

金属覆盖层及其他有关覆盖层
维氏和努氏显微硬度试验

**Metallic and related coatings —
Vickers and Knoop microhardness tests**

本标准参照采用ISO 4516—1980(E)《金属覆盖层和其他有关覆盖层维氏和努氏显微硬度试验》。

1 适用范围

本标准适用于金属覆盖层中的电沉积层、自催化镀层、喷涂层的维氏和努氏显微硬度测定，也适用于铝上阳极氧化膜的维氏和努氏显微硬度测定，测定时试验力均低于10N。

要得到满意的结果，覆盖层必须具有足够的厚度，且一般宜在横断面上进行测定。

2 引用标准

GB 4342 金属显微维氏硬度试验方法

GB 6462 金属和其他无机覆盖层 横断面厚度显微镜测量方法

GB 8170 数值修约规则

3 试验原理

本试验是以规定的试验力，将具有一定形状的金钢石压头以适当的压入速度压入被测定的覆盖层，保持规定的时间后卸除试验力，然后测量压痕对角线长度，并将对角线的长度代入硬度计算公式（见第4章）或根据对角线的长度查表（努氏显微硬度值见附录A，维氏硬度值查GB 4342的附录A和附录B），最后获得维氏和努氏显微硬度值。

4 符号及说明

4.1 符号及说明见表1。

表 1

符号	测量单位	说 明	
		维 氏	努 氏
F	N	试 验 力 N	试 验 力 N
d	μm	压痕两对角线长度 d' 和 d'' 的算术 平均值 $d = \frac{d' + d''}{2}$	压痕长对角线的长度
HV	—	维氏硬度值： $\frac{0.102 \times F}{A_v} = 1.854 \times 10^6$ $\times \frac{0.102 \times F}{d^2}$	—
HK	—	—	努氏硬度值： $\frac{0.102 \times F}{A_k} = 14.229 \times 10^6$ $\times \frac{0.102 \times F}{d^2}$

注： A_v 为压痕倾斜表面的面积， A_k 为压痕投影的面积，其单位均为 mm^2 ，其值对应于压痕的对角线值。

5 设备

5.1 试验仪器

试验仪器为显微硬度计。

硬度计用以把压头缓慢且垂直地压入待测定的表面，并使压头按规定的试验力在此停留规定的时间。

5.2 压头

5.2.1 形状和尺寸

5.2.1.1 维氏压头

压头为金刚石正四棱锥体（见图1），其相对两面之间的顶角应为 $136^\circ \pm 0.25^\circ$ 。应采用放大倍数为50倍以上的工具显微镜检定此角。对角线 d' 和 d'' 与压痕深度 t 之间的近似关系为：

$$7t = \frac{d' + d''}{2}$$

四个面对压头的轴线应当具有同样的倾斜度（误差在 $\pm 0.3^\circ$ 以内），并在一点相交。常规条件下交点处的放大图形如图2所示，其顶端横刃应不大于 $0.5\mu\text{m}$ 。

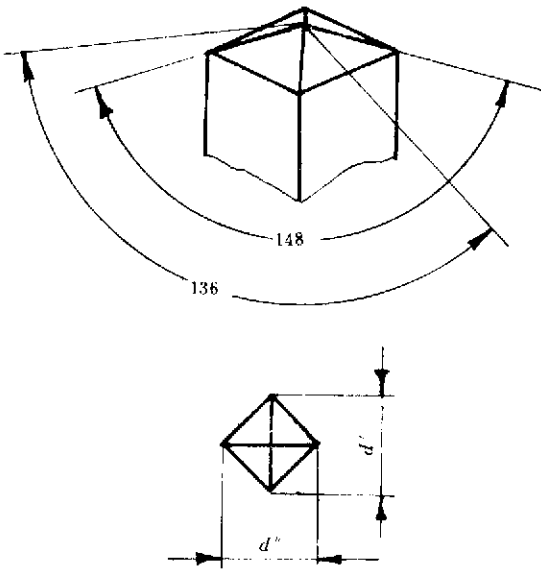


图 1 维氏压头

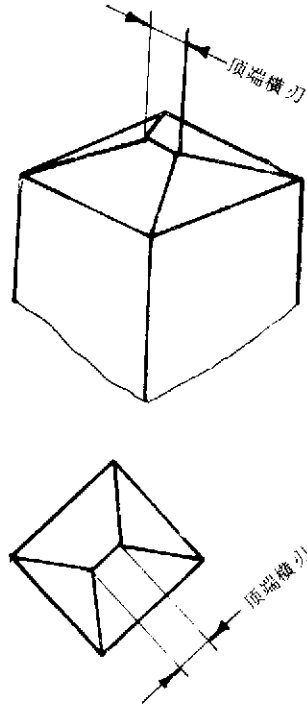


图 2 维氏压头顶端横刃

5.2.1.2 努氏压头

压头为具有菱形基面的金刚石棱锥体（见图 3），长度方向的两个相对棱边之间的顶角应为 $172.5^\circ \pm 0.08^\circ$ ，宽度方向的两个相对棱边之间的顶角应为 $130^\circ \pm 0.08^\circ$ ，应当采用放大倍数为 50 倍以上的工具显微镜检定此角。

四个面对压头的轴线应当具有同样的倾斜度（误差在 $\pm 0.2^\circ$ 以内），并在一点相交。常规条件下交点处的放大图形如图 4 所示，其顶端横刃应不大于 $1 \mu\text{m}$ 。

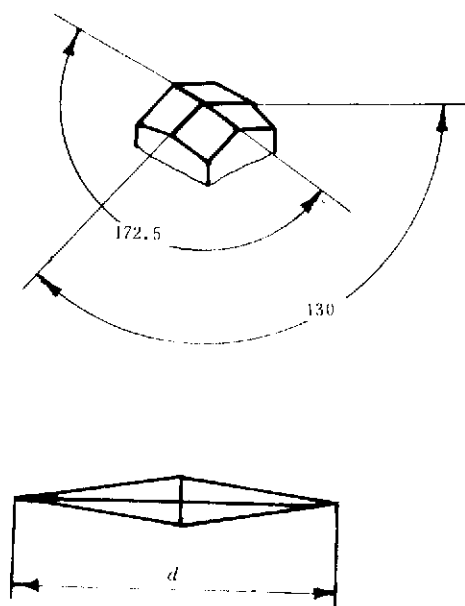


图3 努氏压头

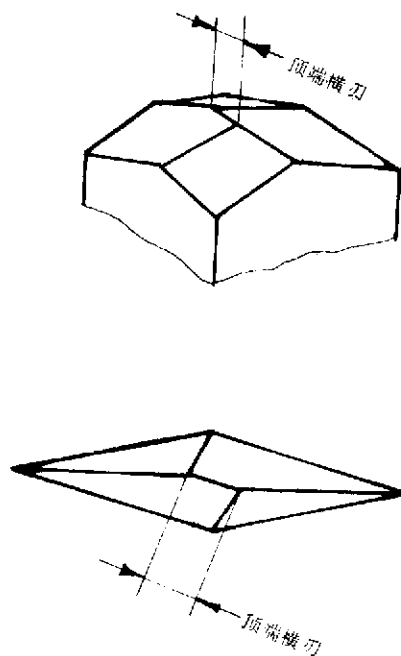


图4 努氏压头顶端横刃

5.2.2 表面状况

压头表面在距离顶端0.15mm以内,经显微镜放大400倍以上观察时,不应有裂纹、砂眼、崩角及划痕,其表面粗糙度 R_a 不可大于 $0.025\mu\text{m}$,应定期检查压头。清除外来污物时,其方法是把压头压入紫铜或硬度较低的钢中予以清除,也可把它浸入对设备无害的溶剂中进行清洗。如果压头在试验中发生开裂、破损或松动,应立即更换。压头的裂纹及其他缺陷常可由检查压痕的形状和对称性而察知。

5.3 标准硬度块

应采用标准硬度块检定显微硬度计及测量操作,所用标准硬度块的硬度值范围应当与待测覆盖层的硬度值范围一致。标准硬度块应为细晶粒的金属,且具有根据计量局或显微硬度计制造厂规定的特定试验力作用下测定的已知均匀硬度值。检定的试验力应当与所采用的标准硬度块所使用的特定试验力一致。

6 影响硬度准确度的因素

6.1 试验力

与试验力大于10N所得到的宏观硬度值比较,显微硬度测定值受试验力大小的影响更大。只有在试验力及保持时间相同的情况下,才能获得可比硬度值。

材料各向异性的因素对硬度值也有影响,所以应当指明试样的测定部位。

要获得覆盖层最准确的硬度值,应当采用与覆盖层厚度相适应的最大试验力(见图5和7.2.1, 7.2.2, 7.3)。只有采用相同的试验力,才能获得可比结果。有关覆盖层宜采用如下的试验力:

硬度低于300HV的材料、贵金属及其合金以及一般薄的覆盖层——0.245N(0.025kgf);

铝上硬阳极氧化膜——0.490N(0.050kgf);

硬度大于300HV的非金属材料——0.981N(0.100kgf)。

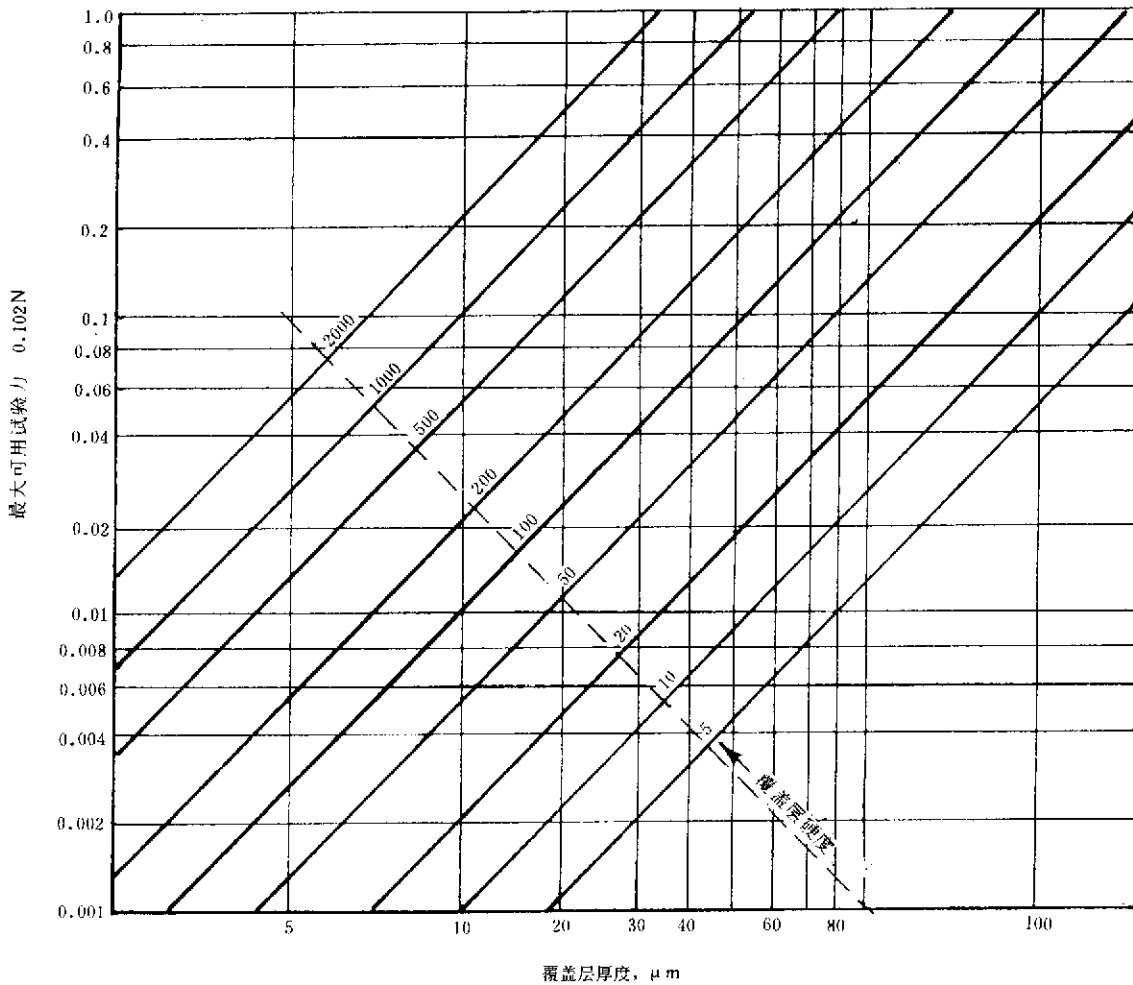


图 5 维氏压头的最大可用试验力与覆盖层厚度的关系

6.2 压头的速度

如果压头同待测的表面接触的速度太大,则获得的硬度值偏低;压头与试验表面接触的速度应当降低到不致出现偏高硬度值的程度。压头的速度在 $15 \sim 70 \mu\text{m/s}$ 为宜。要确定所用速度是否正确,应当逐步减低速度作反复试验,直至速度低于某一数值,所得硬度值再无较大的变化时的速度,便是在所选定的试验力作用下应有的压头速度。进行上述试验应当采用与实际硬度测定时相同的材料和试验力。

6.3 试验力的保持时间

在正常情况下,试验力应保持 $10 \sim 15\text{s}$ 。如果保持时间与此不同,则应按照8.2条的规定,在试验报告上说明实际的保持时间。如果试验力的保持时间小于 10s ,则压痕的大小可能与保持时间有关,硬度值可能偏高。对于室温下发生蠕变的一些材料,试验力保持时间影响更大。

6.4 振动

不管用什么样的试验力,振动都是一种严重的误差源,而且试验力较小时,此种影响更明显。如有振动存在,一般获得的硬度值偏低。使用与试验表面硬度相近的标准试样进行对比测定,可以检出这种误差源(见5.3)。为了减小振动的影响,可把试样装在刚性支撑台上。

6.5 试样的表面状况

6.5.1 粗糙度

如果试样的表面是粗糙的,则不可能准确地测量压痕对角线的长度,因此一般都在试样的横断面上测定显微硬度。试样须进行化学、电解或机械抛光。在机械抛光时应尽量减少局部发热或加工硬化,否则会使原有硬度值发生改变。

由于喷涂金属层的表面粗糙,所以这样的涂层一般应当在横断面上进行显微硬度测定。如果表面经过研磨和抛光,也可以在表面上测定。

6.5.2 表面曲率

表面曲率会给硬度测定带来一定的误差,而且这种误差随着曲率半径的减小而增大。凸表面上的硬度示值比实际值偏高,凹表面上的硬度示值比实际值偏低。

如果必须在曲率较大的试样表面上测定维氏硬度,则曲率的影响可采用修正系数(见GB 4342附录B)予以消除。努氏硬度值,用与试验对象曲率半径相同,硬度大致相等并已知其硬度的试样测定而得到的修正系数进行修正。如果零件是圆柱形的,则压头的长对角线应调整到圆柱的轴线方向。

6.6 试样的方位

6.6.1 试验表面的调整

在试验的表面不垂直于压头轴线的情况下,其测量是无效的。如果被测材料是各向同性的,而在同一对角线的两个侧边明显不等时,则表明试验表面不垂直于压头的轴线。

6.6.2 表面倾斜

如果试验表面在试验过程中发生倾斜,压痕将会变形,因此被测试样应固定在载物台或夹具上,使其要测定的表面垂直于试验力的作用方向,在整个试验过程中应当始终保持这种状态。

6.7 脆性材料

如果在加载过程中试样产生裂纹,则不能获得真实的硬度值,通常用减小试验力的办法来解决这样的问题。

6.8 显微镜分辨率

当放大倍数为400倍以上时采用的无油物镜可以达到7.5条中所规定的测定精度。采用照明系统时,试样的待测面应当处于与光轴成直角的位置,并通过视域光栏来调节照明光束的大小,使反射光束照射整个视场的三分之二以上,但以不超过整个视场为限。

采用绿滤色片,可在人眼的最大鉴别能力范围内进行测定。

6.9 压痕的位置

压痕的大小和形状受覆盖层近处其他材料的影响。例如,如果压痕接近基体,而基体又比覆盖层软时,则获得的硬度值可能偏低。如果压痕出现不正常的形状,说明有这种原因的误差(见7.2.1,7.2.3及7.3)。

7 测定过程

7.1 试验力的选定

除因为技术原因另有规定或选择外,均需用6.1条中规定的适当的试验力。如果由于某些原因,采用了其他的试验力,则获得的硬度值与采用规定的试验力所获得的硬度值相比可能有明显的差别,但该结果可作为对比及参考之用。

7.2 在覆盖层横断面上的测定

7.2.1 覆盖层厚度

当采用维氏压头时,覆盖层应有足够的厚度,使得当试验面正确定位且压痕的一条对角线垂直于覆盖层边缘时,压痕能满足如下要求:

- a. 压痕的角端与覆盖层的任何一边缘的距离应当至少为对角线长度的一半;
- b. 两条对角线的长度应当基本相等,其相差应在5%以内;
- c. 压痕的四个边应当基本相等,其相差应在5%以内。

当采用努氏压头时,软覆盖层(金、铜、银等)的厚度至少应有40 μm ,硬覆盖层(镍、钴、铁)

和硬的贵金属及其合金等至少应有 $25\mu\text{m}$ 。

7.2.2 试样制备

切取样坯，在其上覆盖一层厚度不小于 $12\mu\text{m}$ 的金属，该金属与试样的硬度应大致相同且有较好的衬度。

按照GB 6462的有关规定，将试样镶夹、研磨、抛光和浸蚀，在此过程中必须使其加工硬化减小到最低程度（见6.5.1）。

7.2.3 压痕

努氏压痕的长对角线应当在覆盖层的中间部位并与覆盖层边缘平行。维氏压痕的一条对角线应当与覆盖层和基体的结合面约成 90° 角。两个压痕中心之间的距离至少应有所测对角线长度的2.5倍。测定层状材料时，应当把结合面看作决定压痕位置的一个边。

7.3 在覆盖层表面上的测定

在覆盖层表面上进行硬度测定之前，应当采用GB 6462等有关标准测量覆盖层的厚度。所采用的试验力应当使压痕的深度小于覆盖层厚度的十分之一（见图5），即在做维氏硬度测定时，覆盖层的厚度应至少为压痕对角线平均长度的1.4倍；在做努氏硬度测定时，覆盖层的厚度应至少为压痕长对角线长度的0.35倍。只有基体和覆盖层的硬度相近时，较薄的覆盖层才能获得满意的测定结果。

7.4 温度

试验应在 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ 的环境下进行。如果试验不是在该温度下进行，则应在试验报告中写明试验时的实际温度（见第9章）。

7.5 光学测量

应在视场中央测量硬度压痕。压痕面积不应超过整个视场的三分之二。

用测微尺目镜或最好用螺旋测微尺目镜测量压痕。确定示值的测量游标应当总是从同一方向移向测定部位，而且应当总是以其刻线的同一边缘为准以取读数。

用准确度不低于 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 的1 mm 100等分的标准刻尺作对比来检定螺旋测微尺目镜。

要达到5%或更小的测定误差，则压痕对角线的长度应不小于 $16\mu\text{m}$ 。

7.6 计算

在做维氏硬度计算时， d 应当是分别测量的两条压痕对角线长度的算术平均值。如果测定的材料是属于非晶态或细晶粒的材料，其两条对角线的长度差小于长的对角线的10%时，该硬度测定结果才被认为是有效的。

每一试样至少应取五个压痕，计算其平均硬度值。硬度值大于或等于100时，修约至整数；在10~100时，修约至一位小数；小于10时，修约至二位小数。修约方法按GB 8170执行。

7.7 试验样品

如果产品镀层的厚度不符合要求而不能进行硬度测定时，可以在接近生产条件下另制作试验样品进行硬度测定。这样所获得的硬度值也许不能反映产品的真实硬度，但是，如果这样的硬度数值与覆盖层的其他性能，例如耐磨性有对应关系时，这些数值就可能是有用的。此数值可以有效地用于控制电镀槽液，特别是镀层硬度对槽液和其他参数很敏感的镀层，如金镀层的槽液控制有效。制作试验用样品时，一切条件，如电流密度、温度、搅拌和槽液成分，应尽可能与实际产品的条件接近。

8 结果表示

8.1 测定结果应当记录至少五个压痕所获得的硬度值波动范围（最高值和最低值），也要记录平均硬度值。

8.2 在表示试验结果时，维氏硬度及努氏硬度符号分别为HV和HK，此符号前列出测定的硬度值范围，其后所附的数字，表示试验力（以牛顿为单位）。如果试验力保持时间不是10~15s，则在试验力数值后加斜线及保持时间。

例如：310~320HV 0.981表示用0.981N（0.100kgf）的试验力，保持10~15s所测定的维氏显微

硬度值为310~320。

67~70HK 0.245/20表示用0.245N (0.025kgf) 的试验力, 保持20s所测定的努氏显微硬度值为67~70。

9 试验报告

显微硬度测定的试验报告, 应包括如下内容:

- a. 本国家标准的编号;
- b. 采用适当的符号并说明所获得的显微硬度值 (见第4章);
- c. 硬度测定是在覆盖层横断面上还是在覆盖层表面上进行;
- d. 说明试验中的特殊条件, 例如非正常的温度 (见7.4), 试验力的非标准保持时间 (见6.3) 等;
- e. 其他在本标准规定以外任意选择而对测定结果有影响的操作条件。

附录 A
试验力为1gf 的努氏显微硬度值表
(补充件)

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至0.1 μm 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	14230	11760	9881	8420	7260	6324	5558	4924	4392	3942
2	3557	3227	2940	2690	2470	2777	2105	1952	1815	1692
3	1581	1481	1390	1307	1231	1162	1098	1039	985.4	935.5
4	889.3	846.5	806.6	769.5	735.0	702.7	672.4	644.1	617.6	592.6
5	569.2	547.1	526.2	506.2	488.0	470.4	453.7	437.9	423.0	408.8
6	395.2	382.4	370.2	358.5	347.4	336.8	326.7	317.0	307.7	298.9
7	290.4	282.3	274.5	267.0	259.8	253.0	246.3	240.0	233.9	228.0
8	222.3	216.9	211.6	206.5	201.7	196.9	192.4	188.0	183.7	179.6
9	175.7	171.8	168.1	164.5	161.0	157.7	154.4	151.2	148.2	145.2
10	142.3	139.5	136.8	134.1	131.6	129.1	126.6	124.3	122.0	119.8
11	117.6	115.5	113.4	111.4	109.5	107.6	105.7	103.9	102.2	100.5
12	98.81	97.19	95.60	94.05	92.54	91.07	89.63	88.22	86.85	85.51
13	84.20	82.91	81.66	80.44	79.24	78.07	76.93	75.81	74.72	73.65
14	72.60	71.57	70.57	69.58	68.62	67.68	66.75	65.85	64.96	64.09
15	63.24	62.40	61.59	60.78	60.00	59.23	58.47	57.73	57.00	56.28
16	55.58	54.89	54.22	53.55	52.90	52.26	51.64	51.02	50.41	49.82
17	49.24	48.66	48.10	47.54	47.00	46.46	45.94	45.42	44.91	44.41
18	43.92	43.43	42.96	42.49	42.03	41.57	41.13	40.69	40.26	39.83
19	39.42	39.00	38.60	38.20	37.81	37.42	37.04	36.66	36.29	35.93
20	35.57	35.22	34.87	34.53	34.19	33.86	33.53	33.21	32.89	32.57
21	32.27	31.96	31.66	31.36	31.07	30.78	30.50	30.22	29.94	29.67
22	29.40	29.13	28.87	28.61	28.36	28.11	27.86	27.61	27.37	27.13
23	26.90	26.67	26.44	26.21	25.99	25.77	25.55	25.33	25.12	24.91
24	24.70	24.50	24.30	24.10	23.90	23.71	23.51	23.32	23.14	22.95
25	22.77	22.59	22.41	22.23	22.05	21.88	21.71	21.54	21.38	21.21

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
26	21.05	20.89	20.73	20.57	20.42	20.26	20.11	19.96	19.81	19.66
27	19.52	19.37	19.23	19.09	18.95	18.82	18.68	18.54	18.41	18.28
28	18.15	18.02	17.89	17.77	17.64	17.52	17.40	17.27	17.15	17.04
29	16.92	16.80	16.69	16.57	16.46	16.35	16.24	16.13	16.02	15.92
30	15.81	15.71	15.60	15.50	15.40	15.30	15.20	15.10	15.00	14.90
31	14.81	14.71	14.62	14.52	14.43	14.34	14.25	14.16	14.07	13.98
32	13.90	13.81	13.72	13.64	13.55	13.47	13.39	13.31	13.23	13.15
33	13.07	12.99	12.91	12.83	12.75	12.68	12.60	12.53	12.45	12.38
34	12.31	12.24	12.17	12.09	12.02	11.95	11.89	11.82	11.75	11.68
35	11.62	11.55	11.48	11.42	11.35	11.29	11.23	11.16	11.10	11.04
36	10.98	10.92	10.86	10.80	10.74	10.68	10.62	10.56	10.51	10.45
37	10.39	10.34	10.28	10.23	10.17	10.12	10.06	10.01	9.958	9.906
38	9.854	9.802	9.751	9.700	9.650	9.600	9.550	9.501	9.452	9.403
39	9.355	9.307	9.260	9.213	9.166	9.120	9.074	9.028	8.983	8.938
40	8.893	8.849	8.805	8.761	8.718	8.675	8.632	8.590	8.548	8.506
41	8.465	8.423	8.383	8.342	8.302	8.262	8.222	8.183	8.144	8.105
42	8.066	8.028	7.990	7.952	7.915	7.878	7.841	7.804	7.768	7.731
43	7.695	7.660	7.624	7.589	7.554	7.520	7.485	7.451	7.417	7.383
44	7.350	7.316	7.283	7.250	7.218	7.185	7.153	7.121	7.090	7.058
45	7.027	6.996	6.965	6.934	6.903	6.873	6.843	6.813	6.783	6.754
46	6.724	6.695	6.666	6.638	6.609	6.581	6.552	6.524	6.497	6.469
47	6.441	6.414	6.387	6.360	6.333	6.306	6.280	6.254	6.228	6.202
48	6.176	6.150	6.125	6.099	6.074	6.049	6.024	6.000	5.975	5.951
49	5.926	5.902	5.878	5.854	5.831	5.807	5.784	5.761	5.737	5.714
50	5.692	5.669	5.646	5.624	5.602	5.579	5.557	5.536	5.514	5.492
51	5.471	5.449	5.428	5.407	5.386	5.365	5.344	5.323	5.303	5.282
52	5.262	5.242	5.222	5.202	5.182	5.162	5.143	5.123	5.104	5.085
53	5.065	5.046	5.027	5.009	4.990	4.971	4.953	4.934	4.916	4.898
54	4.880	4.862	4.844	4.826	4.808	4.790	4.773	4.756	4.738	4.721
55	4.704	4.687	4.670	4.653	4.636	4.619	4.603	4.586	4.570	4.554

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
56	4.537	4.521	4.505	4.489	4.473	4.457	4.442	4.426	4.410	4.395
57	4.379	4.364	4.349	4.334	4.319	4.304	4.289	4.274	4.259	4.244
58	4.230	4.215	4.201	4.186	4.172	4.158	4.144	4.129	4.115	4.102
59	4.088	4.074	4.060	4.046	4.033	4.019	4.006	3.992	3.979	3.966
60	3.952	3.939	3.926	3.913	3.900	3.887	3.875	3.862	3.849	3.837
61	3.824	3.811	3.799	3.787	3.774	3.762	3.750	3.738	3.726	3.714
62	3.702	3.690	3.678	3.666	3.654	3.643	3.631	3.619	3.608	3.596
63	3.585	3.574	3.562	3.551	3.540	3.529	3.518	3.507	3.496	3.485
64	3.474	3.463	3.452	3.442	3.431	3.420	3.410	3.399	3.389	3.378
65	3.368	3.357	3.347	3.337	3.327	3.317	3.306	3.296	3.286	3.276
66	3.267	3.257	3.247	3.237	3.227	3.218	3.208	3.198	3.189	3.179
67	3.170	3.160	3.151	3.142	3.132	3.123	3.114	3.105	3.095	3.086
68	3.077	3.068	3.059	3.050	3.041	3.032	3.024	3.015	3.006	2.997
69	2.989	2.980	2.971	2.963	2.954	2.946	2.937	2.929	2.921	2.912
70	2.904	2.896	2.887	2.879	2.871	2.863	2.855	2.847	2.839	2.831
71	2.823	2.815	2.807	2.799	2.791	2.783	2.776	2.768	2.760	2.752
72	2.745	2.737	2.730	2.722	2.715	2.707	2.700	2.692	2.685	2.677
73	2.670	2.663	2.656	2.648	2.641	2.634	2.627	2.620	2.613	2.805
74	2.598	2.591	2.584	2.577	2.571	2.564	2.557	2.550	2.543	2.536
75	2.530	2.523	2.516	2.509	2.503	2.496	2.490	2.483	2.476	2.470
76	2.463	2.457	2.451	2.444	2.438	2.431	2.425	2.419	2.412	2.406
77	2.400	2.394	2.387	2.381	2.375	2.369	2.363	2.357	2.351	2.345
78	2.339	2.333	2.327	2.321	2.315	2.309	2.303	2.297	2.292	2.286
79	2.280	2.274	2.268	2.263	2.257	2.251	2.246	2.240	2.234	2.229
80	2.223	2.218	2.212	2.207	2.201	2.196	2.190	2.185	2.179	2.174
81	2.169	2.163	2.158	2.153	2.147	2.142	2.137	2.132	2.127	2.121
82	2.116	2.111	2.106	2.101	2.096	2.091	2.086	2.080	2.075	2.070
83	2.065	2.060	2.056	2.051	2.046	2.041	2.036	2.031	2.026	2.021
84	2.017	2.012	2.007	2.002	1.998	1.993	1.988	1.983	1.979	1.974
85	1.969	1.965	1.960	1.956	1.951	1.946	1.942	1.937	1.933	1.928

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
86	1.924	1.919	1.915	1.911	1.906	1.902	1.897	1.893	1.889	1.884
87	1.880	1.876	1.871	1.867	1.863	1.858	1.854	1.850	1.846	1.842
88	1.837	1.833	1.829	1.825	1.821	1.817	1.813	1.809	1.804	1.800
89	1.796	1.792	1.788	1.784	1.780	1.776	1.772	1.768	1.765	1.761
90	1.757	1.753	1.749	1.745	1.741	1.737	1.733	1.730	1.726	1.722
91	1.718	1.715	1.711	1.707	1.703	1.700	1.696	1.692	1.688	1.685
92	1.681	1.677	1.674	1.670	1.667	1.663	1.659	1.656	1.652	1.649
93	1.645	1.642	1.638	1.635	1.631	1.628	1.624	1.621	1.617	1.614
94	1.610	1.607	1.604	1.600	1.597	1.593	1.590	1.587	1.583	1.580
95	1.577	1.573	1.570	1.567	1.563	1.560	1.557	1.554	1.550	1.547
96	1.544	1.541	1.538	1.534	1.531	1.528	1.525	1.522	1.519	1.515
97	1.512	1.509	1.506	1.503	1.500	1.497	1.494	1.491	1.488	1.485
98	1.482	1.479	1.476	1.473	1.470	1.467	1.464	1.461	1.458	1.455
99	1.452	1.449	1.446	1.443	1.440	1.437	1.434	1.431	1.429	1.426
100	1.423	1.420	1.417	1.414	1.412	1.409	1.406	1.403	1.400	1.398
101	1.395	1.392	1.389	1.387	1.384	1.381	1.378	1.376	1.373	1.370
102	1.368	1.365	1.362	1.360	1.357	1.354	1.352	1.349	1.346	1.344
103	1.341	1.339	1.336	1.333	1.331	1.328	1.326	1.323	1.321	1.318
104	1.316	1.313	1.311	1.308	1.305	1.303	1.301	1.298	1.296	1.293
105	1.291	1.288	1.286	1.283	1.281	1.278	1.276	1.274	1.271	1.269
106	1.266	1.264	1.262	1.259	1.257	1.255	1.252	1.250	1.247	1.245
107	1.243	1.240	1.238	1.236	1.234	1.231	1.229	1.227	1.224	1.222
108	1.220	1.218	1.215	1.213	1.211	1.209	1.206	1.204	1.202	1.200
109	1.198	1.195	1.193	1.191	1.189	1.187	1.185	1.182	1.180	1.178
110	1.176	1.174	1.172	1.170	1.167	1.165	1.163	1.161	1.159	1.157
111	1.155	1.153	1.151	1.149	1.147	1.145	1.142	1.140	1.138	1.136
112	1.134	1.132	1.130	1.128	1.126	1.124	1.122	1.120	1.118	1.116
113	1.114	1.112	1.110	1.108	1.106	1.105	1.103	1.101	1.099	1.097
114	1.095	1.093	1.091	1.089	1.087	1.085	1.083	1.082	1.080	1.078
115	1.076	1.074	1.072	1.070	1.068	1.067	1.065	1.063	1.061	1.059

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
116	1.057	1.056	1.054	1.052	1.050	1.048	1.047	1.045	1.043	1.041
117	1.039	1.038	1.036	1.034	1.032	1.031	1.029	1.027	1.025	1.024
118	1.022	1.020	1.018	1.017	1.015	1.013	1.012	1.010	1.008	1.006
119	1.005	1.003	1.001	0.9998	0.9981	0.9964	0.9947	0.9931	0.9914	0.9898
120	0.9881	0.9865	0.9848	0.9832	0.9816	0.9799	0.9783	0.9767	0.9751	0.9735
121	0.9719	0.9703	0.9687	0.9671	0.9655	0.9639	0.9623	0.9607	0.9591	0.9576
122	0.9560	0.9544	0.9529	0.9513	0.9498	0.9482	0.9467	0.9451	0.9436	0.9420
123	0.9405	0.9390	0.9375	0.9359	0.9344	0.9329	0.9314	0.9299	0.9284	0.9269
124	0.9254	0.9239	0.9224	0.9209	0.9195	0.9180	0.9165	0.9150	0.9136	0.9121
125	0.9107	0.9092	0.9078	0.9063	0.9049	0.9034	0.9020	0.9005	0.8991	0.8977
126	0.8963	0.8948	0.8934	0.8920	0.8906	0.8892	0.8878	0.8864	0.8850	0.8836
127	0.8822	0.8808	0.8794	0.8780	0.8767	0.8753	0.8739	0.8726	0.8712	0.8698
128	0.8685	0.8671	0.8658	0.8644	0.8631	0.8617	0.8604	0.8591	0.8577	0.8564
129	0.8551	0.8537	0.8524	0.8511	0.8498	0.8485	0.8472	0.8459	0.8446	0.8433
130	0.8420	0.8407	0.8394	0.8381	0.8368	0.8355	0.8343	0.8330	0.8317	0.8304
131	0.8291	0.8279	0.8266	0.8254	0.8241	0.8229	0.8216	0.8204	0.8191	0.8179
132	0.8166	0.8154	0.8142	0.8129	0.8117	0.8105	0.8093	0.8080	0.8068	0.8056
133	0.8044	0.8032	0.8020	0.8008	0.7996	0.7984	0.7972	0.7960	0.7948	0.7936
134	0.7924	0.7913	0.7901	0.7889	0.7877	0.7866	0.7854	0.7842	0.7831	0.7819
135	0.7807	0.7796	0.7784	0.7773	0.7761	0.7750	0.7738	0.7727	0.7716	0.7704
136	0.7693	0.7682	0.7670	0.7659	0.7648	0.7637	0.7626	0.7614	0.7603	0.7592
137	0.7581	0.7570	0.7559	0.7548	0.7537	0.7526	0.7515	0.7504	0.7493	0.7483
138	0.7472	0.7461	0.7450	0.7439	0.7429	0.7418	0.7407	0.7396	0.7386	0.7375
139	0.7365	0.7354	0.7343	0.7333	0.7322	0.7312	0.7301	0.7291	0.7281	0.7270
140	0.7260	0.7249	0.7239	0.7229	0.7218	0.7208	0.7198	0.7188	0.7177	0.7167
141	0.7157	0.7147	0.7137	0.7127	0.7117	0.7107	0.7097	0.7087	0.7077	0.7067
142	0.7057	0.7047	0.7037	0.7027	0.7017	0.7007	0.6997	0.6988	0.6978	0.6968
143	0.6958	0.6949	0.6939	0.6929	0.6920	0.6910	0.6900	0.6891	0.6881	0.6872
144	0.6862	0.6852	0.6843	0.6834	0.6824	0.6815	0.6805	0.6796	0.6786	0.6777
145	0.6768	0.6758	0.6749	0.6740	0.6731	0.6721	0.6712	0.6703	0.6694	0.6684

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
146	0.6675	0.6666	0.6657	0.6648	0.6639	0.6630	0.6621	0.6612	0.6603	0.6594
147	0.6585	0.6576	0.6567	0.6558	0.6549	0.6540	0.6531	0.6523	0.6514	0.6505
148	0.6496	0.6487	0.6479	0.6470	0.6461	0.6452	0.6444	0.6435	0.6426	0.6418
149	0.6409	0.6401	0.6392	0.6383	0.6375	0.6366	0.6358	0.6349	0.6341	0.6332
150	0.6324	0.6316	0.6307	0.6299	0.6290	0.6282	0.6274	0.6265	0.6257	0.6249
151	0.6241	0.6232	0.6224	0.6216	0.6208	0.6199	0.6191	0.6183	0.6175	0.6167
152	0.6159	0.6151	0.6143	0.6134	0.6126	0.6118	0.6110	0.6102	0.6094	0.6086
153	0.6078	0.6071	0.6063	0.6055	0.6047	0.6039	0.6031	0.6023	0.6015	0.6008
154	0.6000	0.5992	0.5984	0.5976	0.5969	0.5961	0.5953	0.5946	0.5938	0.5930
155	0.5923	0.5915	0.5907	0.5900	0.5892	0.5885	0.5877	0.5869	0.5862	0.5854
156	0.5847	0.5839	0.5832	0.5825	0.5817	0.5810	0.5802	0.5795	0.5787	0.5780
157	0.5773	0.5765	0.5758	0.5751	0.5743	0.5736	0.5729	0.5722	0.5714	0.5707
158	0.5700	0.5693	0.5685	0.5678	0.5671	0.5664	0.5657	0.5650	0.5643	0.5635
159	0.5628	0.5621	0.5614	0.5607	0.5600	0.5593	0.5586	0.5579	0.5572	0.5565
160	0.5558	0.5551	0.5544	0.5537	0.5531	0.5524	0.5517	0.5510	0.5503	0.5496
161	0.5489	0.5483	0.5476	0.5469	0.5462	0.5455	0.5449	0.5442	0.5435	0.5429
162	0.5422	0.5415	0.5408	0.5402	0.5395	0.5389	0.5382	0.5375	0.5369	0.5362
163	0.5356	0.5349	0.5342	0.5336	0.5329	0.5323	0.5316	0.5310	0.5303	0.5297
164	0.5290	0.5284	0.5278	0.5271	0.5265	0.5258	0.5252	0.5246	0.5239	0.5233
165	0.5226	0.5220	0.5214	0.5208	0.5201	0.5195	0.5189	0.5182	0.5176	0.5170
166	0.5164	0.5157	0.5151	0.5145	0.5139	0.5133	0.5127	0.5120	0.5114	0.5108
167	0.5102	0.5096	0.5090	0.5084	0.5078	0.5072	0.5066	0.5060	0.5054	0.5047
168	0.5041	0.5035	0.5030	0.5024	0.5018	0.5012	0.5006	0.5000	0.4994	0.4988
169	0.4982	0.4976	0.4970	0.4964	0.4959	0.4953	0.4947	0.4941	0.4935	0.4929
170	0.4924	0.4918	0.4912	0.4906	0.4900	0.4895	0.4889	0.4883	0.4878	0.4872
171	0.4866	0.4860	0.4855	0.4849	0.4843	0.4838	0.4832	0.4827	0.4821	0.4815
172	0.4810	0.4804	0.4799	0.4793	0.4787	0.4782	0.4776	0.4771	0.4765	0.4760
173	0.4754	0.4749	0.4743	0.4738	0.4732	0.4727	0.4721	0.4716	0.4711	0.4705
174	0.4700	0.4694	0.4689	0.4684	0.4678	0.4673	0.4668	0.4662	0.4657	0.4652
175	0.4646	0.4641	0.4636	0.4630	0.4625	0.4620	0.4615	0.4609	0.4604	0.4599

续表

压痕对 角线 μm	对角线测量精确至 $0.1\mu\text{m}$ 的努氏硬度值									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
176	0.4594	0.4588	0.4583	0.4578	0.4573	0.4568	0.4562	0.4557	0.4552	0.4547
177	0.4542	0.4537	0.4532	0.4526	0.4521	0.4516	0.4511	0.4506	0.4501	0.4496
178	0.4491	0.4486	0.4481	0.4476	0.4471	0.4466	0.4461	0.4456	0.4451	0.4446
179	0.4441	0.4436	0.4431	0.4426	0.4421	0.4416	0.4411	0.4406	0.4401	0.4397
180	0.4392	0.4387	0.4382	0.4377	0.4372	0.4367	0.4363	0.4358	0.4353	0.4348
181	0.4343	0.4339	0.4334	0.4329	0.4324	0.4319	0.4315	0.4310	0.4305	0.4300
182	0.4296	0.4291	0.4286	0.4282	0.4277	0.4272	0.4268	0.4263	0.4258	0.4254
183	0.4249	0.4244	0.4240	0.4235	0.4230	0.4226	0.4221	0.4217	0.4212	0.4207
184	0.4203	0.4198	0.4194	0.4189	0.4185	0.4180	0.4176	0.4171	0.4167	0.4162
185	0.4158	0.4153	0.4149	0.4144	0.4140	0.4135	0.4131	0.4126	0.4122	0.4117
186	0.4113	0.4109	0.4104	0.4100	0.4095	0.4091	0.4087	0.4082	0.4078	0.4073
187	0.4069	0.4065	0.4060	0.4056	0.4052	0.4047	0.4043	0.4039	0.4034	0.4030
188	0.4026	0.4022	0.4017	0.4013	0.4009	0.4005	0.4000	0.3996	0.3992	0.3988
189	0.3983	0.3979	0.3975	0.3971	0.3967	0.3962	0.3958	0.3954	0.3950	0.3946
190	0.3942	0.3937	0.3933	0.3929	0.3925	0.3921	0.3917	0.3913	0.3909	0.3905
191	0.3900	0.3896	0.3892	0.3888	0.3884	0.3880	0.3876	0.3872	0.3868	0.3864
192	0.3860	0.3856	0.3852	0.3848	0.3844	0.3840	0.3836	0.3832	0.3828	0.3824
193	0.3820	0.3816	0.3812	0.3808	0.3804	0.3800	0.3796	0.3792	0.3789	0.3785
194	0.3781	0.3777	0.3773	0.3769	0.3765	0.3761	0.3757	0.3754	0.3750	0.3746
195	0.3742	0.3738	0.3734	0.3731	0.3727	0.3723	0.3719	0.3715	0.3712	0.3708
196	0.3704	0.3700	0.3696	0.3693	0.3689	0.3685	0.3681	0.3678	0.3674	0.3670
197	0.3663	0.3663	0.3659	0.3655	0.3652	0.3648	0.3644	0.3641	0.3637	0.3633
198	0.3630	0.3626	0.3622	0.3619	0.3615	0.3611	0.3608	0.3604	0.3600	0.3597
199	0.3593	0.3590	0.3586	0.3582	0.3579	0.3575	0.3572	0.3568	0.3564	0.3561
200	0.3557	0.3554	0.3550	0.3547	0.3543	0.3540	0.3536	0.3533	0.3529	0.3525

附加说明:

本标准由机械电子工业部提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准由武汉材料保护研究所负责起草。

本标准主要起草人滕清泉、苏秀文。