

金属板材超声板波探伤方法

1 范围

本标准规定了金属板材超声板波探伤方法的一般要求、探伤设备、对比试样、板波模式的选择、探伤方法及缺陷评定等内容。

本标准适用于厚度不大于受检板材表面波波长 5 倍的容器钢、不锈钢、高温合金等金属板材超声板波探伤,但必须证实所激发的声波确为板波,并能以足够的探伤灵敏度进行探伤。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适合于本标准。

GB/T 12604. 1 无损检测术语 超声检测

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 12604. 1 标准确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 板波 plate wave

板波指的是当导声板状物体横截面厚度与波长在同一数量级时,在此板内所传播的声导行波。它包括 Lamb 波和 SH 波。Lamb 波是由纵波与垂直偏振的横波合成的,而 SH 波则是一种水平偏振的横波。每种板波都有自己的频率方程及依次绘制出的频散曲线,即相速度与群速度对频率与板厚乘积的关系曲线及质点位移曲线。

3.2 频散 dispersion

又称色散,指声速随频率变化的现象。

3.3 模式 mode

表示质点位移方向与传播方向的关系。在板波中,波的模式表明了声传播过程中质点位移对板中心的变化方式。

4 一般要求

4.1 板波探伤可用压电换能器也可用电磁声换能器进行。不论用哪种换能器,都应确保探伤灵敏度,换能器的中心频率应与检测设备的发射和接收单元的频率相匹配。检测设备发射、接收单元的频带宽度应尽量窄。

4.2 被探板材表面应平整、光滑、厚度均匀,不应有液滴、油法、腐蚀和其他污物。

4.3 被探板材的金相组织不应在探伤时产生影响探伤的干扰回波。

4.4 探伤场地应避免强光、强磁场、强振动、腐蚀性气体,严重粉尘等影响超声波探伤仪稳定性或探伤人员可靠观察的因素。

4.5 从事板材探伤人员应持有权威部门认可的超声探伤专业 I 级或 I 级以上超声检测技术资格证书,并有足够的超声探伤知识,特别是板波探伤基础知识和技能,签发探伤报告者应获得权威部门认可的超声探伤专业 II 级或 II 级以上资格证书。

5 探伤设备

5.1 板材探伤用的超声波探伤仪应具有足够高的发射功率和足够宽的发射脉冲宽度。

5.2 发射单元激励脉冲的频带应尽量窄,以免激发出不需要的板波模式。应尽量采用脉冲调制正弦波发射单元。

5.3 压电探头晶片应足够长,入射角尽量一致,从而减少不需要板波模式的激发,且探头必须在标准试块上实际测定其发射声波的频率,使之都满足 4.1 中的要求。

5.4 探伤仪的其他性能应满足 JB/T 10061 的要求。5.5 其他探伤设备如传动机构应保证探伤结果的可靠性和重复性。

6 对比试样

6.1 对比试样用于探伤系统的灵敏度调整。

6.2 对比试样应与被探板材的厚度、声学性质及表面状态相同且内部无影响探伤的自然宏观缺陷。

6.3 对比试样应在成品板材上切取,其长边要垂直压延方向,端面要平直,厚度公差应小于板厚的 2%。

6.4 对比试样上的人工伤可采用钻孔或刻槽的方式制做,对比试样的尺寸、形状如图 1(a)、(b)、(c)、(d) 所示。图 1(a) 中通孔直径应符合表 1 的规定。

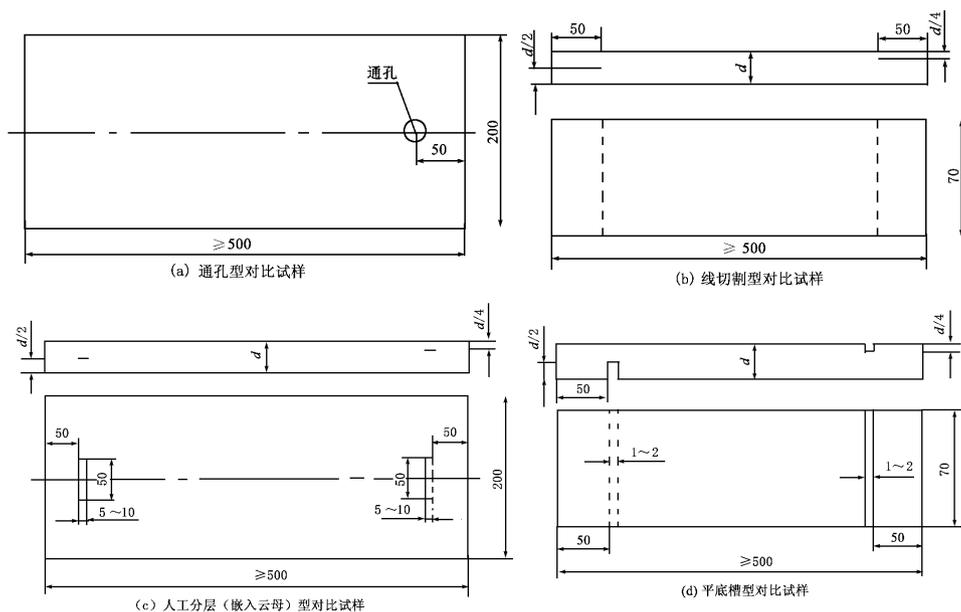


图 1 板波探伤试样示意图

注 1: 以上所有对比试样中各钻孔或刻槽的加工尺寸公差均不应大于 10%。

注 2: 对比度样加工要求: 均不应存在毛边, 刻槽底部不应有明显倒角;

注 3: 图中尺寸单位均为 mm;

注 4: 人工伤距板边尺寸根据需要可以调整。

6.5 对比试样型式由供需双方协商确定。

表1 通孔型对比试样通孔直径

单位为毫米

板厚 d	0.5~1.0	>1.0~2.0	>2.0~4.0	>4.0~8.0	>8.0~10	>10
通孔直径	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0

7 板波模式选择

7.1 探伤时板波模式的选择方法是根据板波的频率方程或由其绘出的频散曲线,在已给定的板厚及选定的工作频率下,找出所需模式的相速度。对有机玻璃楔块式压电探头而言,Lamb波可根据下式计算入射角 α 。

$$\alpha = \arcsin \frac{C_L}{C_p}$$

式中: C_p ——所激发 Lamb 波模式的相速度;

C_L ——有机玻璃的纵波速度。

几种常用的板波频散曲线,参见附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 L、附录 K、附录 L、附录 M。

7.2 无论采用哪种方法选择板波模式,都要保证供需双方探伤灵敏度的一致性,并保证各种缺陷不漏检,必要时可采用两种或更多的板波模式进行探伤。

7.3 为减少由频散引起的信号显示上的混杂现象,在选择板波模式和频率时,应使群速度对频率一厚度乘积的变化率尽可能小。供需双方所选用的板波模式一定要一致。

8 探伤方法及缺陷评定

8.1 探伤方法

8.1.1 按供需双方合同(协议)所商定的人工伤调节探伤的起始灵敏度,使所有人工伤回波高度调至不低于仪器荧光屏满刻度的 80%,并使仪器还有足够的灵敏度余量。扫查时灵敏度至少应提高 6 dB。为提高探伤效率,应使探头至人工伤的距离尽量大。

8.1.2 探测方向应与板材压延方向垂直。必要时,应沿压延方向再探一次。

8.1.3 在使用压电探头时应确保声耦合稳定。

8.1.4 在探伤过程中要保证板边盲区不大于 50 mm。

8.2 缺陷评定

8.2.1 当探伤仪荧光屏上的始波和板边反射波间出现回波信号或板边反射波的位置异常时,在排除干扰及扫查距离发生变化等因素后,应视为缺陷信号,并应从其他方向对缺陷的大小和回波高度做进一步评定。对于条状缺陷可用 6 dB 衰减法确定其指示长度。

8.2.2 可用液滴法或试块比较法确定缺陷的位置。

8.2.3 可利用超声测厚或其他适当方法核定所探出缺陷的位置和尺寸。

9 探伤记录及报告

9.1 探伤记录至少应包括下列主要内容:

- 试验项目、板材编号、板材规格、探伤标准编号;
- 探伤方法(或工艺规程)、探伤仪器、工作频率、探头频率、探头尺寸、探头入射角,板波模式;
- 对比试样厚度、对比试样上用于校准灵敏度的人工伤尺寸、探测距离;
- 探伤起始灵敏度、缺陷的指示位置与指示长度及回波高度等探测结果;
- 探伤日期、探伤检测人员签字等。

9.2 探伤报告应包括探伤记录中的适当内容及签发报告人签字。

附录 A

(资料性附录)

自由边界条件下的板波频率方程

对称型(s型)的频率方程:

$$\frac{\operatorname{tg}(d\beta/2)}{\operatorname{tg}(d\alpha/2)} = -\frac{4\alpha\beta\xi^2}{(\xi^2 - \beta^2)^2}$$

非对称型(a型)的频率方程:

$$\frac{\operatorname{tg}(d\beta/2)}{\operatorname{tg}(d\alpha/2)} = -\frac{(\xi^2 - \beta^2)^2}{4\alpha\beta\xi^2}$$

式中: $\alpha^2 = \omega^2/C_L^2 - \xi^2$; $\beta^2 = \omega^2/C_s^2 - \xi^2$; $\xi = \omega/C_p$; $\omega = 2\pi f$ C_L —— 材料中的纵波速度,单位为秒每米(m/s); C_s —— 材料中的横波速度,单位为秒每米(m/s); C_p —— Lamb波相速度,单位为秒每米(m/s); d —— 板材厚度,单位为米(m); f —— Lamb波激励频率,单位为赫兹(Hz)。

附录 B

(资料性附录)

406 高强度钢板板波频散曲线

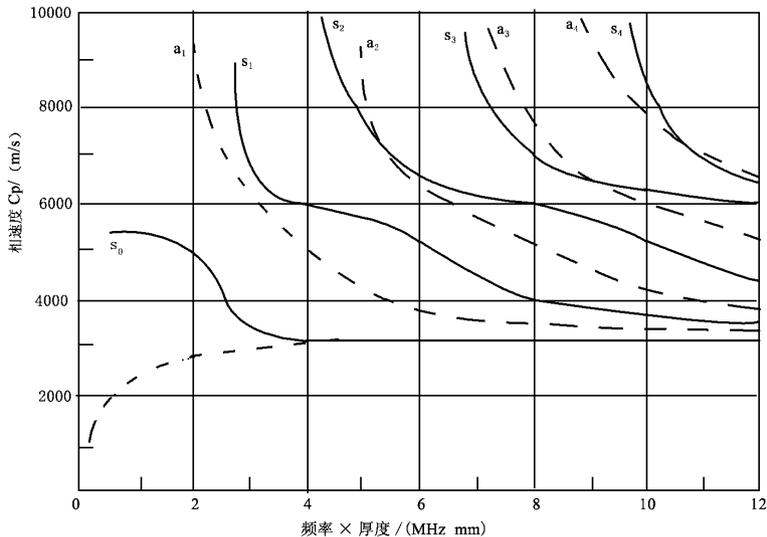
406 钢中:纵波速度 $C_L = 5\,920\text{m/s}$ 横波速度 $C_s = 3\,200\text{m/s}$ 

图 B1 406 钢板 Lamb 波相速度曲线

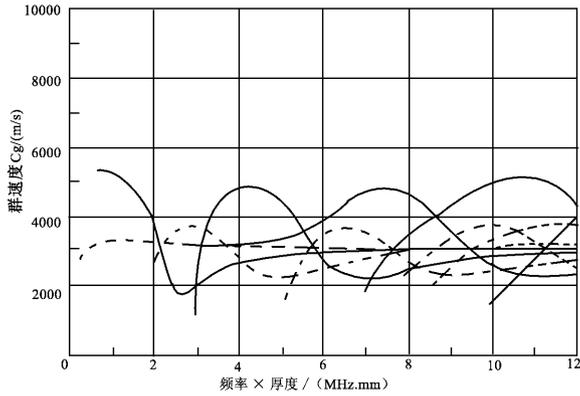


图 B2 406 钢板 Lamb 波群速度曲线

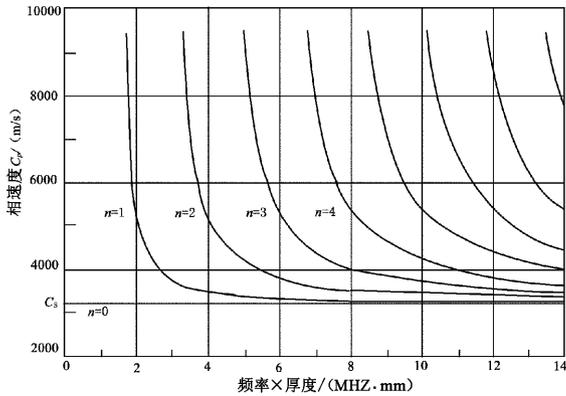


图 B3 406 钢 SH 波相速度曲线

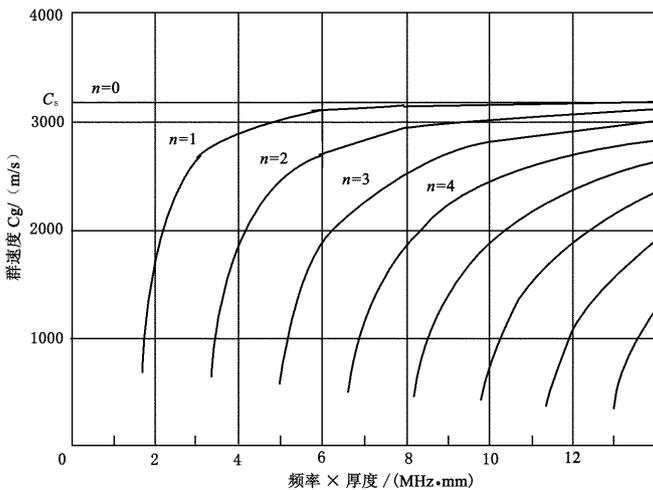


图 B4 406 钢板 SH 波群速度曲线

对称型式 $n=0, 2, 4, 6, \dots$

非对称型式 $n=1, 3, 5, 7, \dots$

附录 C

(资料性附录)

低碳钢板板波频散曲线

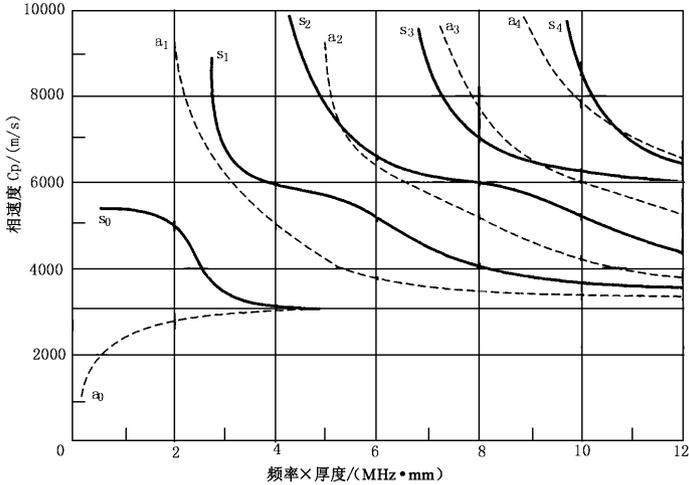
低碳钢中:纵波速度 $C_L = 5954 \text{ m/s}$ 横波速度 $C_s = 3229 \text{ m/s}$ 

图 C1 低碳钢板 Lamb 波相速度曲线

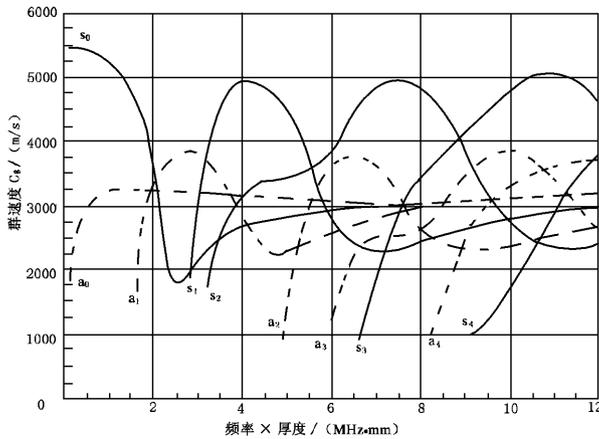


图 C2 低碳钢板 Lamb 波群速度曲线

附录 D

(资料性附录)

1Cr13 材料板波频散曲线

1Cr13 材料中:纵波速度 $C_L = 6220 \text{ m/s}$ 横波速度 $C_s = 3220 \text{ m/s}$

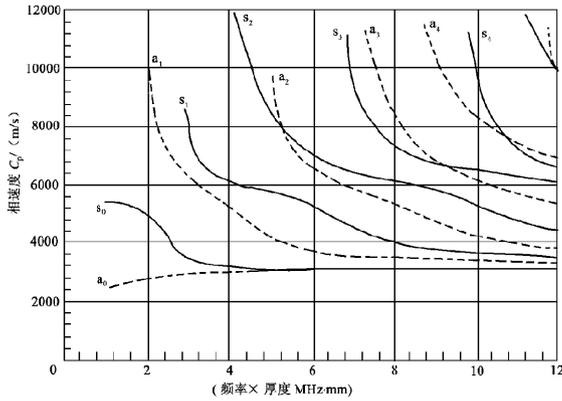


图 D1 1Cr13 材料 Lamb 波相速度曲线

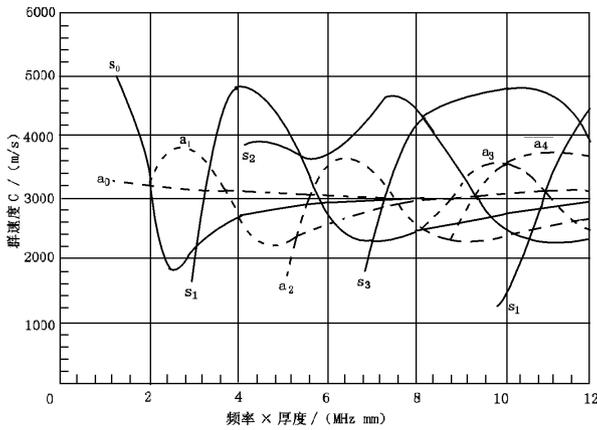


图 D2 1Cr13 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 E

(资料性附录)

1Cr18Ni9Ti 材料板波频散曲线

1Cr18Ni9Ti 材料中:纵波速度 $C_L = 5895 \text{ m/s}$

横波速度 $C_s = 3098 \text{ m/s}$

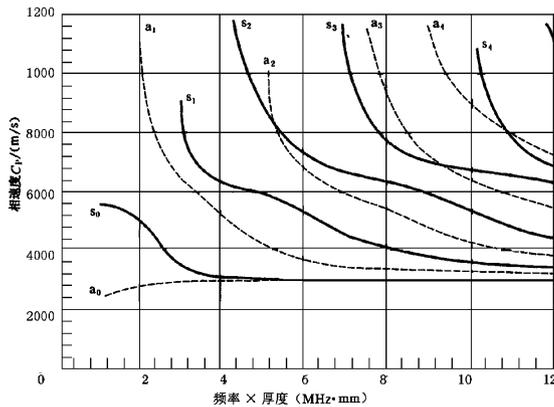


图 E1 1Cr18Ni9Ti 材料 Lamb 波相速度曲线

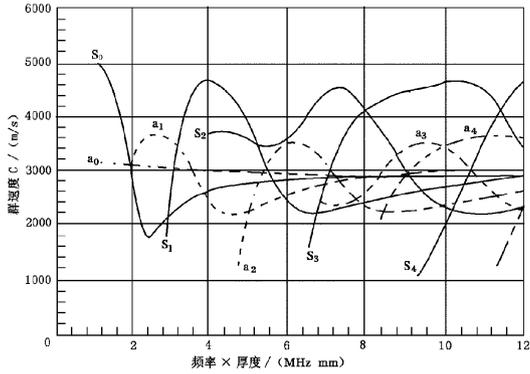


图 E2 1Cr18Ni9Ti 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 F

(资料性附录)

Cr17Ni2 材料板波频散曲线

Cr17Ni2 材料中:纵波速度 $C_L = 6\ 160\ \text{m/s}$

横波速度 $C_s = 3\ 230\ \text{m/s}$

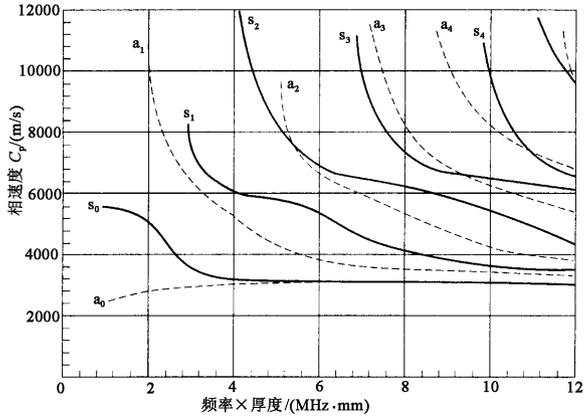


图 F1 Cr17Ni2 材料 Lamb 波相速度曲线

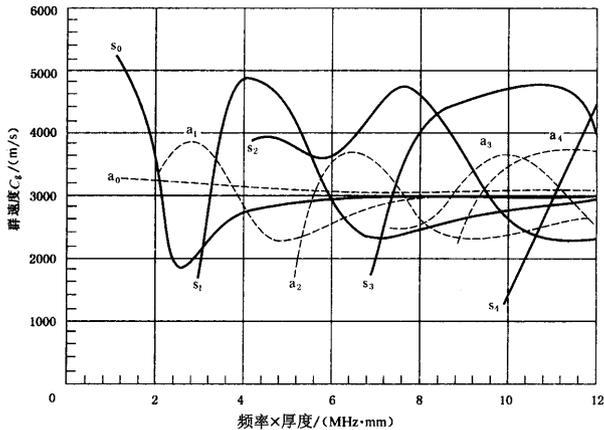


图 F2 Cr17Ni2 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 G

(资料性附录)

GH169 材料板波频散曲线

GH169 材料中:纵波速度 $C_L=5\ 850\text{ m/s}$

横波速度 $C_s=3\ 052\text{ m/s}$

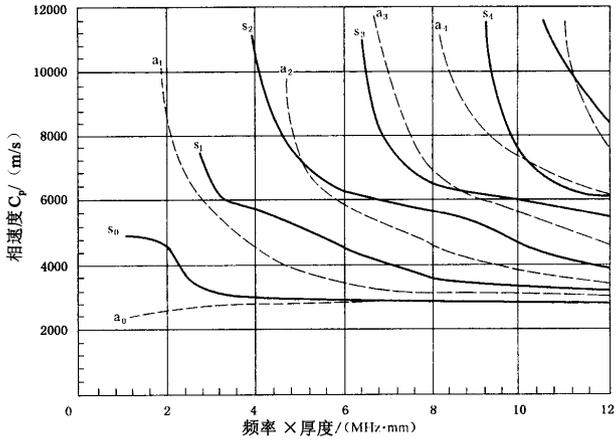


图 G1 GH169 材料 Lamb 波相速度曲线

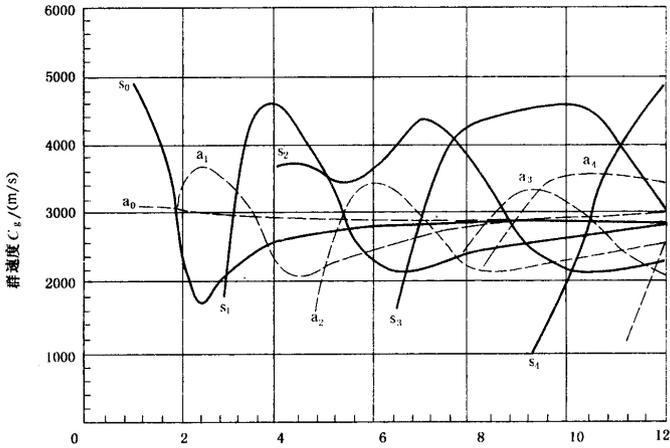


图 G2 GH169 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 H

(资料性附录)

TA2 材料板波频散曲线

TA2 材 4 料中:纵波速度 $C_L=6\ 240\text{ m/s}$

横波速度 $C_s=3\ 150\text{ m/s}$

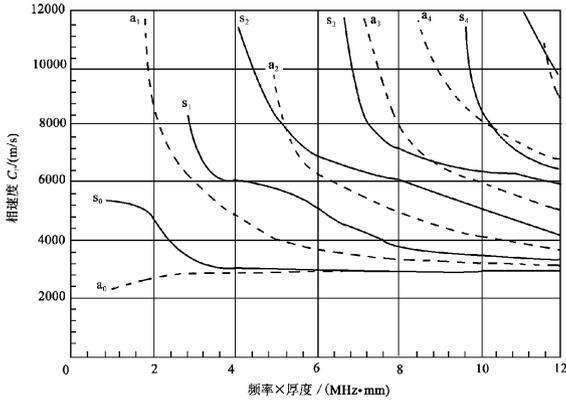


图 H1 TA2 材料 Lamb 波相速度曲线

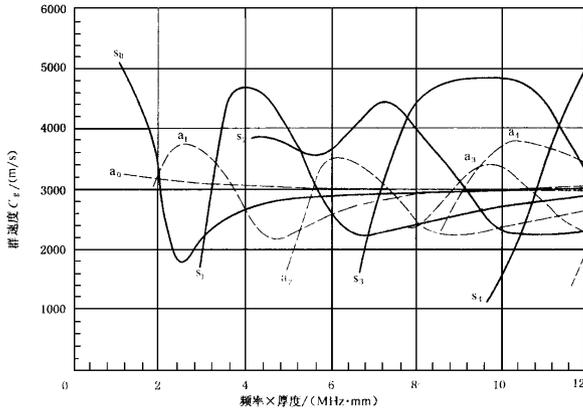


图 H2 TA2 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 I

(资料性附录)

TA7 材料板波频散曲线

TA7 材料中:纵波速度 $C_L = 6\ 640\ \text{m/s}$

横波速度 $C_S = 3\ 370\ \text{m/s}$

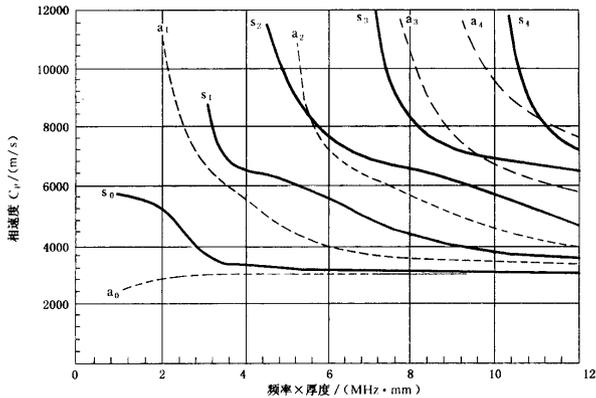


图 I1 TA7 材料 Lamb 波相速度曲线

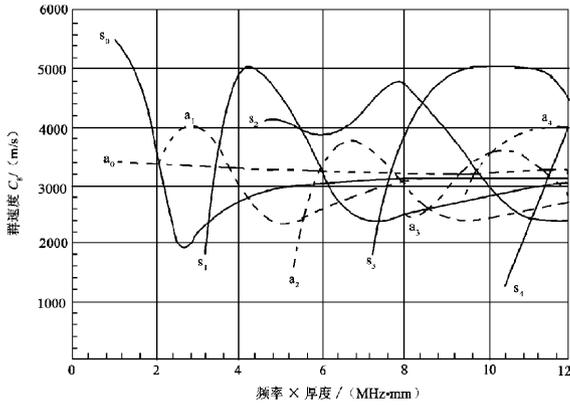


图 I 2 TA7 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 J

(资料性附录)

TC2 材料板波频散曲线

TC2 材料中:纵波速度 $C_L = 6\ 510\ \text{m/s}$ 横波速度 $C_S = 3\ 280\ \text{m/s}$

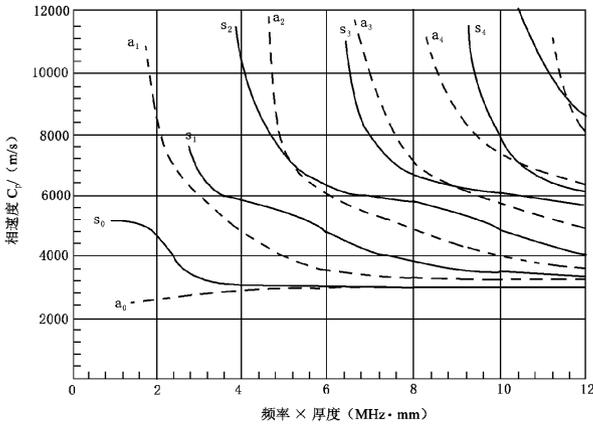


图 J 1 TC2 材料 Lamb 波相速度曲线

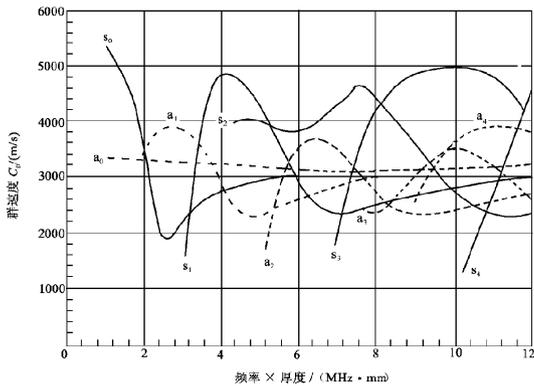


图 J 2 TC2 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 K

(资料性附录)

TC4 材料板波频散曲线

TC4 材料中:纵波速度 $C_L = 6\ 520\text{m/s}$ 横波速度 $C_S = 3\ 150\text{m/s}$

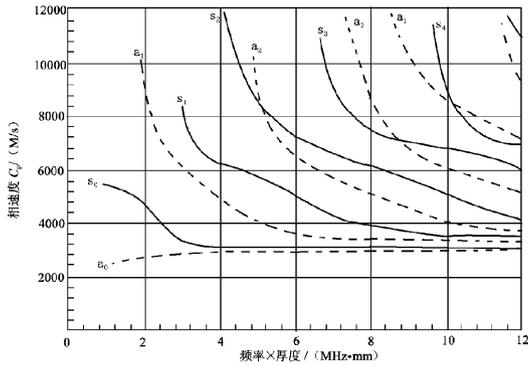


图 K1 TC4 材料 Lamb 波相速度曲线

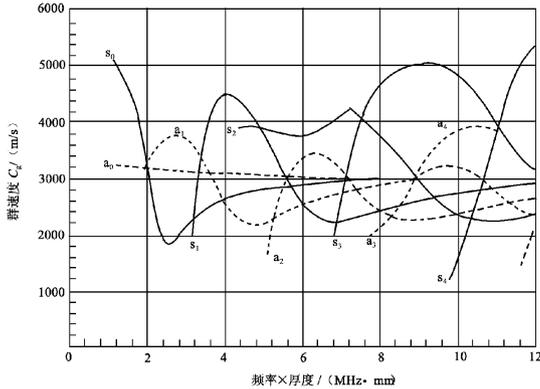


图 K2 TC4 材料 Lamb 波群速度曲线

附录 L

(资料性附录)

5A06 材料板波频散曲线

5A06 材料中:纵波速度 $C_L = 6\ 610\text{m/s}$ 横波速度 $C_S = 3\ 160\text{m/s}$

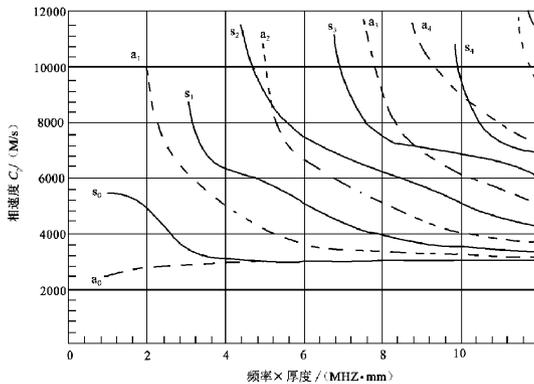


图 L1 5A06 材料 Lamb 波相速度曲线

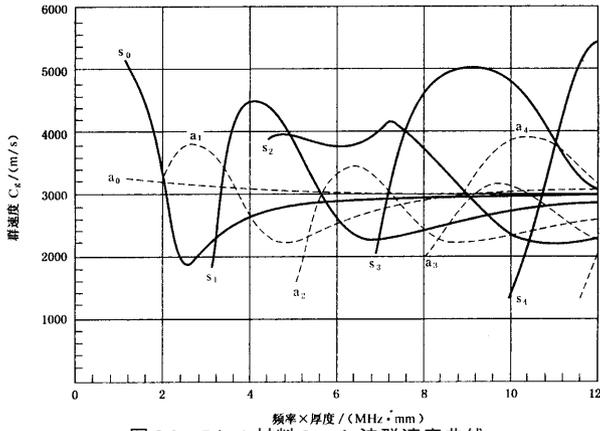


图 L2 5A06 材料 L_{amb} 波群速度曲线

附录 M

(资料性附录)

2A12 材料板波频散出曲线

2A12 材料中:纵波速度 $C_L = 6\,440$ m/s

横波速度 $C_s = 3\,150$ m/s

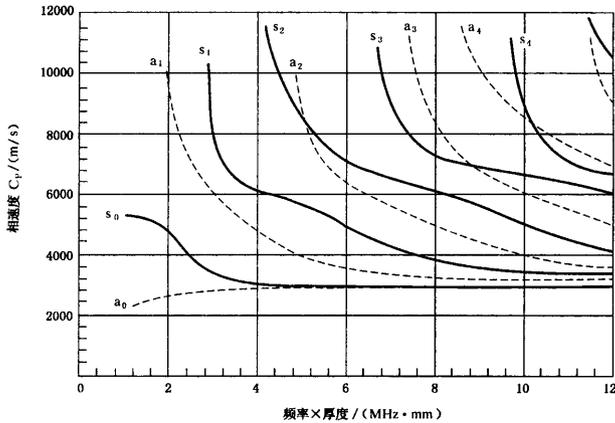


图 M1 2A12 材料 Lamb 波相速度曲线

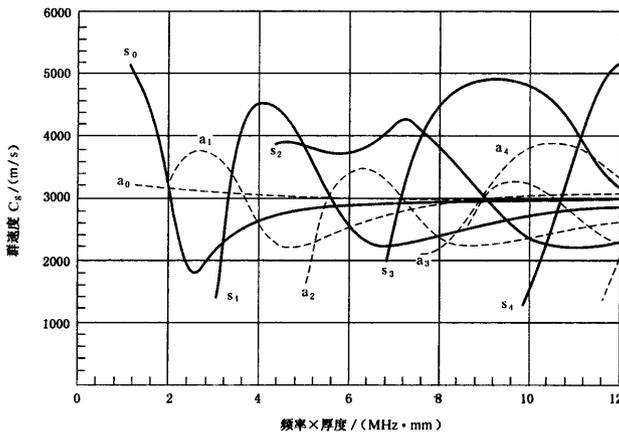


图 M2 2A12 材料 Lamb 波群速度曲线