



中华人民共和国国家标准

GB/T 35085—2018

金属材料焊缝破坏性试验 激光和 电子束焊接接头的维氏和努氏硬度试验

**Destructive tests on welds in metallic materials—Vickers and Knoop
Hardness testing of joints welded by laser and electron beam**

[ISO 22826:2005, Destructive tests on welds in metallic materials—
Hardness testing of narrow joints welded by laser and electron beam
(Vickers and Knoop hardness tests), MOD]

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 通则	1
4 符号及说明	2
5 试样制备	2
6 试验程序	2
6.1 通则	2
6.2 试验类型	3
6.3 试验位置要求	3
6.4 点测试(E型测试)	5
6.5 线测试(R型测试)	7
7 试验结果	9
8 试验报告	9
附录 A (资料性附录) 试验力的选择	11
附录 B (资料性附录) 焊接接头点测试(E型测试)硬度试验报告实例	13
附录 C (资料性附录) 焊接接头线测试(R型测试)硬度试验报告实例	14
参考文献	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 22826:2005《金属材料的破坏性试验 激光和电子束焊接接头的维氏和努氏硬度试验》。

本标准与 ISO 22826:2005 的技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用 GB/T 4340(所有部分)代替 ISO 6507(所有部分)，两项标准各部分之间的一致性程度如下：
 - GB/T 4340.1—2009 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法(ISO 6507-1:2005, MOD)；
 - GB/T 4340.2—2012 金属材料 维氏硬度试验 第 2 部分：硬度计的检验与校准(ISO 6507-2:2005, MOD)；
 - GB/T 4340.3—2012 金属材料 维氏硬度试验 第 3 部分：标准硬度块的标定(ISO 6507-3:2005, MOD)。
- 原标准的 ISO 4545、ISO 4546、ISO 4547、ISO 10250 已被 ISO 4545-1、ISO 4545-2、ISO 4545-3、ISO 4545-4 代替，本标准用 GB/T 18449(所有部分)代替 ISO 4545(所有部分)，两项标准各部分之间的一致性程度如下：
 - GB/T 18449.1—2009 金属材料 努氏硬度试验 第 1 部分：试验方法(ISO 4545-1:2005, MOD)；
 - GB/T 18449.2—2012 金属材料 努氏硬度试验 第 2 部分：硬度计的检验与校准(ISO 4545-2:2005, MOD)；
 - GB/T 18449.3—2012 金属材料 努氏硬度试验 第 3 部分：标准硬度块的标定(ISO 4545-3:2005, MOD)；
 - GB/T 18449.4—2009 金属材料 努氏硬度试验 第 4 部分：硬度值表(ISO 4545-4:2005, IDT)。
- 用 GB/T 26956 代替 ISO/TR 16060。

金属材料焊缝破坏性试验 激光和 电子束焊接接头的维氏和努氏硬度试验

1 范围

本标准规定了金属材料激光和电子束窄焊缝横截面的维氏和努氏硬度试验。

本标准规定的维氏硬度试验力范围通常为 $0.098\text{ N} \sim \leq 98\text{ N}$ ($\text{HV } 0.01 \sim \leq \text{HV } 10$), 努氏硬度试验力范围通常为不大于 9.8 N ($\text{HK } 1$)。

本标准适用于采用或不采用填充丝的焊缝试样的硬度试验。

本标准不适用于采用激光/电弧复合宽焊缝试样的硬度试验。

非窄焊缝的硬度试验按 GB/T 2654 和 GB/T 27552 执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 4340.1—2009, ISO 6507-1:2005, MOD)

GB/T 4340.2 金属材料 维氏硬度试验 第2部分:硬度计的检验与校准(GB/T 4340.2—2012, ISO 6507-2:2005, MOD)

GB/T 4340.3 金属材料 维氏硬度试验 第3部分:标准硬度块的标定(GB/T 4340.3—2012, ISO 6507-3:2005, MOD)

GB/T 18449.1 金属材料 努氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 18449.1—2009, ISO 4545-1:2005, MOD)

GB/T 18449.2 金属材料 努氏硬度试验 第2部分:硬度计的检验与校准(GB/T 18449.2—2012, ISO 4545-2:2005, MOD)

GB/T 18449.3 金属材料 努氏硬度试验 第3部分:标准硬度块的标定(GB/T 18449.3—2012, ISO 4545-3:2005, MOD)

GB/T 18449.4 金属材料 努氏硬度试验 第4部分:硬度值表(GB/T 18449.4—2009, ISO 4545-4:2005, IDT)

GB/T 26956 金属材料焊缝破坏性试验 宏观和微观检验用侵蚀剂(GB/T 26956—2011, ISO/TR 16060:2003, IDT)

3 通则

维氏硬度试验应按 GB/T 4340.1~GB/T 4340.3 要求进行,努氏硬度试验应按 GB/T 18449.1~GB/T 18449.3 要求进行。

硬度试验用来测定焊缝两侧母材(包括两侧母材为不同金属材料的情况)、热影响区和焊缝的硬度值。硬度值可以通过点测试(E型测试)或线测试(R型测试)得到。点测试(E型测试)是试验点为一个或一组的测试类型,线测试(R型测试)是试验点在一条直线上的测试类型。

试验宜在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 条件下进行,如果试验温度超出该范围,则应在报告中注明。
显微硬度测试结果易受震动的影响,所以试验应在无震动的地方进行。

4 符号及说明

符号及说明见表 1。

表 1 符号及说明

符号	说明	单位
HAZ	热影响区	—
HV	维氏硬度	*
HK	努氏硬度	* *
L	两个相邻压痕中心之间的距离	mm
M	R 型测试时相邻两压痕中心之间的推荐距离	mm
W	热影响区压痕中心和熔合线之间的距离	mm
d_V	维氏硬度试验压痕对角线长度	mm
d_{KL}	努氏硬度试验压痕长对角线长度	mm
d_{KS}	努氏硬度试验压痕短对角线长度	mm
h	焊缝熔深	mm
t	试样厚度	mm
* 见 GB/T 4340。		
* * 见 GB/T 18449。		

5 试样制备

试样制备应按 GB/T 4340.1 或 GB/T 18449.1 要求进行。

试件横截面应通过机加工制备,通常垂直于焊缝轴线。机加工及后续的试样表面制备应避免由于过热或冷加工使试样表面产生软化或硬化。

试样表面应进行适当的磨抛并按 GB/T 26956 进行适当的侵蚀,以便能准确测定焊接接头不同区域的压痕对角线长度。

6 试验程序

6.1 通则

图 1 给出了硬度测量位置的典型区域。1~2 点表示在焊缝金属,3~6 点表示在热影响区,7~8 点表示在母材。

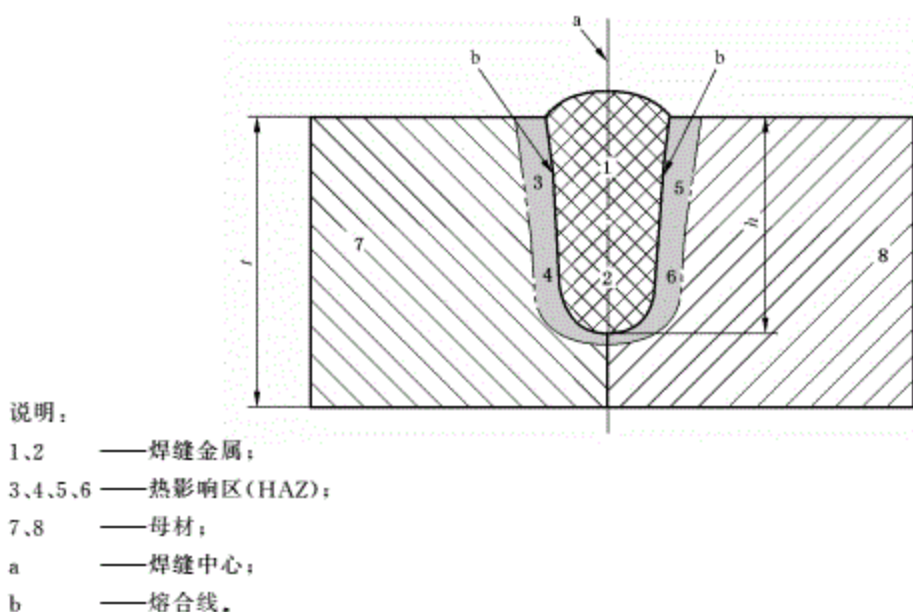


图1 维氏硬度和努氏硬度试验硬度测量位置示例

当焊接类型与示例不同时,应选择与该焊接类型相适应的试验工艺。

6.2 试验类型

图2和图3给出了点测试(E型测试)压痕位置示例,图4和图5给出了线测试(R型测试)压痕位置示例。除非另有规定,试验类型应由试验人员自行选择并记录。

6.3 试验位置要求

当母材厚度 t 或焊缝熔深 h 不大于4 mm时,焊缝金属和热影响区的压痕应在母材厚度的 $1/2$ 位置($t/2$)或焊缝熔深的 $1/2$ 位置($h/2$),如图2a)和图2c)所示。

当母材厚度 t 或焊缝熔深 h 大于4 mm时,压痕应在离顶端表面和底部表面(熔深底部)2 mm范围内,如图2b)和图2d)所示。对于双面成型全熔透T型角焊缝,压痕应在熔合区中心线位置,见图2d)。

单位为毫米

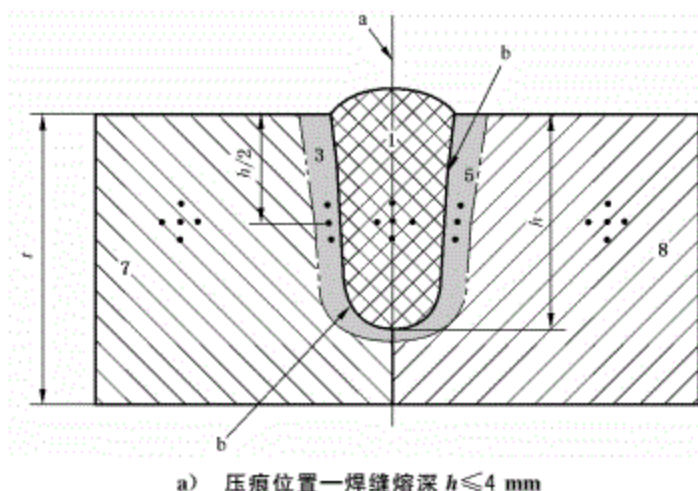
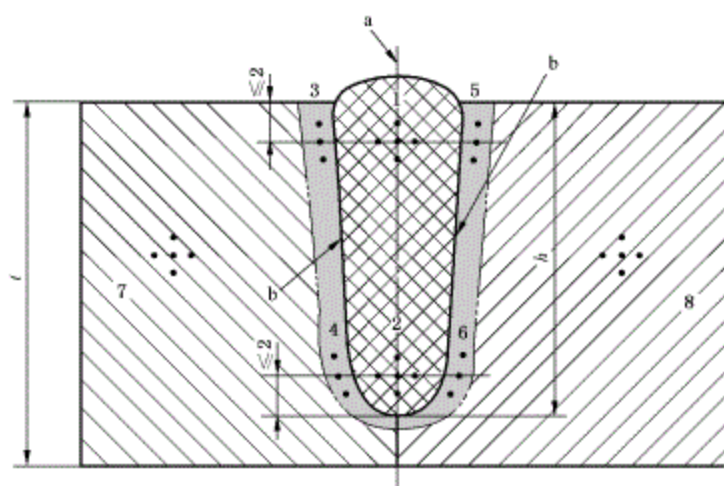
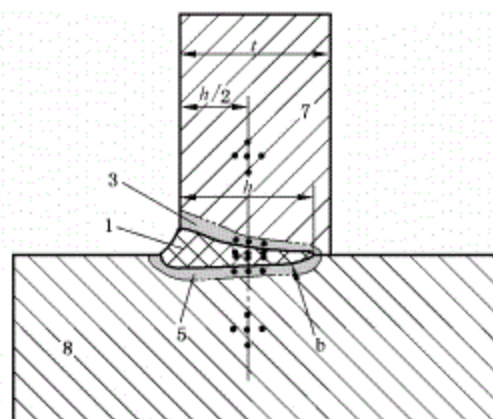
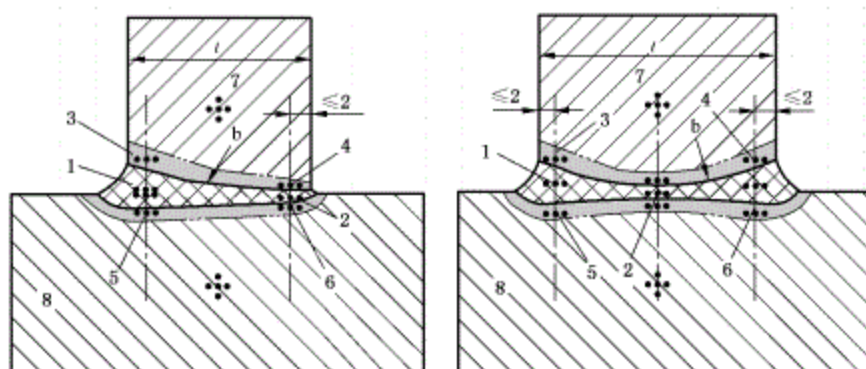


图2 点测试(E型测试)压痕位置示例

b) 压痕位置—焊缝熔深 $h > 4 \text{ mm}$ c) 压痕位置—焊缝熔深 h 或母材厚度 $t \leq 4 \text{ mm}$ d) 压痕位置—焊缝熔深 h 或母材厚度 $t > 4 \text{ mm}$

说明:

- 1、2 — 焊缝金属;
- 3、4、5、6 — 热影响区(HAZ);
- 7、8 — 母材;
- a — 焊缝中心;
- b — 熔合线。

图 2(续)

对于淬硬钢,压痕中心距试样边缘的距离应:

- 维氏硬度试验时,至少为压痕对角线平均长度的 2.5 倍;
- 努氏硬度试验时,为压痕短对角线长度。

对于不淬硬钢和有色金属,压痕中心距试样边缘距离应:

- 维氏硬度试验时,至少为压痕对角线平均长度的 3 倍;
- 努氏硬度试验时,为压痕短对角线长度。

点测试(E 型测试)时两个相邻压痕中心之间的距离 L 见表 2,线测试(R 型测试)时两个相邻压痕中心之间的距离 L 见表 4。

注:建议整个焊缝金属硬度试验采用相同的试验力。

表 2 点测试(E 型测试)两个相邻压痕中心之间的距离 L

测定方法	母材	两个相邻压痕中心之间的距离, L
维氏硬度试验(HV)	淬硬钢	$L \geq 3d_v$
	不淬硬钢和有色金属	$L \geq 6d_v$
努氏硬度试验(HK)	淬硬钢	$L \geq 3d_{KL}$ 长对角线 $L \geq 3d_{KS}$ 短对角线
	不淬硬钢和有色金属	$L \geq 6d_{KL}$ 长对角线 $L \geq 6d_{KS}$ 短对角线

6.4 点测试(E 型测试)

6.4.1 焊缝金属硬度试验

焊缝金属应至少选取 3 个点进行硬度试验:中心、顶部和底部,或中心、左边和右边,如图 3 所示。测定所有压痕的硬度值。对于维氏硬度试验使用较大试验力时,如 49 N(HV 5)和 98 N(HV 10),压痕数量可减少。

焊缝金属硬度试验时,压痕对角线长度 d_v 或 d_{KS} 应不大于被测焊缝宽度的 1/10。试验力应满足表 3 要求。

注:维氏硬度试验中根据硬度值和试验力估算的压痕对角线的长度见表 A.1;努氏硬度试验中根据硬度值和试验力估算的压痕对角线的长度见表 A.2。

6.4.2 热影响区硬度试验

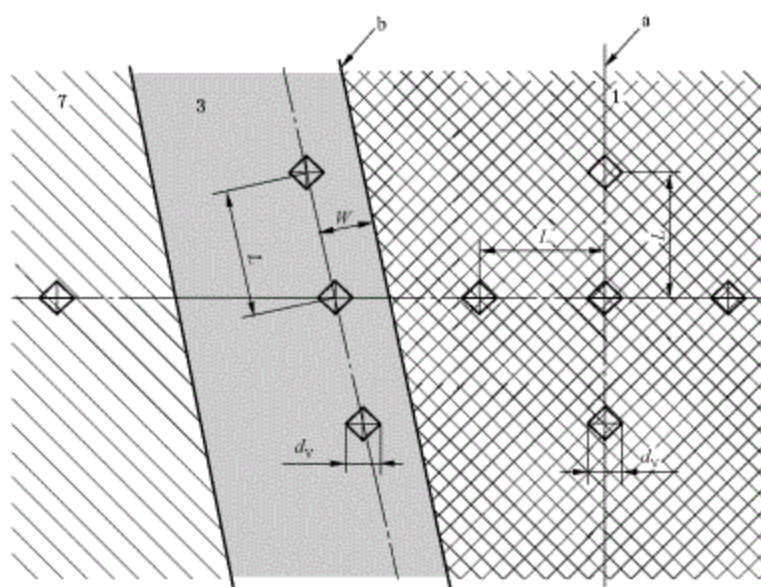
热影响区应沿熔合线选取 3 个点进行硬度试验,见图 3a)和 3b)。

热影响区和焊缝金属硬度试验时的试验力应相同。热影响区硬度试验时,压痕中心与熔合线之间的距离 W 应不小于 $0.5d_v$ 且不大于 d_v ,或不小于 $0.5d_{KS}$ 且不大于 $2d_{KS}$,如图 3a)和 3b)所示。

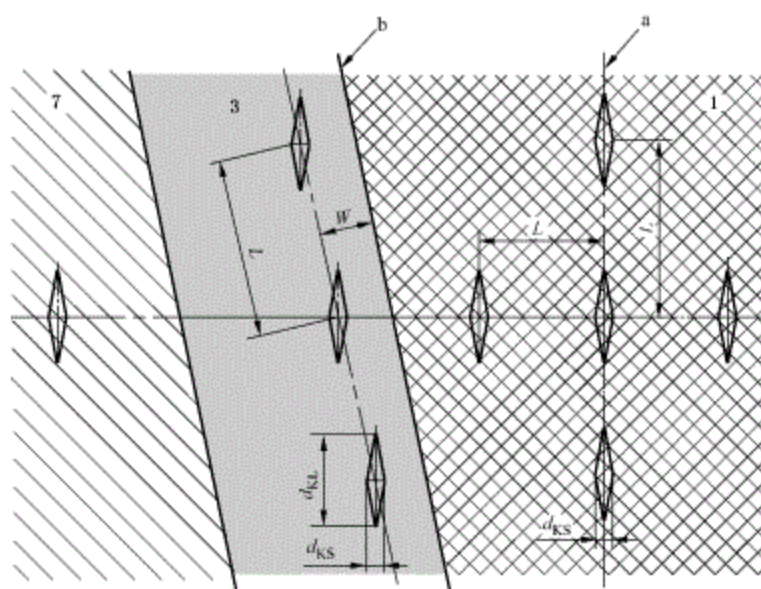
6.4.3 母材硬度试验

母材应至少选取 3 个点进行硬度试验,试验位置记录在报告中。

对于点测试,测定区域应按图 1 所示予以编号。



a) 维氏硬度 ($d_v/2 \leq W \leq d_v$)



b) 努氏硬度 ($d_{KS}/2 \leq W \leq 2d_{KS}$)

说明:

- 1——焊缝金属;
- 3——热影响区(HAZ);
- 7——母材;
- a——焊缝中心;
- b——熔合线。

图3 点测试(E型测试)焊缝金属和热影响区压痕位置示例

表 3 试验力

硬度符号		试验力标称值/N
维氏硬度试验	努氏硬度试验	
HV 0.01	HK 0.01	0.098 07
HV 0.015	—	0.147 1
HV 0.02	HK 0.02	0.196 1
HV 0.025	HK 0.025	0.245 2
HV 0.05	HK 0.05	0.490 3
HV 0.1	HK 0.1	0.980 7
HV 0.2	HK 0.2	1.961
HV 0.3	HK 0.3	2.942
HV 0.5	HK 0.5	4.903
HV 1	HK 1	9.807
HV 2	—	19.61
HV 3	—	29.42
HV 5	—	49.03
HV 10	—	98.07

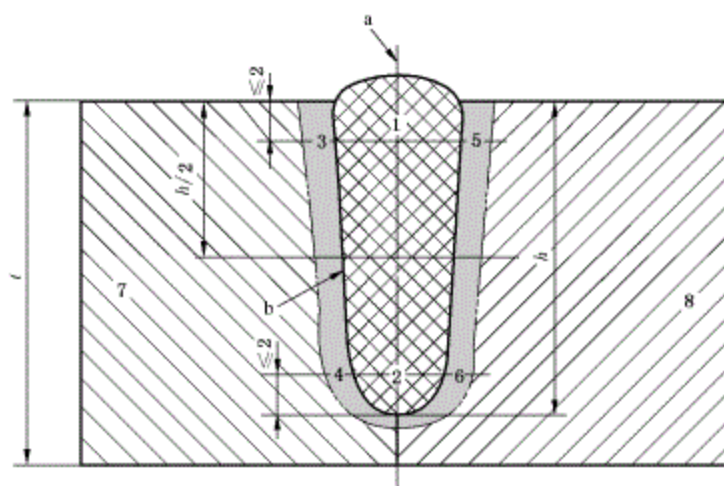
6.5 线测试(R型测试)

图 4 给出了线测试(R型测试)压痕位置示例。如相关协议或应用标准有规定,可增加压痕数量和/或变更压痕位置,但均应在试验报告中体现。

对于不淬硬钢和有色金属,如奥氏体不锈钢、铜、轻金属、铅、锡及其合金,可能不需要进行焊缝底部的线测试。

压痕的位置和数量选择应能保证可以确定焊接所引起的硬化或软化区域。焊缝和热影响区压痕中心之间的推荐距离见表 4。

对于焊缝热影响区硬化的金属,应额外增加两个压痕,压痕中心与熔合线之间的距离 W 应为 $d_v/2 \leq W \leq d_v$ 或 $d_{KS}/2 \leq W \leq 2d_{KS}$,如图 5 所示。



说明:

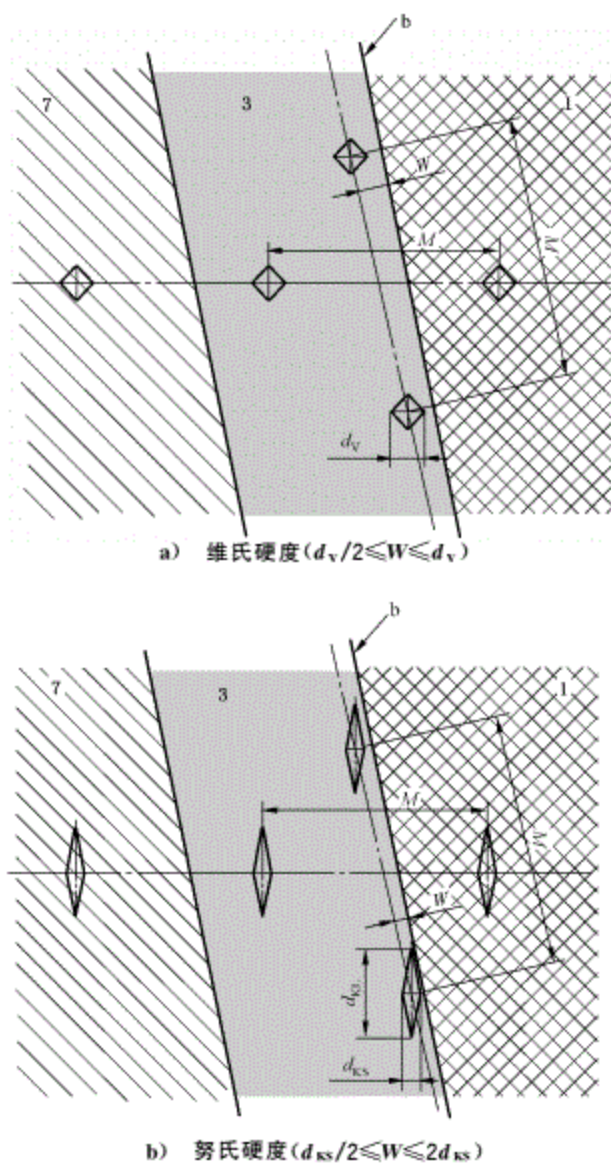
- 1、2 —— 焊缝金属;
 3、4、5、6 —— 热影响区(HAZ);
 7、8 —— 母材;
 a —— 焊缝中心;
 b —— 熔合线。

图4 线测试(R型测试)压痕位置示例

表4 线测试(R型测试)焊缝和热影响区相邻两压痕中心之间的推荐距离 M^*

硬度符号	相邻两压痕中心之间的推荐距离, M^* /mm	
	淬硬钢	不淬硬钢和有色金属
HV 0.01	0.1	0.3~1
HV 0.10	0.2	0.6~2
HV 1	0.5	1.5~4
HV 5.00	0.7	2.5~5
HV 10.0	1.0	3~5
HK 0.01	0.1	0.3~1
HK 0.10	0.2	0.6~2
HK 1	0.3	1.5~4

* 压痕中心之间的推荐距离应不小于表2规定的最小值。



说明:

- 1——焊缝金属;
- 3——热影响区(HAZ);
- 7——母材;
- b——熔合线。

图5 线测试(R型测试)时在淬硬钢热影响区增加的压痕位置示例

7 试验结果

压痕位置及对应硬度值均应记录。

8 试验报告

试验报告应包括但不限于以下内容:

- a) 试验温度;

- b) 母材金属和焊接接头的厚度和尺寸；
- c) 焊接类型,激光或电子束类型,焊接设备类型和焊接条件；
- d) 硬度试验类型,E 型测试或 R 型测试(维氏或努氏),以及硬度符号；
- e) 试验设备检定/校准证书(包括检定/校准标准块和检定/校准时间)；
- f) 压痕位置；
- g) 硬度单个值和平均值；
- h) 试验日期；
- i) 试验人员；
- j) 试样标识。

附录 B 和附录 C 给出了推荐的记录格式。也可以使用其他格式,但应包含所有要求记录的内容。

附 录 A
(资料性附录)
试验力的选择

表 A.1 和表 A.2 分别给出了维氏硬度和努氏硬度试验中根据硬度值和试验力估算的压痕对角线长度的示例。式 A.1 和表 A.2 分别给出了维氏硬度和努氏硬度试验的压痕对角线长度计算公式。

表 A.1 维氏硬度试验中根据硬度值和试验力估算的压痕对角线的长度

维氏硬度 HV	试验力, F/N							
	0.098	0.980	1.96	4.90	9.80	19.6	49	98
	硬度符号							
	HV 0.01	HV 0.1	HV 0.2	HV 0.5	HV 1	HV 2	HV 5	HV 10
压痕对角线长度, d_v/mm								
50	0.020	0.061	0.086	0.136	0.193	0.272	0.431	0.609
100	—	0.043	0.061	0.096	0.136	0.193	0.304	0.431
150	—	0.035	0.050	0.079	0.111	0.157	0.249	0.352
200	—	0.030	0.043	0.068	0.096	0.136	0.215	0.304
250	—	0.027	0.039	0.061	0.086	0.122	0.193	0.272
300	—	0.025	0.035	0.056	0.079	0.111	0.176	0.249
350	—	0.023	0.033	0.051	0.073	0.103	0.163	0.230
400	—	0.022	0.030	0.048	0.068	0.096	0.152	0.215
450	—	0.020	0.029	0.045	0.064	0.091	0.144	0.203
500	—	—	0.027	0.043	0.061	0.086	0.136	0.193
550	—	—	0.028	0.041	0.058	0.082	0.130	0.184
600	—	—	0.025	0.039	0.056	0.079	0.124	0.176
650	—	—	0.024	0.038	0.053	0.076	0.119	0.169
700	—	—	0.023	0.036	0.051	0.073	0.115	0.163
750	—	—	0.022	0.035	0.050	0.070	0.111	0.157
800	—	—	0.022	0.034	0.048	0.068	0.108	0.152
850	—	—	0.021	0.033	0.047	0.066	0.104	0.148

维氏硬度和压痕对角线长度的关系:

$$HV = \frac{0.1891 \times F}{d_v^2} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

F ——试验力,单位为牛(N);

d_v ——压痕对角线长度,单位为毫米(mm)。

表 A.2 努氏硬度试验中根据硬度值和试验力估算的压痕对角线的长度

努氏硬度 HK	试验力, F/N							
	0.098 0	0.196	0.490	0.980	1.96	2.94	4.90	9.80
	硬度符号							
	HK 0.01	HK 0.02	HK 0.05	HK 0.1	HK 0.2	HK 0.3	HK 0.5	HK 1
	长对角线长度, d_{KL}^*/mm							
50	0.053	0.075	0.119	0.168	—	—	—	—
100	0.038	0.053	0.084	0.119	0.169	—	—	—
150	0.031	0.043	0.069	0.097	0.138	0.169	—	—
200	0.027	0.038	0.060	0.084	0.119	0.146	0.189	—
250	0.024	0.034	0.053	0.075	0.107	0.131	0.169	—
300	0.022	0.031	0.049	0.069	0.097	0.119	0.154	—
350	0.020	0.028	0.045	0.064	0.090	0.110	0.142	—
400	—	0.027	0.042	0.060	0.084	0.103	0.133	0.189
450	—	0.025	0.040	0.056	0.079	0.097	0.126	0.178
500	—	0.024	0.038	0.053	0.075	0.092	0.119	0.169
550	—	0.023	0.036	0.051	0.072	0.088	0.114	0.161
600	—	0.022	0.034	0.049	0.069	0.084	0.109	0.154
650	—	0.021	0.033	0.047	0.066	0.081	0.105	0.148
700	—	0.020	0.032	0.045	0.064	0.078	0.101	0.143
750	—	—	0.031	0.043	0.062	0.075	0.097	0.138
800	—	—	0.030	0.042	0.060	0.073	0.094	0.133
850	—	—	0.029	0.041	0.058	0.071	0.091	0.129
* 短对角线长度 d_{KS} 比长对角线 d_{KL} 短约 1/7。								

努氏硬度与压痕对角线长度间关系：

$$HK = \frac{1.451 \times F}{d_{KL}^2} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

F ——试验力，单位为牛(N)；

d_{KL} ——压痕长对角线长度。

附录 B

(资料性附录)

焊接接头点测试(E型测试)硬度试验报告实例

点测试(E型测试)硬度试验: [标明维氏/努氏试验和硬度符号(如:HV 0.01 或 HK 0.3)]

试验机型号: _____

试验温度: _____

母材: _____

材料厚度: _____

激光或电子束类型: _____

焊接类型: _____

焊接工艺参数: _____

焊接材料: _____

焊后热处理和/或时效处理: _____

试验日期: _____

试验人员签字: _____

试样标识: _____

备注: _____

带有测试区域及压痕位置的照片或示意图

测试区域	压痕位置	单个硬度值 *					平均硬度
1	焊接金属,顶部						
2	焊接金属,底部						
3	热影响区,焊接顶部						
4	热影响区,焊接底部						
5	热影响区,焊接顶部						
6	热影响区,焊接底部						
7	母材						
8	母材						
* 应按 GB/T 4340.1 或 GB/T 18449.1 标明试验力。							

附录 C

(资料性附录)

焊接接头线测试(R型测试)硬度试验报告实例

线测试(R型测试)硬度试验: [标明维氏/努氏试验和硬度符号(如:HV 0.01 或 HK 0.3)]

试验机型号: _____

试验温度: _____

母材: _____

材料厚度: _____

激光或电子束类型: _____

焊接类型: _____

焊接工艺参数: _____

焊接材料: _____

焊后热处理和/或时效处理: _____

试验日期: _____

试验人员签字: _____

试样标识: _____

备注: _____

给出尺寸和压痕标线的照片或示意图

硬度*
HV

焊缝中心

距焊缝中心的距离(mm)

* 应按 GB/T 4340.1 或 GB/T 18449.1 标明试验力。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
 - [2] GB/T 27552 金属材料焊缝破坏性试验 焊接接头显微硬度试验
 - [3] ISO 14271 Vickers hardness testing of resistance spot, projection and seam welds (low load and microhardness)
-