

铁素体、马氏体钢锻件超声检测

1、适用范围

适用于铁素体、马氏体钢锻件脉冲反射式手动超声检测。机械扫查方式，比如液浸法须在买卖双方同意的条件下方可适用（见第四条）。

适用根据锻件形状和制造方法分为四类，其中 1，2，3 类形状比较简单，4 类较复杂。

不适用： 闭合锻件，涡轮转轴和发电机锻件。

奥氏体不锈钢锻件的检测在本标准的第四部分。

2、 参考（略）

3、 定义（略）

4、 协商事项

以下事项由合同双方在签订合同时协商达成一致。

- a) 超声探伤时机（见第 9 条）
- b) 扫查比率以及扫查方式是栅格扫查还是 100%全覆盖扫查(见第 12 条)。
- c) 近表面双晶探头的选用（见第 7.2.6 条）
- d) 质量定级以及区域（见第 14 条）
- e) 缺陷记录、合格级别与表 5，6，7 不同
- f) 除第 7，12 条提到以外，任何特殊扫查覆盖率，仪器或者耦合剂使用时
- g) 扫查方式不是手动的（见第 1 条）
- h) 采用浸涂技术（见第 15 条）

- i) 灵敏度确定技术（见第 11 条）
- j) 检测是否要在买方或其代表在场时进行
- k) 是否应递交工艺卡予以买方承认(见第 5 条)。

5.工艺卡

5.1 概要

超声检测应遵照工艺卡执行。在合同双方技术协议有规定的情况之下，工艺卡应在检测前递交给买方予以承认。

5.2 形式

工艺卡须具有以下形式：

- a) 产品规格
- b) 详细的实施工艺流程，或者
- c) EN10228 此部分

5.3 内容

工艺卡至少具有以下内容：

- a) 需要检测的锻件的规格描述
- b) 相关文件
- c) 检测人员的资格证明
- d) 检测时机
- e) 检测区域质量级别
- f) 表面扫查准备
- g) 耦合剂
- h) 检测仪器描述

- i) 校准和设置
- j) 扫查方式
- k) 检测顺序以及描述
- l) 记录/评级
- m) 缺陷描述
- n) 合格级别
- o) 检测报告

6.人员资格

检测人员须具有 EN473 资格证明

7.仪器和附件

7.1 探伤仪

符合 prEN12668-1 规定的 A 型扫描仪

7.2 探头

7.2.1 一般规定

普通直探头和横波探头应符合 PrEN12668-2 规定。要求得到更加详细的检测信息时也可用辅助探头，但辅助用的探头不能用于缺陷的初检。辅助探头须符合 prEN12668-2 规定。

7.2.2 造型

造型应符合 EB583-2 要求

7.2.3 公称频率

公称频率在 1MHZ~6MHZ

7.2.4 直探头

有效晶片直径 10~40mm

7.2.5 横波探头

横波声束角度 $35^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，晶片面积 $20\text{mm}^2 \sim 625\text{mm}^2$

7.2.6 双晶探头

检测近表面缺陷时应使用双晶探头（见第四条）

7.3 标准试块

应符合 prEN12223 规定

7.4 对比试块

要求用距离-波幅曲线（DAC）定灵敏度和当量法定缺陷当量尺寸时，应制作对比试块。对比试块表面状态应和检测部位表面一致。否则，对比试块应在检测深度内有至少三个反射体。

对比试块的形式取决于实际探伤，应符合以下条件：

- a) 超过待检部位长度，或者
- b) 和待检部位具有相同的材质以及热处理状态，或者
- c) 和待检部位具有相似声特性

除了用于验证 DGS 图的精确性之外，对比试块不能用于距离-增益-大小（DGS）技术。

注：对比试块反射体的尺寸由表 5，6 中的适当的尺寸决定，表 5，6 中反射体的不同尺寸可用于检测灵敏度的相应调整。

7.5 耦合剂

应便于操作，在校准，灵敏度设置，扫查，缺陷定量时应使用同一种耦合剂。

耦合剂存在影响加工、检查或者部件完整时，应在检测完之后予以清除。

注：合适的耦合剂如：水（含或不含腐蚀性抑制剂或软化剂），油脂，甘油和化学浆糊。

8. 校验

探伤系统（探伤仪和探头）的校验应符合 prEN12668-3 的规定。

9. 检测时机

除有合同双方技术协议有规定之外，比如在最近一次加工前可能存在热处理后锻件不能检测部位的情况下，超声检测应在最终热处理后进行。

注：对于需钻孔的圆柱和矩形锻件，推荐在钻孔前进行超声检测。

10. 表面状态

10.1 概述

扫查表面应无漆层，附着层以及影响耦合效果的干耦合剂，表面不规则或其他物质，这些会阻碍探头的自由移动或者造成误判。

10.2 表面准备等级

表面准备	质量等级和表面粗糙度 Ra			
	1	2	3	4
	≤25 μ m	≤12.5 μ m	≤12.5 μ m	≤6.3 μ m
机加工	×	×	×	×
机加工和热处理	×	×	×	—
注：×表示质量等级可以在指定的表面准备下实现				

10.3 毛坯表面状态

锻件以毛坯形式供货时，表面状态应达到指定的质量等级。

注：铸件表面难以进行全面的检测。可进行喷丸，喷砂或者表面打磨处理，确保超声耦合。一般情况下，质量级别为 1 级。

11 灵敏度

11.1 概述

灵敏度应足够保证检测出记录和评级指定的最小缺陷（见表 5, 6, 7）。

应采用 11.2 和 11.3（DAC 或 DGS）中的一种方法来确定探头扫查灵敏度（见第 4 条）。每种方式应符合 prEN583-2 规定。

11.2 普通直探头

a) 平底孔距离波幅曲线（DAC）

b) DGS 技术

11.3 横波探头

a) $\Phi 3\text{mm}$ 横孔距离波幅曲线（DAC）

b) DGS 技术

横波探头 DAC 和 DGS 技术不应相互比较。

11.4 重复检查

重复检查时应采用与最初一致的确定灵敏度的方式（DAC 或 DGS）

12 扫查

12.1 概述

应采用手动接触式脉冲反射式扫查方式。

最小扫查覆盖率由锻件的种类决定，并取决于在双方在合同中是否指

定是栅格扫查还是 100%全覆盖扫查（见第 4 条）

表 2 按形状和制作方法分 四种典型锻件类别

表 3 第 1, 2, 3 类锻件正常扫查覆盖要求详细说明

表 4 3a,3b 类锻件（内外径之比小于 1.6: 1）横波探头扫查覆盖率
详细说明。横波扫查周向有效深度由探头角度和锻件直径的限制（见
附录 A）

12.2 复杂锻件

对于形状复杂或有部分形状复杂的锻件（第 4 类锻件）和小直径锻件，
扫查覆盖率由合同双方在订立合同时达成一致（见第 4 条）。

应至少包括所需探头角度，扫查方向，扫查覆盖区域（栅格或 100%）。

12.3 栅格扫查

应用单个或是多个探头按表 3, 4 确定的方式沿格子线扫查。发现可
记录缺陷，应在发现缺陷处另外作扫查以确定缺陷的边界。

12.4 100%扫查

应按表 3, 4 中详细说明在表面做 100%扫查，探头的每次扫查覆盖率
应大于探头直径的 10%。

12.5 扫查速度

探头扫查速度不应超过 150mm/s。

表 2 按形状和制作方法分 四种典型锻件类别

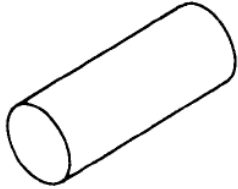
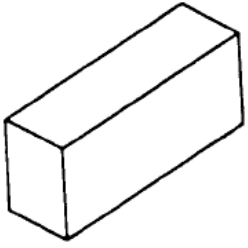
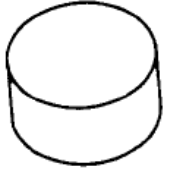
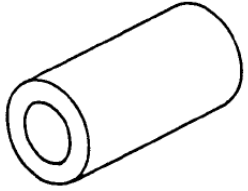
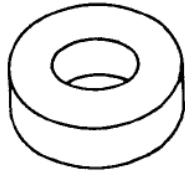
类别	形状	一般制作方法 ¹⁾
1a ²⁾	圆或近圆截面拉升而成 如：棒，杆，圆柱体，轴，轴颈，棒切圆盘 	直接锻造
1b ²⁾	矩形或近矩形截面拉升而成 如棒，杆，块，轴，轴颈，棒切部分 	直接锻造
2	墩粗，如：圆盘，盘，调速轮 	墩粗
3a ³⁾⁴⁾	空心圆柱体，如：瓶，压缩气瓶 	心轴锻造
3b	空心圆柱体，如：环，法兰，缘 	延伸
3c		
4	复杂形状锻件	各种方式
注：1) 买方应告知产品锻造方法在定订合同时 2) 相对于主要尺寸钻孔的锻件能归入 1 类锻件 3) 2 类锻件可最终用来钻孔（如：紧密圆盘） 4) 2 类锻件包括从坯段和棒子机械加工来的产品。		

表 3 直探头扫查覆盖率

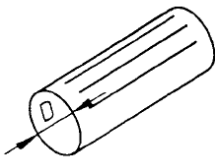
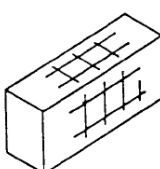
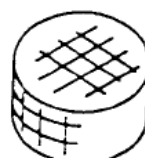
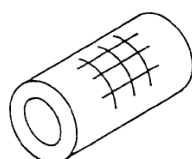
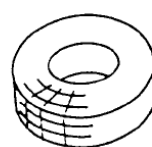
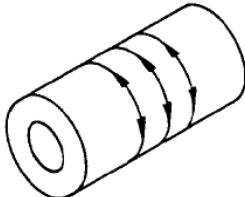
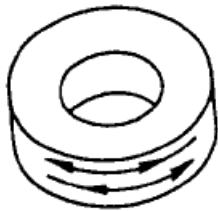
类别	栅格扫查 ¹⁾			100%扫查 ^{1) 2)}
1	1a	直径 D, mm	扫查线	在圆柱面圆周至少 180° 做 100%扫查
		D≤200 200<D≤500 500<D≤1000 1000<D	90° 内 2 条 60° 内 3 条 45° 内 4 条 30° 内 6 条	
	1b	在两垂直面 沿方形栅格线扫查 ³⁾⁴⁾		在两垂直面做 100%扫查
				
2	2	沿方形栅格线 在圆柱面圆周 360° 和一个侧面 扫查 ⁴⁾		在圆柱面圆周至少 180° 做 100%扫查 在一个侧面做 100%扫查
				
3	3a	沿方形栅格线 在圆柱外表面 圆周 360° 扫查 ⁴⁾		在圆柱外表面 圆周 360° 做 100%扫查
				
	3b 和 3c	沿方形栅格线 在圆柱面圆周 360° 和一个侧面 扫查		在圆柱外表面圆周 360° 做 100%扫查 在一个侧面做 100%扫查
				
4	扫查覆盖率应在合同中规定			
注：1) 在双方合同中有额外扫查（如在 3a 类两个轴向上）规定，可做。				
2) 100%扫查时探头连续移动中至少有 10%的交迭				
3) 1a 1b 类，当有钻孔存在阻碍超声达到另外一面时，扫查线数目应对称的加倍。				
4) 栅格线间距应等于检测部位厚度，最大为 200mm。				

表 4 横波探头扫查覆盖率

类别	栅格扫查 ¹⁾		100%扫查 ^{1) 2)}
3	3a 	沿圆周 360° 双向扫查 栅格线间距等于 径向厚度, 最大为 200mm	在圆柱外表面 100%作双向扫查
	3b 		
4	扫查覆盖率应在合同中规定		
注: 1) 在双方合同中有额外扫查规定, 可做。 2) 100%扫查时探头连续移动中至少有 10%的交迭			

13 质量分级等级评定

13.1 缺陷定级

缺陷应根据反射动态图案判定级别。

a)图 1

探头移动, A 型扫描显示有个尖锐平滑上升到最高的振幅显示, 然后平滑地下降至零 (见图 1)。缺陷尺寸小于或等于-6dB 波束截面, 比如从用来图示声束截面的横孔得到的反射波形。

b)图 2

探头移动, A 型扫描显示有个尖锐平滑上升到最高的振幅显示 (有无振幅变化), 然后平滑地下降至零 (见图 2)。缺陷尺寸大于-6dB 波束截面

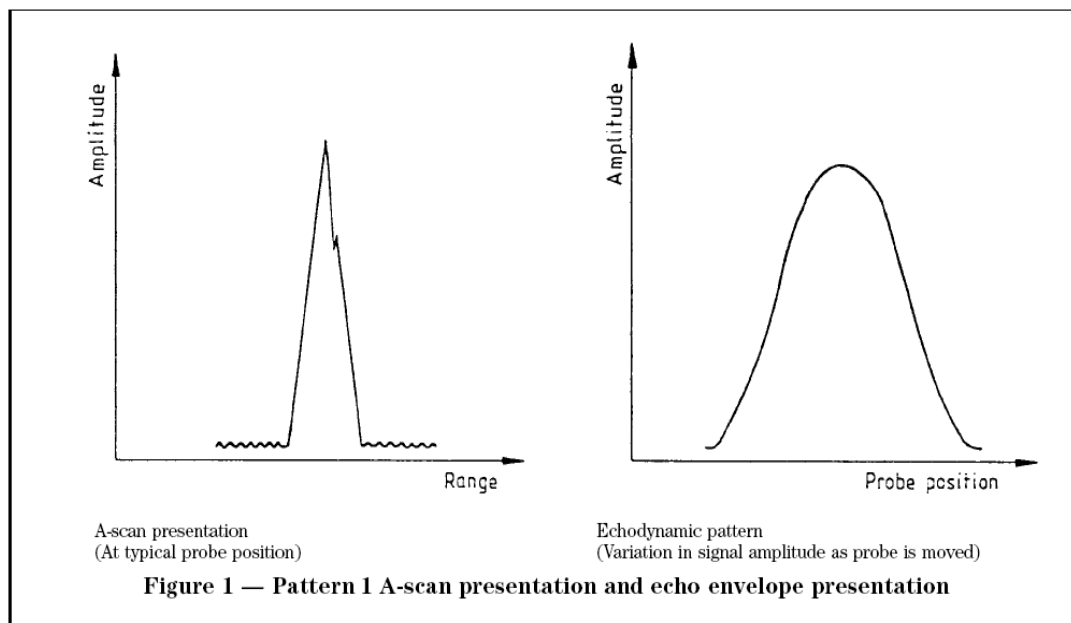


图 1 A 型显示和反射包络图显示

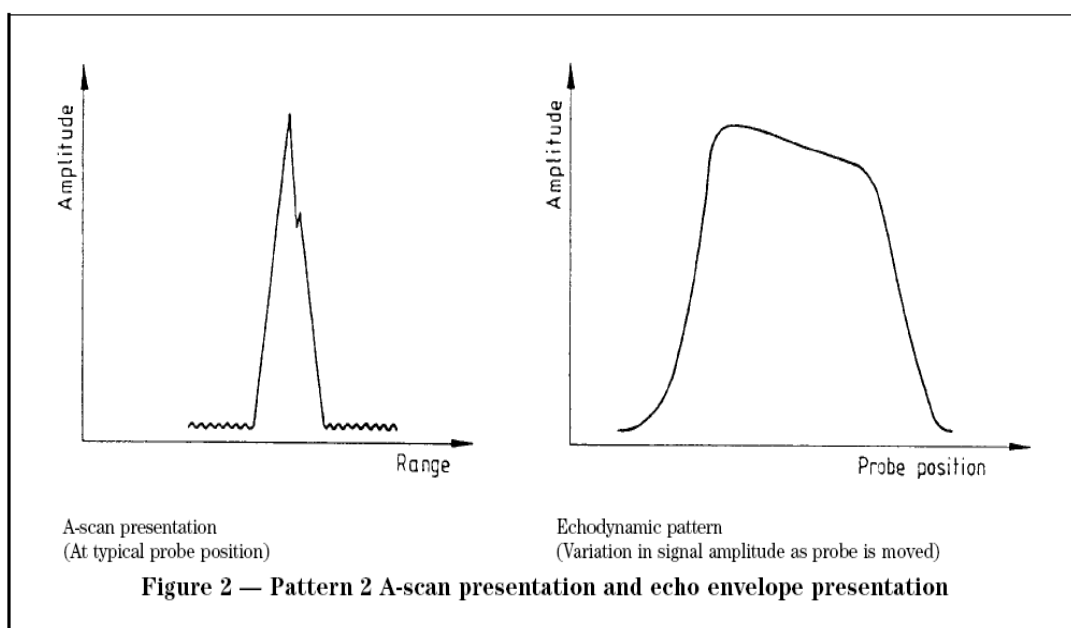


图 2 A 型显示和反射包络图显示

13.2 缺陷定级

缺陷应根据如下反射动态图案判定级别。

- a) 点状缺陷 动态反射波型图 1 或者小于等于-6dB 声束宽度 (图 3)。
- b) 延伸缺陷 动态反射波型图 2 或者大于-6dB 声束宽度 (图 4)。
- c) 单个缺陷 相邻缺陷几何中心点与点之间距离 d 大于 40mm(图 5)
- d) 密集缺陷 相邻缺陷几何中心点与点之间距离 d 小于或等于 40mm(图 5)

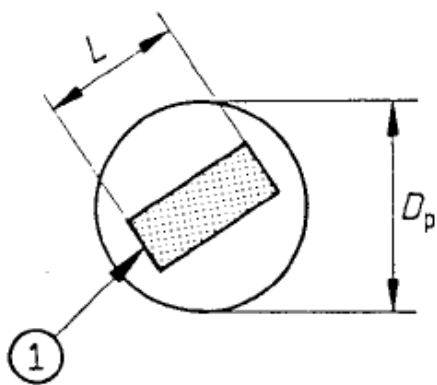


图 3 点状缺陷 ($L \leq D_p$)

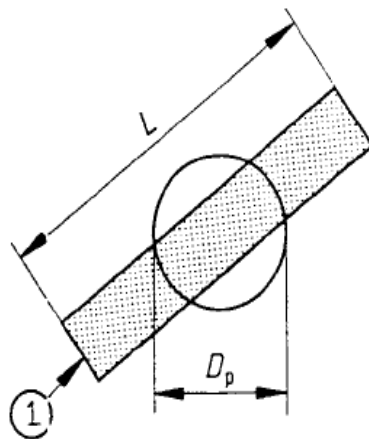


图 4 延伸缺陷 ($L > D_p$)

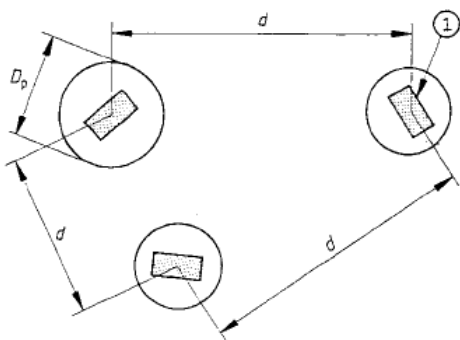


图 5 单个缺陷 ($L \leq D_p, d > 40$)

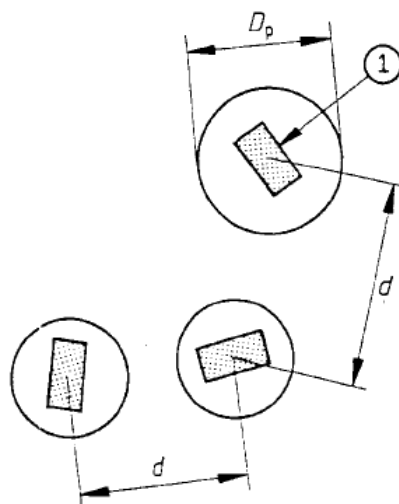


图 5 密集缺陷 ($L \leq D_p, d \leq 40$)

图中：1 表示通常情况下-6dB 缺陷的外围

D_p 表示缺陷处声束宽度

d 表示 2 个缺陷之间的距离

L 表示通常情况下-6dB 缺陷的长度

14 缺陷记录和合格级别

质量等级由合同双方协定，4 个质量等级见表 5，6，7。

注：多种质量等级能用作锻件分级，等级 4 是最为严格，在双方商定的前提下，也可采用和表 5，6，7 不同的质量分级方式。

表 5 直探头缺陷记录和质量分级

参数	质量级别			
	1	2	3	4
缺陷记录				
平底孔当量直径 (EFBH) $d_{eq}, mm^{1)}$	>8	>5	>3	>2
由缺陷引起底波降低比率 $R^{2) 3)}$	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.6
合格级别				
单个点状缺陷 $d_{eq}, mm^{1)}$	≤ 12	≤ 8	≤ 5	≤ 3
延伸缺陷和密集点状缺陷 $d_{eq}, mm^{1)}$	≤ 8	≤ 5	≤ 3	≤ 2
注： 1) d_{eq} 平底孔当量直径 2) $R = F_n / F_{o,n}$, $t \geq 60mm$ 时, $n=1$ $t < 60mm$ 时, $n=2$ F_n 是第 n 个由缺陷引起底波降低后波幅 $F_{o,n}$ 是第 n 个和 F_n 有效截面相同，缺陷附近的底波反射波幅 3) 如果底波降低量超过记录级别，应作进一步检测。 R 仅仅适用于由缺陷引起底波降低的情况				

表 6 应用平底孔 DGS 技术斜探头缺陷记录和质量分级

质量级别	1	2	3	4
缺陷记录 $d_{eq}, mm^{2)}$	—	>5	>3	>2
单个点状缺陷 $d_{eq}, mm^{2)}$ 合格级别	—	≤ 8	≤ 5	≤ 3
延伸缺陷和密集点状缺陷 $d_{eq}, mm^{2)}$ 合格级别	—	≤ 5	≤ 3	≤ 2
注 1) 斜探头扫查无等级 1 2) d_{eq} 平底孔当量直径				

表 7 应用 DAC 技术的斜探头缺陷记录和质量分级¹⁾

质量等级	公称频率 MHZ ³⁾	缺 陷 记 录 % (DAC)	合格级别	
			单 个 点 状 缺 陷%(DAC)	延伸缺陷和密 集点状缺陷% (DAC) ^{1) 4)}
1	2)			
2	1	50	100	50
	2	100	200	100
3	2	50	100	50
	4	100	200	100
4	2	30	60	30
	4	50	100	50
1) 基于Φ3 横孔 2) 斜探头扫查无等级 1 3) 每种频率和每种探头都能用Φ3 横孔 DAC 技术 4) 以与 DAC 相应的 dB 数表示缺陷波幅见附录 B				

15 尺寸

要求缺陷区域进行定量时，在合同双方同意之下采用以下方法，且应符合 prEN583-5 的规定。

a)6dB 法

b)20dB 法

c)最高波幅法

16 报告

检测结果应以书面报告的形式给出，报告至少包括以下内容：

a) 卖方名字

b) 令号

c) 锻件检测证明

d) 检测范围：检测区域和合格级别

e) 检测时机

f) 表面状态

g) 仪器使用（探伤仪，探头，标准试块，对比试块）

h) 灵敏度确定方法

i) 工艺程序介绍

j) 检测结果

k) 所有超出适当的记录合格级别的缺陷位置，级别，波幅（FBH 当量尺寸或，SDH 的%形式）

l) 对于扫查覆盖率有限制地方，存在近表面区域的叙述。

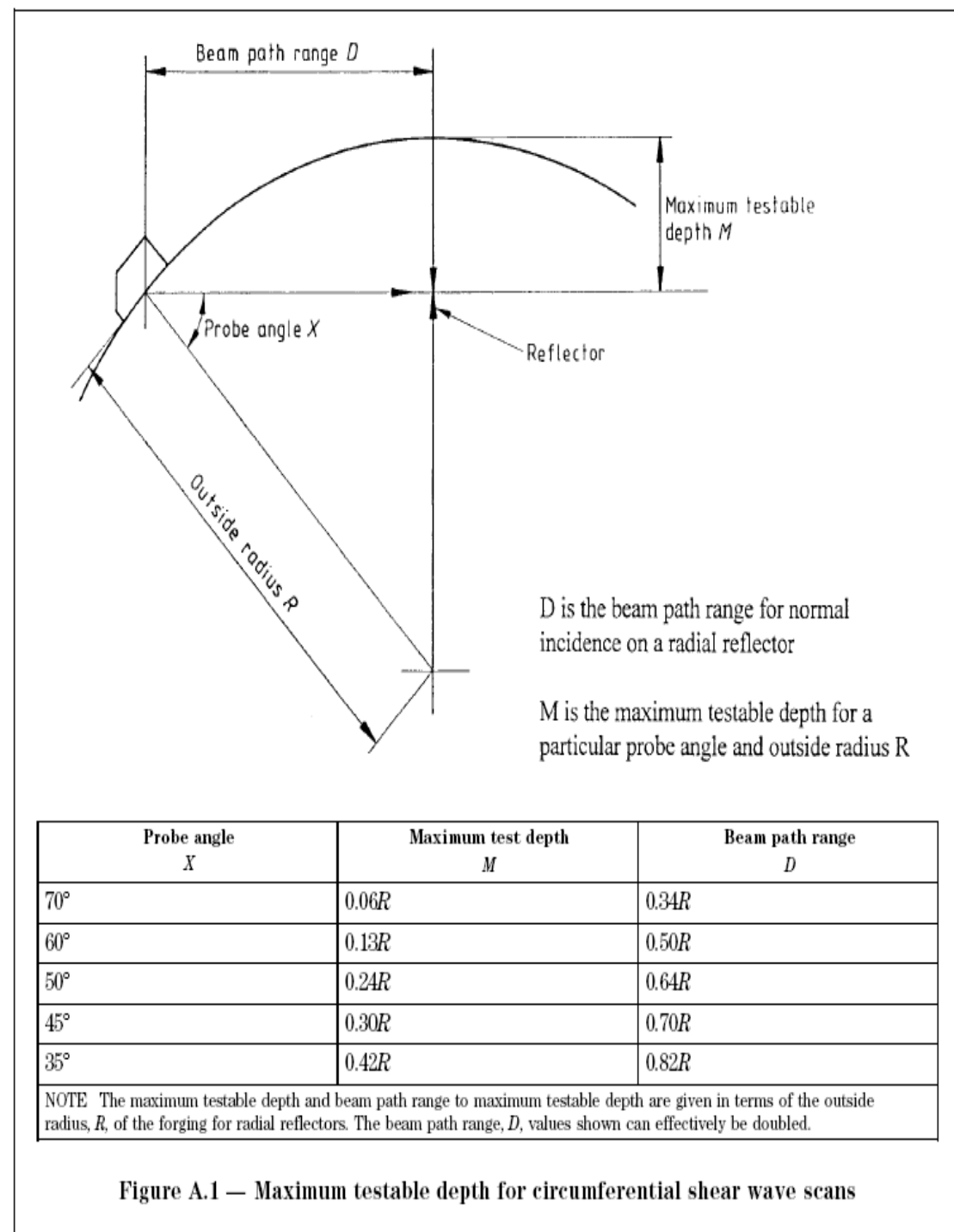
m) 检测日期

n) 作业员姓名，资质，签名。

附录 A

横波探头圆周扫查时最大可检深度

图 A.1 显示横波探头圆周扫查时最大可检深度和声束路径范围



附录 B

图 B.1 与 DAC 相对应的百分比的 dB 数

Table B.1 — dB amplitude relative to % DAC	
DAC %	Amplitude of indication relative to DAC dB
30	−10
50	−6
60	−4
100	0
200	+ 6