

热处理

质量控制与检验

主编：谢绍志

实务全书

安徽音像出版社

压痕直径 /mm	布氏硬度(HBS)		
	$30D^2$	$10D^2$	$2.5D^2$
6.20	(88.7)		
6.25	(87.1)		
6.30	(85.5)		
6.35	(84.0)		
6.40	(82.5)		
6.45	(81.0)		

注:1. 表中压痕直径为 10mm 钢球试验数值,如用 $\phi 5\text{mm}$ 或 $\phi 2.5\text{mm}$ 钢球试验时,则所得压痕直径应分别增加 2 倍或 4 倍。例如用 $\phi 5\text{mm}$ 钢球在 750kgf 载荷作用下所得压痕直径为 1.65mm,则在查表时应采用 3.30mm(即 $1.65 \times 2 = 3.30$),而其相应硬度值为 341。

2. 根据 GB231—1984 规定,压痕直径的大小应在 $(0.24 \sim 0.6)D$ 范围内,故表中对此范围以外的硬度值均加括号“()”,仅供参考。

3. 表中未列出压痕直径的 HBS,可根据其上下两数值用内插法计算求得。

由于测试零件厚度和材料硬度的不同,如果只采用一个标准的载荷,则对钢材和厚工件虽然适合,但对软金属(如铝,锡)或薄的工件(如厚度小于 2mm)就不适合,这时要根据不同材料和工件厚度,选择不同的 P 和 D 的搭配。为了得到统一的、可以比较的 HB 值,布氏硬度压痕需遵守相似法则,保证压痕几何形状相似,即保证压入角 φ 恒定(见图 7-2)。由图 7-2 可知, $d = D \sin(\varphi/2)$,代入式 7-2 可得

$$HB = \left(\frac{P}{D_2^2} \right) \frac{2}{\pi \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \right)} \quad (7-3)$$

式 7-3 表明,假若压力角 φ 不变,为了使同一材料两者所得 HBS 相同,则要求 (P/D^2) 也应保持为常数,即 $P_1/D_1^2 = P_2/D_2^2 = \dots = \text{常数}$ 。另外,国家标准 GB231—1984 中规定,只有当满足 $(0.24 \sim 0.6)D$ 时,试验结果才有效。在实际应用中,通常规定的 P/D^2 有 30、15、10、5、2.5、1.25 共七种,根据金属种类和试样厚度不同分别选用(参见表 7-2、7-3)。

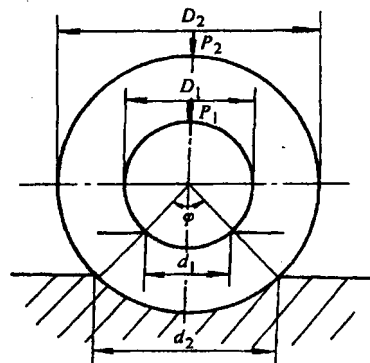


图 7-2 压痕相似原理

表 7-2 布氏硬度试验技术条件

材料	硬度范围 (HBS)	P/D^2	保荷时间 /S	备 注
钢及 铸铁	< 140 ≥ 140	10 30	10 ~ 15	对铸铁在厚度允许时 采用 10mm 钢球, 否 则可采用 2.5mm 或 5mm 钢球
铜及铜 合金	< 35 35 ~ 200 > 200	5 10 30	HB > 35 时 为 30 ± 2	
轻金属	< 35 35 ~ 80 > 80	5 10 15	HB ≤ 35 时 为 60 ± 2	
铅、锡		1 1.25		

注: 试验是在 10 ~ 35℃ 温度内进行。

表 7-3 布氏硬度试样最小厚度

钢球直径 /mm	最小厚度 /mm <i>P/N</i>	HBS	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	150	200	300	400	500
2.5	613				4.0	2.7	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3		
2.5	1839											2.4	2.0	1.7	1.6	1.2	0.8	0.6	0.5
5	613		4.0	2.7	2.0	1.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4							
5	2452					5.3	4.0	3.2	2.7	2.3	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1				
5	7355											4.8	4.0	3.4	3.2	2.4	1.6	1.2	1.0

钢球直径 /mm	最小厚度 /mm P/N	HBS																
		10	15	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	150	200	300	400	500
10	2452			8.05	34.03	22.62	3											
10	9807				10.68	06.45	34.54	03.22	62.32	1								
10	29420										9.68	06.86	44.83	22.41	9			

由表 7-2 可见,金属愈软,则载荷保持时间愈长。这是因为金属愈软,塑性变形量愈大,而变形本身需要一段时间,故载荷保持时间相对较长。但需注意,为了使所得数据可以相互比较,保持时间不应过长,因为对 Pb、Sn 等金属在室温下也会发生冷蠕变现象,即变形随着时间不断增大。

对于大型铸锻件和钢材,可采用轻便的锤击式简易布氏硬度计,这种硬度计的构造和使用示意图如图 7-3 所示。其主要部分为钢球,锤击杆 5 及标准布氏硬度块(标准杆)6。测试时,首先估计被测试工件大致的硬度值,选择与其硬度值相近的标准杆插入硬度计内,然后用手锤敲击锤杆顶端一次。这样,钢球以相等的力同时压入试样和标准杆表面,可分别得压痕直径 d 和 d' 。根据式 7-2 可得

$$HB = HB' \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{D - \sqrt{D^2 - d'^2}} \quad (7-4)$$

式中 D ——钢球直径(mm);

d' , HB' ——分别表示标准杆压痕直径和硬度值;

d , HB ——分别表示待测试样的压痕直径和硬度值。

由于 D 与 HB' 为已知值,只要测得 d , d' 即可算出或查表得到 HB 值(见表 7-4)。

表 7-4 是以标准杆硬度为 202HBS 时的换算值,若所试标准杆硬度值不为 202HBS,则需将表中查出的硬度值乘以系数 K , K 值可由表 7-5 查得。此方法简单方便,但精度低(误差 7% ~ 10%),需用标准硬度块经常校准。

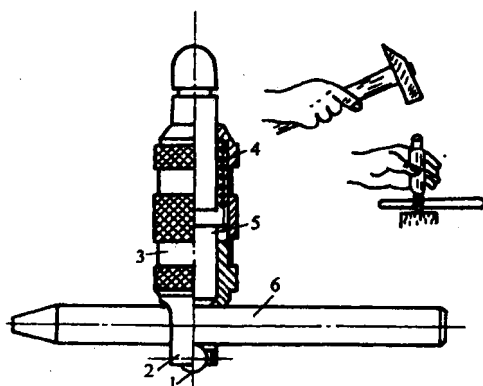


图 7-3 锤击式简易布氏硬度计

1-钢球 2-球帽 3-握持器 4-弹簧 5-锤击杆 7-标准杆

表 7-5 锤击式布氏硬度试验中系数 K 的数值

标准杆硬度(HBS)	系数 K
150	0.742
152	0.752
154	0.762
156	0.772
158	0.782
160	0.792
162	0.802
164	0.812
166	0.822
168	0.832
170	0.842
172	0.851
174	0.861
176	0.871
178	0.881
180	0.891
182	0.901

表 7-4 锤击式布氏硬度换算值

标准杆压痕 直径/mm	试 样 压 痕 直 径 /mm													
	1.61	1.71	1.81	1.92	2.02	2.12	2.22	2.32	2.42	2.52	2.62	2.72	2.82	2.92
1.6	202	160	131	111	97									
1.7	229	202	164	134	115	99								
1.8	257	229	202	164	139	121	105							
1.9	292	255	227	202	164	139	121	105						
2.0	321	283	252	224	202	166	142	123	109	97				
2.1	361	307	279	250	224	202	166	142	126	109	97			
2.2	401	348	307	276	247	224	202	166	145	129	115	101		
2.3	450	391	340	301	270	244	221	202	170	148	131	115	105	
2.4	509	429	375	331	295	267	240	221	202	170	148	131	118	107
2.5	578	479	412	364	321	290	264	240	218	202	174	152	134	121
2.6	505	456	398	352	315	287	261	238	218	202	174	152	136	123
2.7	605	509	435	388	343	304	279	255	235	218	202	177	154	136
2.8	571	484	420	375	334	304	279	255	235	218	202	177	154	139
2.9	540	461	406	364	331	301	276	252	235	218	202	177	157	142
3.0	596	512	441	396	355	321	295	270	252	232	218	202	177	157
3.1	566	488	426	386	345	315	292	270	250	232	215	202	177	157
3.2	537	467	415	375	340	310	287	267	250	232	215	202	177	160
3.3	590	509	447	403	366	334	307	283	264	247	229	215	202	177
3.4	564	488	432	394	358	328	301	282	261	244	229	215	202	181
3.5	605	534	470	420	382	352	321	298	279	261	244	229	215	202
3.6	580	508	452	406	376	345	319	296	277	256	240	226	214	202
3.7	558	490	438	401	368	339	313	293	273	254	240	226	212	202
3.8	602	533	472	426	392	362	333	307	291	273	254	240	226	212
3.9	576	510	458	414	386	356	327	303	287	271	252	238	224	212
4.0	558	492	444	406	376	346	321	301	283	266	252	238	224	212
4.1	596	530	474	429	398	366	340	319	299	282	264	250	231	224
4.2	573	509	461	420	391	361	334	313	295	279	264	250	234	224
4.3	549	492	446	412	382	357	331	309	293	277	260	246	234	224
4.4	527	476	432	400	376	352	327	307	291	277	256	246	234	224

标准杆硬度(HBS)	系数 K
184	0.911
186	0.921
188	0.931
190	0.941
192	0.950
194	0.960
196	0.970
198	0.980
200	0.990
202	1.000
204	1.010
206	1.020
208	1.030
210	1.040

布氏硬度的优点是其硬度值代表性全面,数据稳定,测量精度较高。因为其压痕面积较大,能反映金属表面较大范围内各组成相综合平均的性能数值,故特别适宜于测定灰铸铁、轴承合金等具有粗大晶粒或粗大组成相的金属材料。

其缺点是试验操作时间较长,对不同材料的试样需要更换压头及载荷,压痕测量也较费时间。在进行高硬度材料测试时,由于钢球本身的变形,会使测量结果不准确,因此一般对硬度 > 450HBW 以上(若采用硬质合金压头时硬度 > 650HBW 以上)材料便不能使用。由于压痕较大,成品检验和薄件试验有困难。

布氏硬度试验的注意事项和局限性:

为了测试的准确性,试验过程中应注意以下事项:

·试样厚度:试样厚度应大于压痕深度的十倍,在压痕相对的一面,不应出现影响加载的弧面等形状。压痕深度按下式计算

$$\text{深度}(\text{mm}) = \frac{P}{\pi D \times (\text{HB})}$$

其中 P 为载荷(kgf); D 为球直径(mm)。

·试验表面:平整表面能获得最佳结果。半径小于 25.4mm(1in)的弧形试验表面不应做试验。

·压痕间距:为了测量精度,压痕中心到工件任一边缘的距离应大于压痕直径的 3 倍,相邻压痕的中心间距也应大于压痕直径的 3 倍。

·表面粗糙度:布氏硬度的精度与压痕的清晰程度有关,表面应当经过切削、研磨或抛光。另外,为了测量精度,工件表面必须能代表材料,表面脱碳或表层硬化层必须在试验前清除掉。

·砧座:为了保证试验表面与受力垂直定位 ($< 2^\circ$ 范围)和工件在试验时移动量最小,工件必须正确地放在砧座上。

三、洛氏硬度试验法

(一)洛氏硬度试验原理和规定

洛氏硬度试验是目前应用最广的试验方法,但它与布氏硬度不同,不是测定压痕的直径,而是测量压痕的深度。它以深度值 t 表示材料的硬度指标,金属愈硬则压痕深度 t 愈小;反之则 t 愈大。如果直接以 t 的大小作为硬度指标,将与人们对硬度大小的概念相矛盾,为此人们取一常数 K 减去压痕深度 t ,即 $(K - t)$ 作为硬度值的指标,并规定每 0.002mm 为一个洛氏硬度单位,用符号 HR 表示,则洛氏硬氏值为

$$HR = \frac{K - t}{0.002} \quad (7-5)$$

这样便可在表盘上直接读出洛氏硬度值。

为了能用同一硬度计测定从极软到极硬材料的硬度,可采用不同的压头和载荷,组成了 15 种不同的洛氏硬度标尺(见表 7-6)。

表 7-6 各种洛氏硬度标尺的试验条件和应用

标尺符号	所用压头	预载荷/N	总载荷/N	应 用 举 例
HRA	金刚石圆锥	100	600	硬质合金、碳化物、表面淬火钢、硬化薄钢板
HRB	1/16in 钢球	100	1000	铜合金、退火钢、铝合金、可锻铸铁等
HRC	金刚石圆锥	100	1500	淬火钢、冷硬铸铁、珠光体可锻铸铁、钛合金等
HRD	金刚石圆锥	100	1000	薄钢板、表面硬化层为中等厚度的钢、珠光体可锻铸铁

标尺符号	所用压头	预载荷/N	总载荷/N	应用举例
HRE	1/8in 钢球	100	1000	铸铁、铝、镁合金、轴承合金等退火铜合金、薄软钢板等
HRF	1/16in 钢球	100	600	
HRG	1/16in 钢球	100	1500	磷青铜、铍青铜和可锻铸铁
HRH	1/8in 钢球	100	600	铝、锌、铅等
HRK	1/8in 钢球	100	1500	轴承合金和其他很薄、很软的材料
HRL	1/4in 钢球	100	600	
HRM	1/4in 钢球	100	1000	
HRP	1/4in 钢球	100	1500	
HRR	1/2in 钢球	100	600	
HRS	1/2in 钢球	100	1000	
HRV	1/2in 钢球	100	1500	
15N	金刚石锥	30	150	表面硬化钢、硬薄钢板
30N	金刚石锥	30	300	
45N	金刚石锥	30	450	
15T	1/16in 钢球	30	150	铜、黄铜、青铜的薄板
30T	1/16in 钢球	30	300	
45T	1/16in 钢球	30	450	

洛氏硬度的试验原理(以 HRC 为例)可用图 7-4 表示。为保证压头与试样表面接触良好,试验时首先加一预载荷(100N),在金属表面得一压痕深度 t_0 ,此时指针在表盘上位置指零(图 7-4a),这也表明 t_0 压痕深度不计入硬度值。然后再加上主载荷(1400N),压头压入深度为 t_1 ,表盘上指针以逆时针方向转动到相应的刻度位置(图 7-4b)。当主负荷卸去后,总变形中的弹性变形部分将恢复,压头将回升一段距离 $(t_1 - t)$ (图 7-4c),这时金属表面总变形中残留下来的塑性变形部分即为压痕深度 t ,而在表盘上顺时针方向指针所指位置,即代表 HRC 硬度值。

洛氏硬度试验具有以下优点:

(1)因洛氏硬度有许多不同的标尺,压头有硬质、软质多种,可以测出从极软到极硬材料的硬度,不存在压头变形问题。

(2)压痕小,对一般工件不造成损伤。

(3)操作简单迅速,立即得出数据,生产效率高,适用于大量生产中的产品检验。
缺点是采用不同的硬度级测得的硬度无法统一进行比较,不象布氏硬度从小到大可以统一比较。此外,因压痕小,对于具有粗大组织的材料(如灰铸铁和粗晶材料等),缺乏代表性,因此不宜采用此法进行试验。

(二)几种特殊洛氏硬度试验方法

1. 曲面洛氏硬度试验 采用洛氏硬度试验方法测定曲率较大的弯曲面或柱面的硬度时,可能会带来较大的误差,需进行一定的修正(见表 7-7)。

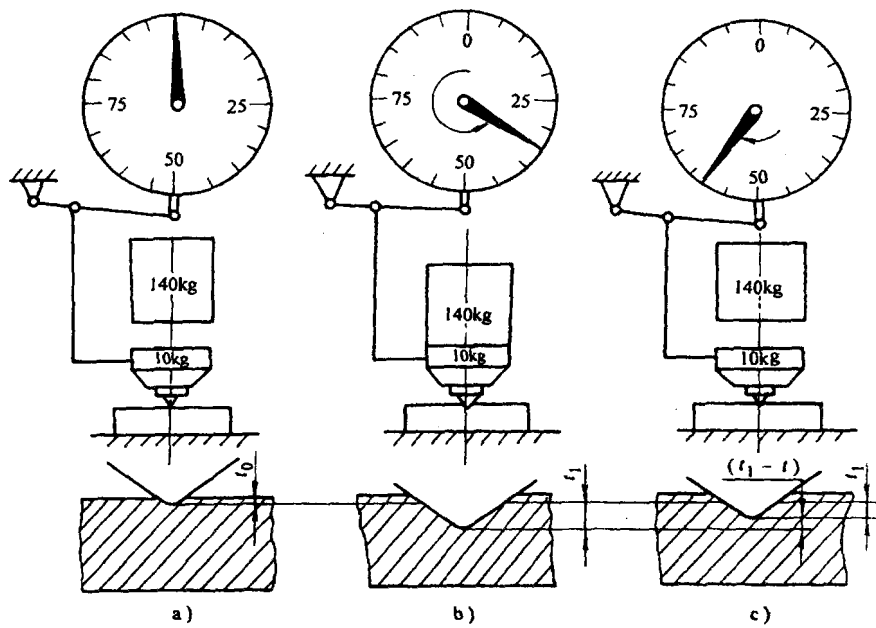


图 7-4 洛氏硬度试验过程示意图

表 7-7 曲面零件实测硬度修正表

一、在圆柱体上测定 HRC 的数值修正数																	
圆柱直径 /mm	测 定 的 硬 度 值(HRC)																
	15 ~	> 20	> 25	> 30	> 33	> 35	> 38	> 40	> 43	> 45	> 48	> 50	> 53	> 55	> 58	> 60	> 68
	20 ~	25 ~	30 ~	33 ~	35 ~	38 ~	40 ~	43 ~	45 ~	48 ~	50 ~	53 ~	55 ~	58 ~	60 ~	63 ~	64
应 补 加 的 修 正 值 (HRC)																	
3 ~ 4	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5

一、在圆柱体上测定 HRC 的数值修正数

>4~5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5
>5~6	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
>6~7	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
>7~8	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
>8~9	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0
>9~10	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5
>10~11	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
>11~12	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
>12~13	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
>13~15	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
>15~17	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
>17~20	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
>20~25	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—
>25~30	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—	—

二、在圆柱体上测定 HRB 的数值修正表

圆柱直径 /mm	测 定 的 硬 度 值(HRB)															
	20~25	>25~30	>30~35	>35~40	>40~45	>45~50	>50~55	>55~60	>60~65	>65~70	>70~75	>75~80	>80~85	>85~90	>90~95	>95~100
	应 补 加 的 修 正 值 (HRB)															
>3~4	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9.5	8.5	7.5	7	6.5	5.5	5
>4~5	14	13	12	11	10	9.5	9	8.5	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4
>5~6	12	11	10	9	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5
>6~7	10.5	10	9.5	9	8.5	7.5	7	6.5	6	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3
>7~8	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	5	4.5	4.5	4	3.5	3	2.5
>8~9	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4.5	4	4	3.5	3.5	3	2.5	2
>9~10	7	6.5	6	5.5	5	5	4.5	4	4	3.5	3.5	3	3	2.5	2	2
>10~11	6	5.5	5	5	4.5	4	3.5	3.5	3.5	3	3	2.5	2.5	2	2	1.5
>11~12	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3.5	3	3	2.5	2.5	2	2	1.5	1.5	1.5
>12~13	5	4.5	4	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5

第七章 力学性能试验

一、在圆柱体上测定 HRC 的数值修正数

> 13 ~ 15	4	3.5	3.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1
> 15 ~ 17	3.5	3	3	2.5	2.5	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1
> 17 ~ 20	3	2.5	2.5	2.5	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1
> 20 ~ 25	2.5	2	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
> 25 ~ 30	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5

三、在球面上测定 HRC 数值的修正表

圆柱直径 /mm	在球面上所测定的硬度 HRC 数值											
	50 ~ 53	> 53 ~ 54	> 54 ~ 55	> 55 ~ 56	> 56 ~ 57	> 57 ~ 58	> 58 ~ 59	> 59 ~ 60	> 60 ~ 61	> 61 ~ 62	> 62 ~ 63	> 63 ~ 64
	应 补 加 的 修 正 值(HRC)											
3~4	6.0	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0
> 4~5	5.5	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5
> 5~6	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0
> 6~7	4.5	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
> 7~8	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
> 8~9	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
> 9~10	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0
> 10~11	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
> 11~12	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0
> 12~13	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5
> 13~15	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
> 15~17	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
> 17~20	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
> 20~25	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
> 25~30	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—

注:1. 当零件直径 $D > 10\text{mm}$ 时, HRC > 60 可不考虑修正值。

2. 当零件直径 $D > 15\text{mm}$ 时, HRC > 70 可不考虑修正值。

2. 表面洛氏硬度试验 表 7-60 中 15N、30N、45N、15T、30T、45T 为表面洛氏硬度试验方法,属于轻载荷洛氏硬度试验法,初载为 3kgf,总载荷分别为 150、300、450N,并以 0.001mm 压痕深度为一个硬度单位,表盘满刻度为 100。一般用于测定极薄材料

和零件化学热处理后的表面硬度。

(三)洛氏硬度试验的注意事项和局限性

1. 试样表面的制备 工件表面粗糙度要求取决于所使用的洛氏标度。对于通常的 1500N 载荷金刚石压头或 100kgf 载荷球压头,表面精磨已足够,对轻荷(如 15kgf 载荷)一般需磨光或抛光表面。另外,表面缺陷如表面脱碳、氧化等,应当去除后才能测得准确值。

2. 压痕间距 两压痕中心间距必须大于 3 倍压痕直径,压痕中心距边缘距离应大于 2.5 倍压痕直径。

3. 试样尺寸和形状 对于特殊形状的工件(如大试样、长试样、薄壁环形体和管材等),需要附加支承设备。对于大而笨重的工件必须放在支架或特殊的垫块上,对长试样,加载时应当避免在试样和压头之间产生附加弯矩,而不是单纯的压应力。在测定长试样一端时,另一端应支撑在辅助支架上,不应用手来代替支架。对圆柱形试样应采用 V 形砧座。

测内表面洛氏硬度试验时,应采用图 7-5 所示的鹅颈式转接器型压头。

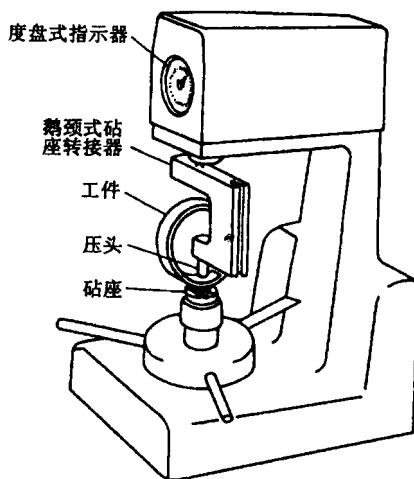


图 7-5 用鹅颈式转接器进行薄壁

圆筒形工件洛氏硬度试验的装置

对齿轮和其他形状复杂的工件,要使用专门设计、制造的专用砧座和工夹具,才能保证测定值的精度。

四、维氏硬度、显微硬度和努氏硬度试验

(一) 维氏硬度试验

由于布氏硬度试验法存在钢球变形问题,限制它不能用于测定高硬度材料(> 450HBW),洛氏硬度试验法虽可测定各种金属的硬度,但需采用不同的标度,不同标度测定的硬度值又不能直接换算,因此出现了维氏硬度试验法。

维氏硬度测定原理基本上和布氏硬度相同,也是根据单位压痕陷凹面积上所受的载荷,即应力值作为硬度值的计量指标。所不同的是维氏硬度采用了锥面夹角为 136° 的金刚石四方角锥体。这时由于压入角 φ 恒定不变,使得载荷改变时,压痕的几何形状相似。因此,在维氏硬度试验中,载荷可以任意选择,而所得硬度值相同,这是维氏硬度试验最主要的特点,也是最大的优点。四方角锥之所以选取 136° ,是为了所测数据与 HB 值能得到最好的配合。因为一般布氏硬度试验时压痕直径 d 多半在 $(0.25 \sim 0.5)D$ 之间,取平均值为 $0.375D$,这时布氏硬度的压入角 $\varphi = 44^\circ$,而面角为 136° 的正四棱锥形压痕的压入角也等于 44° 。所以在中低硬度范围内,维氏硬度与布氏硬度值很接近(见图 7-6)。

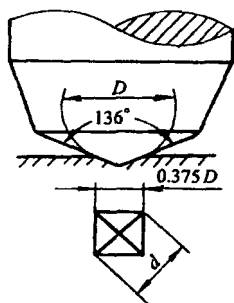


图 7-6 维氏硬度压头锥面夹角的确定

此外,采用金刚石方角锥后,压痕为一具有轮廓清晰的正方形,在测量压痕对角线长度 d 时误差小,同时不存在压头变形问题,适用于任何硬度材料。

维氏硬度值以符号 HV 表示,其值可表示为

$$HV = \frac{P}{A_{\text{凹}}} = \frac{P}{d^2/2\sin 68^\circ} = 1.854 \frac{P}{d^2} \quad (7-6)$$

由式 7-6 可以看出,只要量出压痕对角线长度 d ,即可求出 HV 值,或通过查表获得 HV 值(见表 7-8),HV 值的单位为 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ 。若单位采用 MPa,则式 7-6 右边应乘以 0.102 才得所求 HV 值。

表 7-8 压痕对角线与维氏硬度对照表

压痕对角线 /mm	维氏硬度(HV) 在下列载荷 P/N		
	300	100	50
0.100			927
0.105			841
0.110			766
0.115			701
0.120		1288	644
0.125		1189	593
0.130		1097	549
0.135		1030	509
0.140		946	473
0.145		882	441
0.150		824	412
0.155		772	386
0.160		724	362
0.165		681	341
0.170		642	321
0.175		606	303
0.180		572	286
0.185		542	271
0.190		514	257
0.195		488	244
0.200		464	232
0.205		442	221
0.210		421	210
0.215		401	201
0.220	1149	383	192
0.225	1113	366	183

第七章 力学性能试验

压痕对角线 /mm	维氏硬度(HV) 在下列载荷 P/N		
	300	100	50
0.230	1051	351	175
0.235	1007	336	168
0.240	966	322	161
0.245	927	309	155
0.250	890	297	148
0.255	856	285	143
0.260	823	274	137
0.265	792	264	132
0.270	763	254	127
0.275	736	245	123
0.280	710	236	118
0.285	685	228	114
0.290	661	221	110
0.295	639	213	107
0.300	618	206	103
0.305	598	199	99.7
0.310	579	193	96.5
0.315	561	187	93.4
0.320	543	181	90.6
0.325	527	176	87.8
0.330	511	170	85.2
0.335	496	165	82.6
0.340	481	160	80.2
0.345	467	156	77.9
0.350	454	151	75.7
0.355	441	147	73.6
0.360	429	143	71.6

压痕对角线 /mm	维氏硬度(HV) 在下列载荷 P/N		
	300	100	50
0.365	418	139	69.6
0.370	406	136	67.7
0.375	396	132	66.0
0.380	385	128	64.2
0.385	375	125	62.6
0.390	366	122	61.0
0.395	357	119	59.4
0.400	348	116	58.0
0.405	339	113	56.5
0.410	331	110	55.2
0.415	323	108	53.9
0.420	315	105	52.6
0.425	308	103	51.3
0.430	301	100	50.2
0.435	294	98.0	49.0
0.440	287	95.8	47.9
0.445	281	93.6	46.8
0.450	275	91.6	45.8
0.455	269	89.6	44.8
0.460	263	87.6	43.8
0.46.5	257	85.8	42.9
0.470	252	84.0	42.0
0.475	247	82.2	41.1
0.480	242	80.5	40.2
0.485	237	78.8	39.4
0.490	232	77.2	38.6
0.495	227	75.7	37.8