备等,但应满足下列要求:

- 工作频率在 $1\sim 5$  MHz 范围内;
- 测时分辨力不低于 $0.01\ \mu\text{s}$ ,或测厚分辨力不低于 $0.01\ \text{mm}$ ;
- 仪器在室温工作的不稳定性低于 $0.2\%$ ,测量非线性不大于 $0.2\%$ 。

## 5 仪器的调整

5.1 本测量方法是基于被测试件的未知声速与钢制校正试块或水的已知声速相比较而得出的。因此,每次测试前必须先用校正试块或水标定仪器,在连续使用时应定时校核。

5.1.1 校正试块采用压延或拉拔的中碳钢制造,经热处理使其金属组织均匀,晶粒度按 YB/T75148 在五级以上,表面粗糙度  $R_a$  应不大于 $2.5\ \mu\text{m}$ ,长度建议 $50$ 或 $100\ \text{mm}$ ,钢试块的声速应用标准水声速校正。

5.1.2 蒸馏水的标准声速见附录 A(标准的附录)。

5.2 用同步脉冲作为测时装置开门信号的仪器,由于信号转换和传输在时间上的滞后,将造成声时在仪器上示值与真值之间的误差,因而,必须先行校零。

5.2.1 设有较零装置的仪器,校零方法可按仪器使用说明书进行。

5.2.2 没有校零装置的仪器,调整方法见附录 B(标准的附录)。

## 6 方法

6.1 根据被测试件的形状、厚度等情况,可选用脉冲反射法或穿透法测量。

6.2 脉冲反射法——用单一探头兼起发射、接收超声波的作用,用显示器显示超声波在材料中的往返传播时间。

6.2.1 具有显示声时值装置的仪器,按第3章调整仪器,测出试件中相邻两个底面回波间的时间间隔,在测得测量部位的厚度后,按式(1)计算声速:

$$V_L = \frac{2H}{t} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $V_L$ ——超声纵波速度,m/s; $H$ ——试件被测部位厚度,mm; $t$ ——相邻两底面回波间的时间间隔, $\mu\text{s}$ 。

6.2.2 用脉冲反射式超声测厚仪,要根据仪器量程制备一套厚度成等差级数整数递增的校正试块,材质要求见5.1.1。当测量试件时,应先使用两块校正试块,一块厚度小于试件测试部位的厚度;一块大于试件测试部位的厚度,来校正仪器的线性。当仪器上厚度显示与两块校正试块的实际厚度均一致后,再测得试件的显示厚度和实际厚度,按式(2)计算声速:

$$V_L = \frac{H}{H'} \times V_L' \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: $V_L$ ——试件中的超声纵波速度,m/s; $V_L'$ ——校正试块的已知超声纵波速度,m/s; $H$ ——试件测量部位的实际厚度,mm; $H'$ ——仪器上显示的试件测量部位厚度,mm。

6.3 穿透法——分别将发射、接收超声波的两个探头置于试件测量部位两侧的平面上,并使两探头的轴线基本重合,测定超声波的穿透时间,实测两检测面之间的厚度后,按式(3)计算声速:

$$V_L = \frac{H}{t} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: $V_L$ ——试件的超声纵波速度,m/s; $H$ ——试件检测部位的实际厚度,mm; $t$ ——穿透试件检测部位的声时, $\mu\text{s}$ 。

## 7 声速测量在铸件上的应用

7.1 球墨铸铁是一种刚性材料,能传播超声波(纵波、横波、表面波),其中,纵波传播速度遵循在无限大固体介质中的表达式见式(4):

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: $V_L$ ——超声纵波速度,m/s; $E$ ——杨氏弹性模量, $\text{N}/\text{m}^2$ ; $\rho$ ——材料密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $\sigma$ ——泊松比(横向与纵向变形之比)。

由于球墨铸铁中有游离石墨存在,它对式(4)中的物理量有一定影响。

所以,声速将随游离石墨形状、数量、大小和金属基体结构而变化。

### 7.2 应用条件

7.2.1 用声速法评价球墨铸铁质量,要求生产工艺相对稳定。

7.2.2 在应用中根据生产条件建立起各自的声速与力学性能、球化程度间的对应关系。

7.2.3 只有在基体相似的情况下,才能评价球化程度和力学性能。

## 8 应用指导

8.1 推荐用宽频带放大和窄脉冲探头的仪器,在不具备这种仪器时,建议尽可能用穿透法检测,但试件厚度小于30 mm时,应用反射法检测。

8.1.1 用穿透法检测时,应尽可能使接收的超声脉冲前沿饱和。

8. 1. 2 脉冲反射法用于检测厚度小于 15 mm 的薄件时,可用多次反射法取在试件中超声波往返一次传播时间的算术平均值计算声速。

8. 2 由于声速值的误差取决于厚度和声时的测量误差,所以,薄件应避免在毛坯面上检测。

8. 3 试件厚度测量应保证测厚相对误差小于 0.5%。

8. 4 在实体铸件上检测时,应选有代表性的部位定点检测。

8. 5 在没有示波管监视装置的仪器上用反射法检测时,如果发现显示值异常,要设法验证。

8. 6 检测时校正试块与被测试件的温度差不宜超过 30℃。

## 附 录 A

### 蒸馏水的标准声速

(标准的附录)

温 度/℃	声 速 m/s	温 度/℃	声 速 m/s	温 度/℃	声 速 m/s
15.0	1470.6	18.4	1479.1	21.8	1487.6
15.2	1471.1	18.6	1479.6	22.0	1488.1
15.4	1471.6	18.8	1480.1	22.2	1488.6
15.6	1472.1	19.0	1480.6	22.4	1489.1
15.8	1472.6	19.2	1481.1	22.6	1489.6
16.0	1473.1	19.4	1481.6	22.8	1490.1
16.2	1473.6	19.6	1482.1	23.0	1490.6
16.4	1474.1	19.8	1482.6	23.2	1491.1
16.6	1474.6	20.0	1483.1	23.4	1491.6
16.8	1475.1	20.2	1483.6	23.6	1492.1
17.0	1475.6	20.4	1484.1	23.8	1492.6
17.2	1476.1	20.6	1484.6	24.0	1493.1
17.4	1476.6	20.8	1485.1	24.2	1493.6
17.6	1477.1	21.0	1485.6	24.4	1494.1
17.8	1477.6	21.2	1486.1	24.6	1494.6
18.0	1478.1	21.4	1486.6	24.8	1495.1
18.2	1478.6	21.6	1487.1	25.0	1495.6

## 附 录 B

### 滞后时间的测定

(标准的附录)

本附录仅适用于有报警闸门的 A 型脉冲反射式超声波探伤仪与测时装置配合使用时滞后时间的测定。

B1 探伤仪与测时装置的连接使用按仪器说明书进行。

B2 在以超声波探伤仪同步脉冲直接作测时装置的开门信号,而把由探伤仪报警闸门选通的回波信号(超声视频脉冲)作为测时装置的闭门信号时,所测得试件中超声波传播的声时,将大于实际声时。

B3 测定方法

B3. 1 脉冲反射法

B3. 1. 1 将探头与校正试块(3. 1. 1)在耦合良好情况下,调节探伤仪有关旋钮,使示波屏上显示两次以

上的清晰回波,并使第一次回波  $B_1$  达到示波屏垂直显示极限 80% 以上的幅值。

B3. 1. 2 调节探伤仪报警闸门位置,使  $B_1$  落入闸门内,测得始波 T 与  $B_1$  之间的时间间隔  $t_1$ 。

B3. 1. 3 调节探伤仪增益使第二次回波  $B_2$  的幅值与  $B_1$  相同,并将闸门位置后移,使  $B_2$  落入闸门内,而测得始波 T 与  $B_2$  之间的时间间隔  $t$ ,见图 B1。

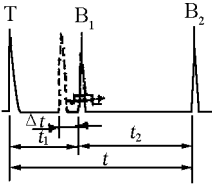


图 B1

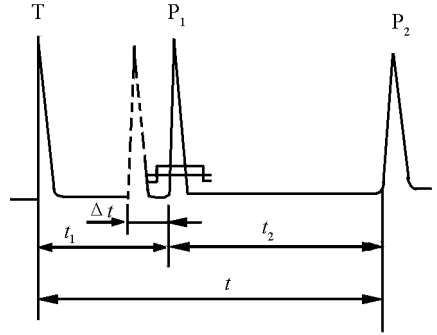


图 B2

设滞后时间为  $\Delta t$ ,在分别测得  $t_1$  及  $t$  后,则:

$$\Delta t = 2t_1 - t \dots\dots\dots (B1)$$

式中:  $\Delta t$ ——滞后时间,  $\mu s$ ;  $t_1$ ——始波与第一次回波之间的时间间隔,  $\mu s$ ;  $t$ ——始波与第二次回波之间的时间间隔,  $\mu s$ 。

B3. 2 穿透法

B3. 2. 1 将发、收超声波功能分开的两只探头,分别置于校正试块的两相对平面上,调节探伤仪有关旋钮,使示波屏上出现清晰的两个穿透波波形后,增大输出和增益在不出现仪器噪声的情况下,尽量使超声脉冲前沿饱和。

B3. 2. 2 调整闸门位置使第一个穿透波  $P_1$  落入闸门范围内,测得始波 T 与  $P_1$  之间的时间间隔  $t_1$ ,然后再移动闸门位置,使第二个穿透波  $P_2$  落入闸门范围内,而测得  $t$ ,见图 B2。

由于  $t$  是超声波通过试块厚度三倍的传播时间,故滞后时间  $\Delta t$  为:

$$\Delta t = t_1 - \left( \frac{t - t_1}{2} \right) \dots\dots\dots (B2)$$

式中:  $\Delta t$ ——滞后时间,  $\mu s$ ;  $t_1$ ——始波与第一个穿透波之间的时间间隔,  $\mu s$ ;  $t$ ——始波与第二个穿透波之间的时间间隔,  $\mu s$ 。

B3. 2. 3 也可以用两块厚度是整数倍的同材质试块进行分别测试而求得  $\Delta t$ 。

B4 由于探头的性能不尽一致,所以,对所用的探头应分别测定。

B5 实测试件的声时操作方法同第 B3 章,并应减去滞后时间之后计算声速。