



中华人民共和国国家标准

GB/T 11344—2008
代替 GB 11344—1989

无损检测 接触式超声脉冲回波法测厚方法

Non-destructive testing—Practice for measuring thickness by
ultrasonic pulse-echo contact method

2008-07-30 发布

2009-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概述	1
5 意义和用途	2
6 设备	2
7 双探头的非线性基本要求	4
8 仪器的标定和调整	4
9 方法要求	6
10 报告	6
附录 A (规范性附录) 典型的测厚校准用阶梯试块	7

前 言

本标准修改采用 ASTM E0797-05《接触式超声脉冲回波手工测厚方法》(英文版)。

本标准根据 ASTM E0797-05 重新起草。

考虑到我国国情,在采用 ASTM E0797-05 时,本标准做了一些修改。有关技术性差异如下:

- 将规范性引用文件 ASTM E317 改为 JB/T 9214;
- 将规范性引用文件 ASTM E1316 改为 GB/T 12604.1;
- 将规范性引用文件 ASTM E494 改为 JB/T 7522;
- 删除规范性引用文件《无损检测手册》(Nondestructive Testing Handbook, 2nd Edition, Vol 7, ASNT)。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- “本方法”一词改为“本标准”;
- 插入 GB/T 1.1—2000 规定的引导语;
- 为符合 GB/T 1.1—2000 规定,对附录号和部分条号重新做了编号。

本标准代替 GB/T 11344—1989《接触式超声波脉冲回波法测厚》。

本标准与 GB/T 11344—1989 相比主要变化如下:

- 增加了意义和用途(见第 5 章);
- 增加了规范性附录“典型的测厚校准用阶梯试块”(见附录 A)。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)归口。

本标准起草单位:中国航空工业第一集团公司北京航空材料研究院、常州超声电子有限公司。

本标准主要起草人:韩波、史亦韦、潘振新。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 11344—1989。

无损检测

接触式超声脉冲回波法测厚方法

1 范围

本标准规定了在温度不超过 93.3 ℃ 条件下使用接触式脉冲回波法测量材料厚度的方法准则。

本标准适用于超声波能以一恒定速度在内部传播并能得到和分辨背面反射的任何材料的厚度测量。

无论用英制单位还是国际单位制表示的数值均可单独作为标称值。

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,其最新版本适用于本标准。

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2005,ISO 5577:2000,IDT)

JB/T 7522—2004 无损检测 材料超声速度测量方法

JB/T 9214 A 型脉冲反射式超声波探伤系统工作性能 测试方法

3 术语和定义

GB/T 12604.1 确立的术语和定义适用于本标准。

4 方法概述

4.1 采用超声脉冲回波法测量厚度时,厚度值(T)是声速与超声在材料中传播往返时间一半的乘积。

$$T = Vt/2$$

式中:

T ——厚度;

V ——声速;

t ——材料中超声传播往返时间。

4.2 采用超声脉冲回波仪器测量超声脉冲通过被检件的传播时间。

4.3 被检材料声速是材料物理特性的函数。通常假定对给定的材料种类材料声速是一常数,其近似值能从 JB/T 7522—2004 的表 B.1 中查到,也可以根据试验测定。

4.4 不同仪器定时电路采用不同的转换电路。常规方法是所谓时间-模拟转换电路。在该电路中,仪器测量的时间转换成成比例的直流电压,然后将直流电压施加给读出装置。另一种方法采用适当的回波指示调制或选通超高频振荡器,输出或直接用适当的数字显示,或转换成电压用其他方式显示,厚度与传播时间的函数关系如图 1 所示。

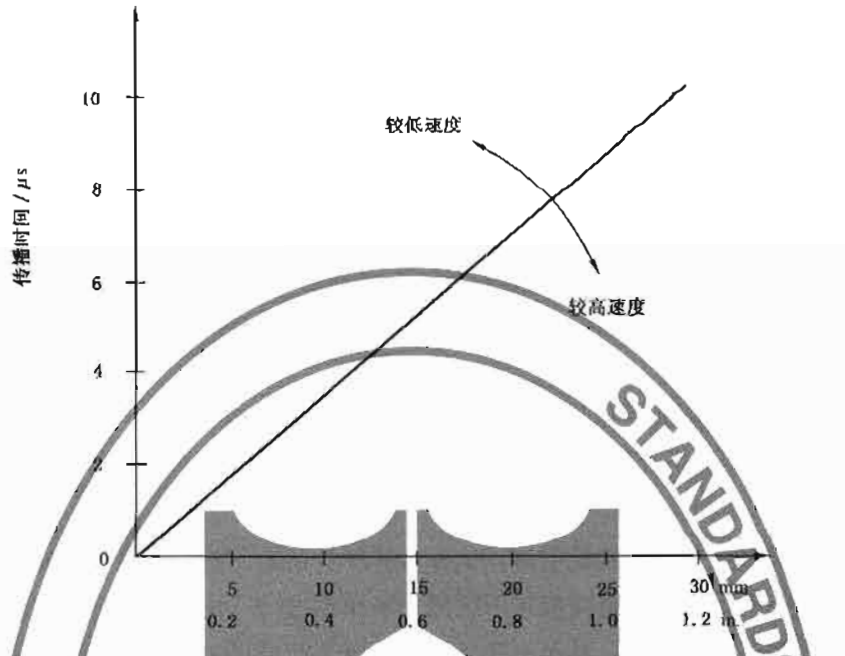


图 1 传播时间-厚度关系(曲线)

5 意义和用途

- 5.1 本标准规定材料厚度的间接测量方法。材料温度不超过 93.3 ℃。测量从被检件一面进行,不需要接触其背面。
- 5.2 超声测厚广泛用于各类材料的基本形状和产品以及精加工部件的厚度测量,也可测量由腐蚀和侵蚀引起的运行中设备壁厚的减薄。

6 设备

6.1 仪器

6.1.1 仪器的显示器(A 扫描显示、表头或数显)必须能方便调节并显示出使用范围内的厚度值。该功能的控制在不同的仪器上可以有不同的名称。例如范围、扫描、材料校准或声速。测厚仪可分为 3 类:

- a) 用 A 扫描显示的检测仪;
- b) 用 A 扫描显示且能直接显示厚度值的检测仪;
- c) 数字直读式超声测厚仪。

6.1.2 用 A 扫描显示的检测仪以 A 扫描显示方式显示时间-幅度信号。通过读出校零初始脉冲和第一次回波(背面反射)之间的距离测量厚度,或根据 A 扫描显示校准时基线上多次背面反射回波之间距离测量厚度,A 扫描显示时基线应能调整到要求的厚度增量。

6.1.3 带数字显示的检测仪是 A 扫描显示的超声脉冲检测仪和数显厚度值的附加电路的组合。材料厚度可用电子方法测量,然后在数字显示装置上输出。A 扫描显示可以检查电子测量的有效性,它可显示出测量情况的变化,例如内部不连续性,回波强度变化,这些可导致不准确的读数。

6.1.4 数字直读式超声测厚仪是脉冲回波仪器的改进型式,初始脉冲和第一次回波之间或多次回波之间的声程时间转换成仪表指示或数字显示。这类仪器用于测量和直接数字显示特定的厚度范围和材料。

6.2 探头

若使用检测仪器,则多数脉冲回波型探头均可适用(接触法直声束、延时块和双晶片)。若厚度显示仪器有能力显示薄部件的厚度,则一般使用高阻尼、高频率探头。高频(10 MHz 或更高)延迟块探头可用于厚度小于大约 0.6 mm(0.025 in)的场合。在高温下测量材料要求专为此设计的探头。当使用双晶探头时,其固有非线性通常要求对薄部件进行特殊修正(见图 2)。仪器和探头、电缆之间必须匹配以获得最佳性能。

6.3 校准试块

要求校准试块有已知的声速或与被检件相同的材料的声速,并且还要求在被测厚度范围内有精确的厚度测量值。一般要求厚度是整数,而不是零散值。其中一个试块的厚度值应接近测量范围最大厚度,而另一个试块的厚度值应接近测量范围最小厚度。

8.1.1.3、8.1.2.2.1、8.1.3.2 和 8.1.4.3 中给出了使用校准试块的一般要求。附录 A(图 A.1、图 A.2 和图 A.3)中给出了用于这些校准程序的阶梯试块。

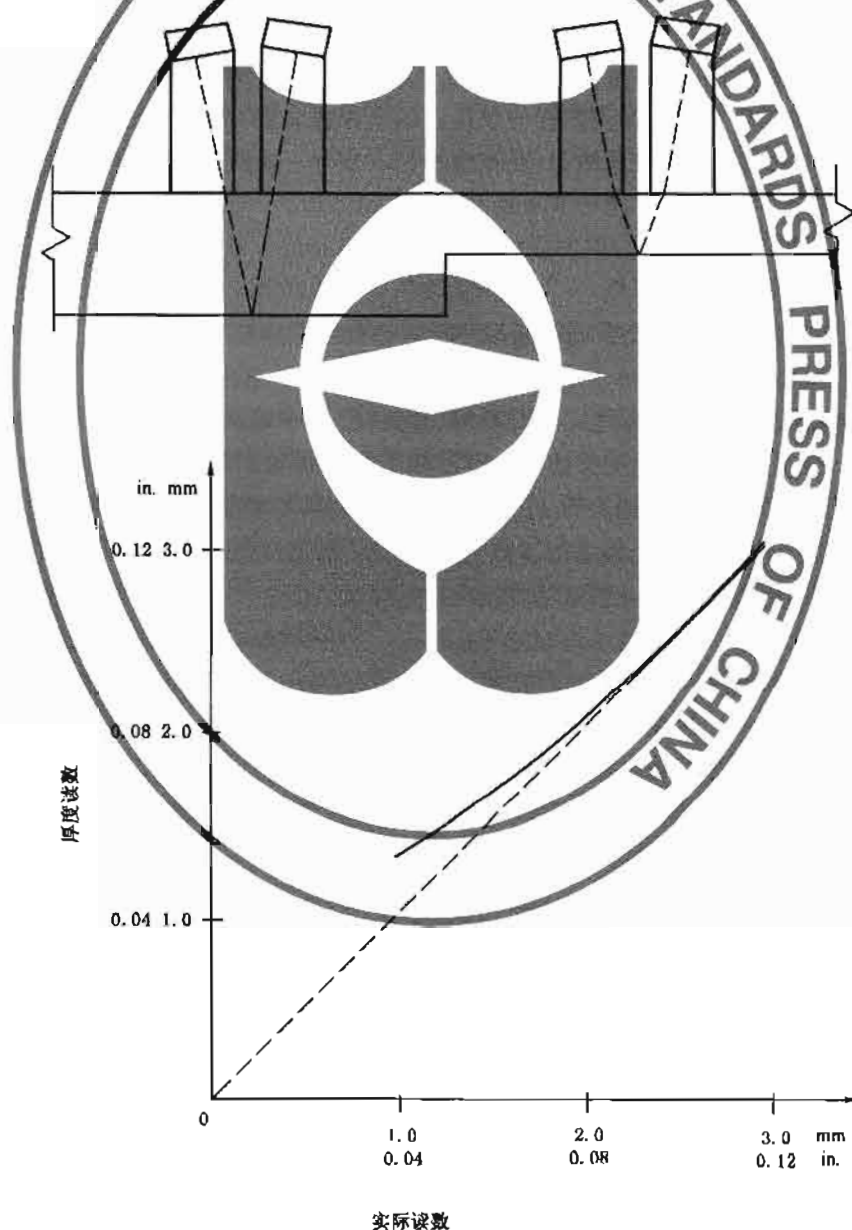


图 2 双探头的非线性

7 双探头的非线性基本要求

7.1 仪器

仪器时基应是线性的,以使材料厚度的变化产生厚度指示的相应变化,如果 CRT 用作读出装置,它的水平线性必须按照 JB/T 9214 进行校准。

仪器计时电路的线性及稳定性对测量精度有直接影响,要求仪器每小时复验一次。对于厚度值数字直读式测厚仪,若读数超过仪器允许误差,则前一小时的测量数据应予以复测。

7.2 耦合剂

应根据被测件的表面状态及声阻抗,选用无气泡、黏度适宜的耦合剂。对于表面粗糙试件,应适当增加耦合剂的用量,选择比较稠的耦合剂,使探头和试件之间有良好的声耦合。

7.3 探头与试件的接触

探头与试件接触时,应在探头上加一定压力(20 N~30 N),保证探头与试件之间有良好的耦合,并且排出多余的耦合剂,使测量面形成一层极薄的耦合剂,减少声波通过耦合层的时间,提高测量精度。

7.4 测量粗糙表面的试件

表面平行或同心的试件可得到较高的测量精度。粗糙表面会影响测量灵敏度(一般应作局部修磨,以便声耦合良好)。如果尚能得到测量结果,在这种情况下应以一个测量点为中心,在直径 30 mm 圆内做多点测量,把显示的最小值作为测量结果。

7.5 测量衰减较大的试件材料

对于材料不均匀,衰减较大的试件,将影响测量结果。有时在测量区域存在微小夹杂物或分层,也会得到异常的厚度显示值,这时应采用 A 扫描超声检测仪来测量厚度。

7.6 高温材料

温度最高到 540 ℃ 的高温材料测厚,可以采用特殊设计,具有耐高温元件的仪器、探头装置和耦合剂。在温度升高时,需要对厚度读数进行校正。经常使用的经验法则如下:温度升高时,对钢壁厚测得的读数是高的(即过厚),每 55 ℃ 增加大约 1% 厚度。因此,如果仪器在一块相同材料且温度为 20 ℃ 上校好,则在表面温度为 460 ℃ 材料上测得的读数,应减少 8% 的厚度值。这种校正方法是对许多类型钢材测量取的平均值。其他校正方法必须对其他材料进行经验测定。

7.7 背反射回波幅度

直接厚度显示仪器在超过一定幅度和固定时间的波列的第一个半周期内读出厚度值。如果被检材料的背面反射回波幅度与校准试块的背面反射回波幅度不同,厚度读数可能对应波列中不同的半周期,因此产生一个误差。可以通过下列方法减少:

所使用的校准试块应与被检材料有相同的衰减特性或调整背面反射回波幅度使校准试块和被检材料的幅度相同。

8 仪器的标定和调整

8.1 A 扫描显示的检测仪

8.1.1 直接接触单晶片探头

8.1.1.1 显示起点与初始脉冲同步,所有显示单元都是线性的。整个厚度范围都在 A 扫描上显示。

8.1.1.2 要求对延时控制进行微调,减去磨损片中的时间。本标准要求校准试块至少提供覆盖所用厚度范围的两个厚度,以校准整个测量范围的精度。

8.1.1.3 将探头放在已知厚度的试块上,加入适当的耦合剂。然后调整仪器控制(声速校准,范围,扫描或声速)直到回波显示适当的厚度读数。

8.1.1.4 再在厚度小于该厚度值的试块上检查和调整,以提高系统的精度。

8.1.2 延时块单晶片探头

8.1.2.1 使用这种探头时,仪器设备必须能校正通过延时块的时间,以便延时结束时能对应零厚度。这要求仪器中应有所谓的“延时”控制,或电子自动调零。

8.1.2.2 在大多数仪器中,如果声速校准电路预先调整到某给定材料的声速,则应调整延时控制直到仪器显示正确的厚度值。如果仪器必须用延时块探头进行整个校准时,本标准推荐下述方法。

8.1.2.2.1 至少使用两个试块。一个试块厚度接近测量范围的最大值,另一个试块厚度应接近测量范围的最小值。为方便起见,要求厚度应是整数,以使厚度之差也是整数值。

8.1.2.2.2 将探头分别放在两个试块上,然后取得两者读数。应计算这两个读数间的差值。如果厚度读数差小于实际厚度差,将探头放在厚试块上,然后调整声速校准控制扩大厚度范围。如果厚度读数差大于实际厚度差,将探头放在厚试块上,然后调整声速校准控制减少厚度范围。通常推荐一定量的过校准,再将探头依次放在两个试块上,在进行进一步适当的校准时注意读数差。当厚度读数差等于实际厚度差时,材料厚度范围已调整正确,然后单独调节延时控制以得到厚度范围的高低厚度值的正确读数。

8.1.2.3 另一种延时块探头的调整方法是8.1.2.2中方法的变化。进行一系列顺次调整,使用延时控制在薄试块上提供正确读数,使用“范围”控制在厚试块上校准读数。有时适度的过校准是有用的,当两个读数均正确时,仪器就调整完毕。

8.1.3 双探头

8.1.3.1 在8.1.2中叙述的方法也适用于用双探头测量大于3 mm(0.125 in)厚度范围的设备。由于声束传播的声程是V字型,因此对于小于3 mm厚度测量存在固有的误差。传播时间不再线性地与厚度成比例,测量的厚度越小,这种非线性越严重,如图2所示。

8.1.3.2 如果在接近刻度线上最薄点的有限范围内进行测量,可以在适当的薄试块上采用8.1.2中的方法校准仪器,得出在有限范围内近似正确的校准曲线。注意,此时测量较大厚度将会存在误差。

8.1.3.3 如果测量厚度范围较大,按8.1.2校准较合适,使用试块的厚度为测量范围的最大厚度和测量范围的中点。遵循这点,可对测量范围的最薄端建立实验校准值。

8.1.4 厚部件

8.1.4.1 当测量厚部件并要求高精度时使用。

8.1.4.2 使用直接接触式探头并使初始脉冲同步。显示起始按8.1.4.4规定延时。所有显示单元应是线性的。厚度的增量在A扫描上能显示。

8.1.4.3 扫描的基本校准按8.1.1中规定进行。校准试块应具有能精确地校准整个扫描距离的厚度值,即满屏大约10 mm(0.4 in)或25 mm(1.0 in)。

8.1.4.4 基本校准后,需要扫描延时。例如,如果零件标称厚度是50 mm~60 mm(2.0 in~2.4 in),校准试块是10 mm(0.4 in),厚度显示也是从50 mm~60 mm,则调整延时控制使校准试块的第五次背面反射(相当于50 mm或2.0 in)与A扫描显示上参考零点重合,第六次背面回波应位于校准扫描线的右边。

8.1.4.5 这一校准可以在已知近似总厚度的试块上进行校验。

8.1.4.6 在未知试样上取得的读数必须加上被延时在荧光屏以外的值。例如,如果读数是4 mm(0.16 in),则总厚度为54 mm(2.16 in)。

8.2 数字直读式超声测厚仪

8.2.1 仪器应具有“声速设定”(有的仪器为“材料选择”或“声速校正”)和“零位校正”功能。

8.2.2 通常采用和被检件材料相同的试块,一块厚度接近待测厚度最大值,另一块接近待测厚度的最小值。

8.2.3 将探头置于较厚试块上,加入适量的耦合剂,调整仪器的“声速设定”,使测厚仪显示读数接近已知值。

8.2.4 将探头置于较薄试块上,加入适量的耦合剂,调整仪器的“零位校正”,使测厚仪显示读数接近已知值。

8.2.5 反复进行 8.2.3 和 8.2.4,直到厚度量程的高低两端都得到正确读数为止。

8.2.6 若已知材料声速,则可预先设定声速值,然后测量仪器附带的薄钢试块,调节“零位校正”,使仪器显示出不同材料换算后的显示值。

8.3 带有厚度值数字直读的 A 扫描检测仪

带有厚度值数字直读的 A 扫描检测仪的校准可参照 8.1 和 8.2 执行。

9 方法要求

在制定详细的规程时,应考虑下列各项:

——仪器制造商的操作说明书。

——材料或被检对象的范围。

——应用能力和准确度要求。

——定义。

——要求:

- 人员;
- 仪器。

——方法:

- 检测条件;
- 表面准备和耦合剂;
- 校准和容许偏差;
- 扫查参数。

——报告:

- 使用的方法;
- 校准记录;
- 检测记录。

10 报告

在检测记录和报告中应包括以下内容:

——检测方法:

- 仪器的型号;
- 校准试块,尺寸和材料类型;
- 探头的尺寸,频率和类型;
- 扫查方法。

——结果:

- 检测的最大厚度值和最小厚度值;
- 检测位置。

——检测人员的情况、资格等级。

附录 A
(规范性附录)
典型的测厚校准用阶梯试块

A.1 4 阶梯测厚校准试块

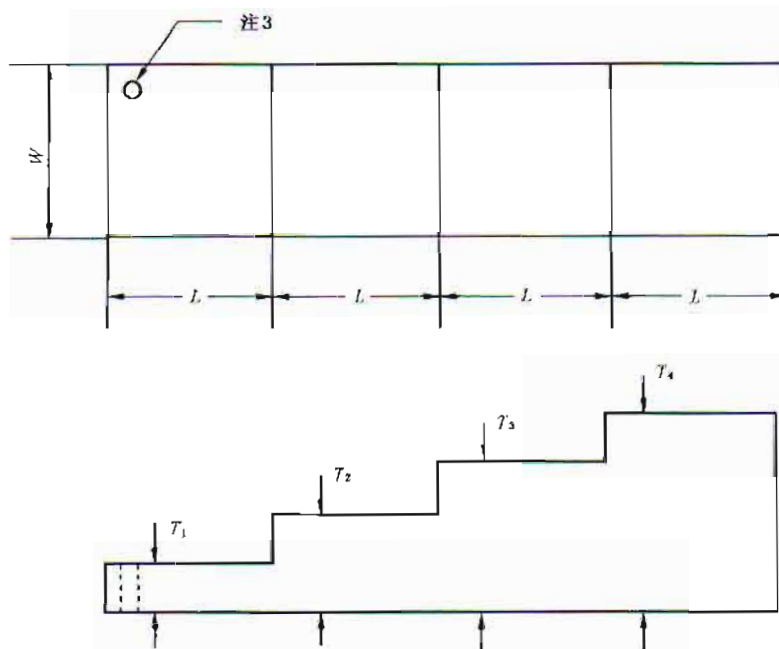


图 A.1 典型的 4 阶梯测厚校准试块

表 A.1 4 阶梯试块数据表

符号	美国常规试块/in		4A 试块/mm		4B 试块/mm	
	尺寸	公差	尺寸	公差	尺寸	公差
T_1	0.250	0.001	6.25	0.02	5.00	0.02
T_2	0.500	0.001	12.5	0.02	10.00	0.02
T_3	0.750	0.001	18.75	0.02	15.00	0.02
T_4	1.000	0.001	25.00	0.02	20.00	0.02
L	0.75	0.02	20.00	0.5	20.0	0.5
W	0.75	0.05	20.00	1.0	20.0	1.0

注 1: 材料为被检材料。

注 2: 最终表面粗糙度: 检测面最大 $Ra0.8 \mu\text{m}$, 其他面最大 $Ra1.6 \mu\text{m}$ 。

注 3: 为了便于电镀的操作, 制作了 1.5 mm 的通孔, 从试块边缘到孔中心 1.5 mm。

注 4: 所有测厚面尺寸均为阳极化或电镀后尺寸。

注 5: 为了防止锐边, 使电镀增厚最小, 或去除缺口和毛刺, 可对试块的边缘倒斜角或倒圆, 但应该保证这种处理引起的尺寸的减少不超过 0.5 mm。

A.2 5 阶梯测厚校准试块

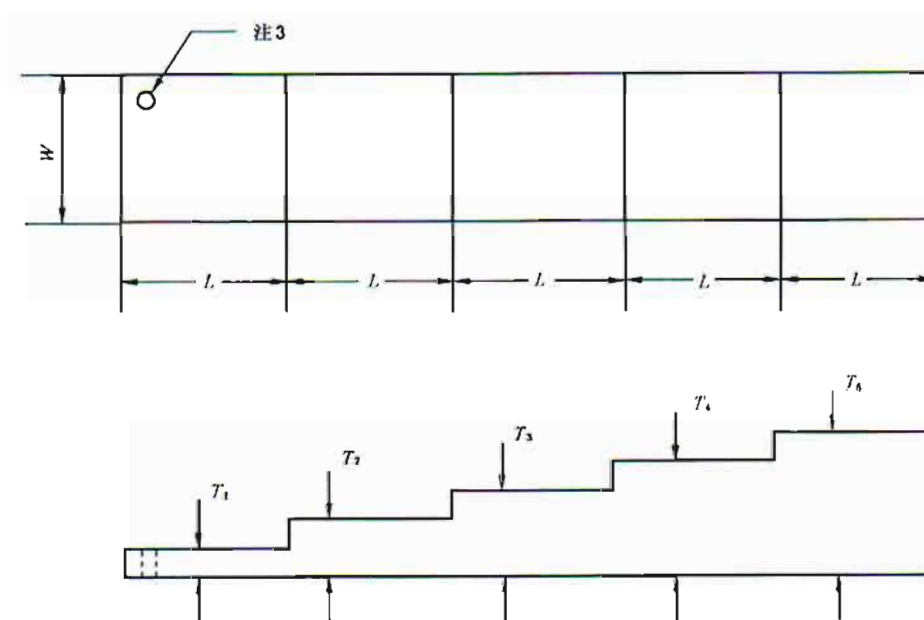


图 A.2 典型的 5 阶梯测厚校准试块

表 A.2 5 阶梯试块数据表

符号	美国常规试块/in		5A 试块/mm		5B 试块/mm	
	尺寸	公差	尺寸	公差	尺寸	公差
T_1	0.100	0.001	2.50	0.02	2.00	0.02
T_2	0.200	0.001	5.00	0.02	4.00	0.02
T_3	0.300	0.001	7.50	0.02	6.00	0.02
T_4	0.400	0.001	10.00	0.02	6.00	0.02
T_5	0.500	0.001	12.50	0.02	10.00	0.02
L	0.75	0.02	20.00	0.5	20.00	0.5
W	0.75	0.05	20.00	1.0	20.00	1.0

注 1: 材料为被检材料。

注 2: 最终表面粗糙度: 检测面最大 $Ra0.8 \mu m$, 其他面最大 $Ra1.6 \mu m$ 。

注 3: 为了便于电镀的操作, 制作了 1.5 mm 的通孔; 从试块边缘到孔中心 1.5 mm。

注 4: 所有测厚面尺寸均为阳极化或电镀后尺寸。

注 5: 为了防止锐边, 使电镀增厚最小, 或去除缺口和毛刺, 可对试块的边缘倒斜角或倒圆, 但应该保证这种处理引起的尺寸的减少不超过 0.5 mm。

A.3 7 阶梯测厚校准试块

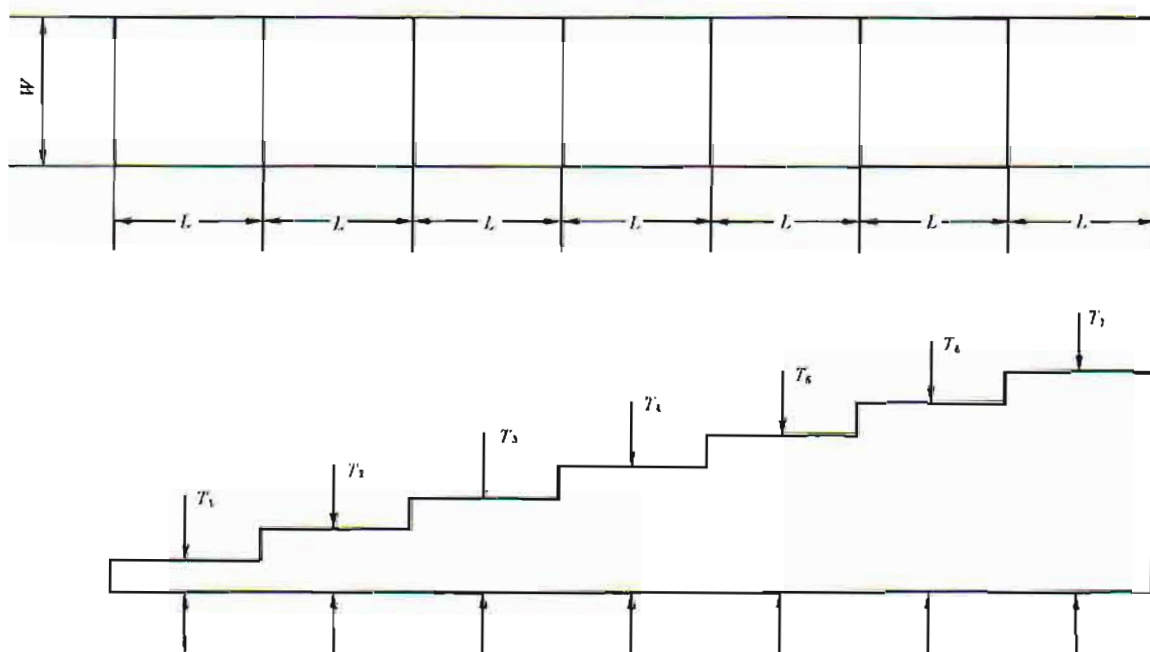


图 A.3 典型的 7 阶梯测厚校准试块

表 A.3 7 阶梯试块数据表

符号	7A 试块/mm		7B 试块/mm	
	尺寸	公差	尺寸	公差
T_1	3.00	0.02	1.00	0.02
T_2	12.50	0.03	1.50	0.02
T_3	24.00	0.03	2.00	0.02
T_4	30.00	0.03	4.00	0.02
T_5	36.00	0.03	6.00	0.02
T_6	42.00	0.03	8.00	0.02
T_7	48.00	0.03	10.00	0.02
L	40.00	1.0	40.00	1.0
W	40.00	1.0	40.00	1.0

注 1: 材料为 45 号钢。

注 2: 坯料经过锻造和热处理。

注 3: 材料晶粒度为 7 级。

中华人民共和国
国家标准
无损检测
接触式超声脉冲回波法测厚方法
GB/T 11344—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 23 千字
2008年11月第一版 2008年11月第一次印刷

*

书号: 155066·1-34154 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 11344-2008