

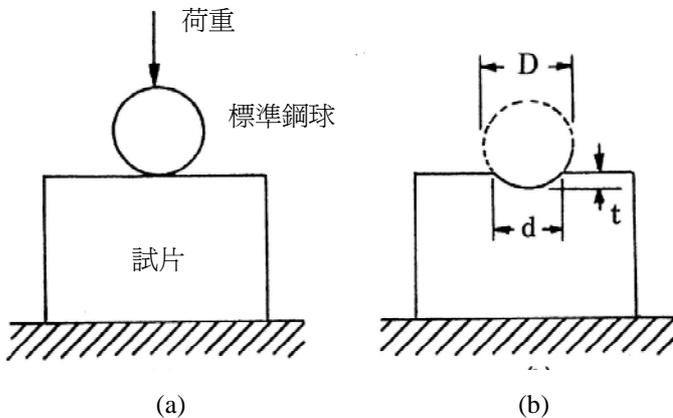
硬度實驗

硬度試驗是將特定之標準壓痕器(Indenter)以一定的荷重，在材料表面壓下，而利用該材料在局部所造成的抵抗表示硬度。由此法所測出之硬度，含有材料的彈性及塑性抵抗兩方面的意義。通常所採用的硬度試驗有 Brinell, Rockwell, Shore 和 Vickers 硬度試驗。

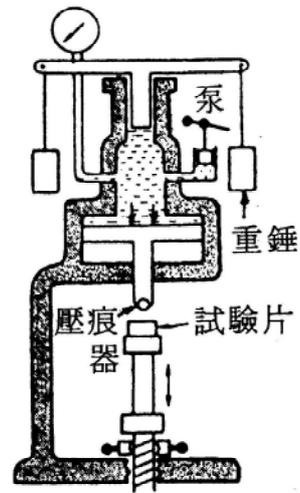
壹、Brinell 硬度試驗

一、實驗目的

測定材料之勃氏硬度值 HB



第1圖 Brinell 硬度試驗原理圖



第2圖 Brinell 硬度試驗機

二、儀器設備

1. 油壓型勃氏硬度試驗機，如第2圖所示。
2. 壓痕直徑量測用顯微鏡。

三、實驗材料

碳鋼、鑄鐵、黃銅、鋁合金。

四、實驗內容

(一)原理概要

將標準鋼球以一定的荷重壓入試驗片的表面，使試驗片發生壓痕，所加的荷重 P 以壓痕的表面積除時，其所得的商謂之 Brinell 硬度 HB。如下式所示：

$$HB = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi Dt} = \frac{P}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

P=加在鋼球上的荷重(kg)

D=標準鋼球的直徑(mm)

d=壓痕的最大直徑(mm)

t=壓痕的最大深度(mm)

(二)實驗方法

1. 選定適當大小的鋼球和荷重(參考第 1 表)，並將鋼球和荷重重錘裝上試驗機。試驗時所生的壓痕直徑約為鋼球直徑的 0.2-0.5 倍為宜。
2. 關閉洩壓閥。
3. 將試驗片放置在試驗台上，並將試驗台升至使試驗片與鋼球接觸為止(注意：所施加的負荷無需太大)。
4. 上下搖動 Oil Pump 的加壓桿，使高壓油缸內的油壓慢慢增加，但在接近預定的荷重時，需要稍減慢油壓的增加速率。

第 1 表 Brinell 硬度試驗所使用的鋼球及荷重

鋼球直徑 D (mm)	荷重 P(kg)	記號	用途
10	3000	HB(10/3000)	鐵、鋼及鑄鐵
10	1000	HB 10/1000)	銅、鋁及其合金
10	500	HB (10/500)	輕合金、軟金屬
5	750	HB (5/750)	硬質材料的薄板

5. 當重錘的重量與高壓油缸的油壓平衡時，會使重錘架浮上

- 來。當重錘架超過紅線約 10mm 時，停止打油，並停留 10-15 秒。
6. 慢慢打開洩壓閥，直至重錘架接觸底部為止(這時高壓油缸內的油通過洩壓閥流回至低壓油槽，而降低高壓油缸內的油壓，所以重錘會降低到原來的位置，壓力表的指針會歸零)，然後將洩壓閥全開。
 7. 將試驗台降下，取下試驗片，並且用顯微鏡測定壓痕的直徑大小。
 8. 測定壓痕的直徑須測定兩相互直交方向之直徑，並求其平均值。

五、實驗結果之整理

1. 把荷重 P 、鋼球的直徑 D 以及壓痕的直徑 d 代入 Brinell 硬度的計算式而算出 HB。
2. 利用 Brinell 硬度表(第 2 表)，自所測出之壓痕直徑直接查出 HB。
3. 將上述所得的勃氏硬度值列表表示之

六、檢討事項

1. 試檢討下列場合時，所測得之硬度值會偏高或偏低？何故？
 - (1) 相鄰兩個壓痕過於接近。
 - (2) 壓痕過於接近試片的邊緣。
 - (3) 試片的厚度比較於壓痕的深度過薄時。
 - (4) 油泵的增壓速率太快。
2. 若試片之硬度比鋼球之硬度大時，Brinell 硬度試驗有何變通辦法？

貳、Rockwell 硬度試驗

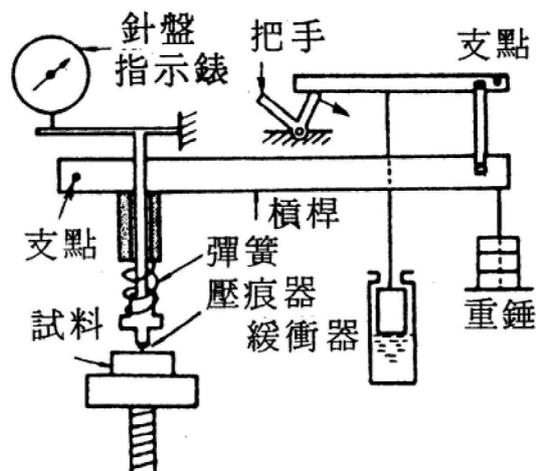
在操作 Rockwell 硬度試驗時，試片的硬度決定應使用何種試驗頭。試片硬度較高者，應使用鑽石頭，如硬度較低則選用一般金屬球頭。(HRC<20 改用金屬球頭，HRB>100 則改用鑽石頭)

一、實驗目的

測定材料的洛氏硬度值 HRC 或 HRB。

二、儀器設備

Rockwell 硬度試驗機，如第 3 圖所示。



第 3 圖 洛氏硬度試驗機簡圖

三、實驗材料

碳鋼、鑄鐵、黃銅、鋁合金。

四、實驗內容

(一)、實驗方法

1. 檢查壓痕器。
2. 加以預備荷重 10 kgf 於試驗片上，再施加大荷重。

3. 卸除大荷重，僅留下小荷重。
4. 讀取 Rockwell 硬度值。

(二)洛氏硬度試驗機操作方法

1. 選擇適當的壓痕器（有鑽石頭或鋼珠頭兩種）。
2. 選擇試驗荷重(R=60~150kgf，表面硬度試驗 S=15~45kgf)。
3. 設定適當的大荷重持續時間，並將除荷鈕設定為 AUTO。
4. 將轉輪手柄依順時針方向慢慢轉到定位以施加小荷重。
5. 儀器會自動施加大荷重，經預定時間後，自動除去大荷重。
6. 由液晶上讀取出 Rockwell 硬度。

五、實驗結果之整理

列表表示各試片之洛氏硬度值，並註名小荷重、大荷重及壓痕器的種類。

六、討論事項

1. 會造成 Rockwell 硬度試驗誤差的原因有那些？
2. Rockwell 硬度試驗除了 B scale 與 C scale 外，尚有那些 scale？各有何種用途？

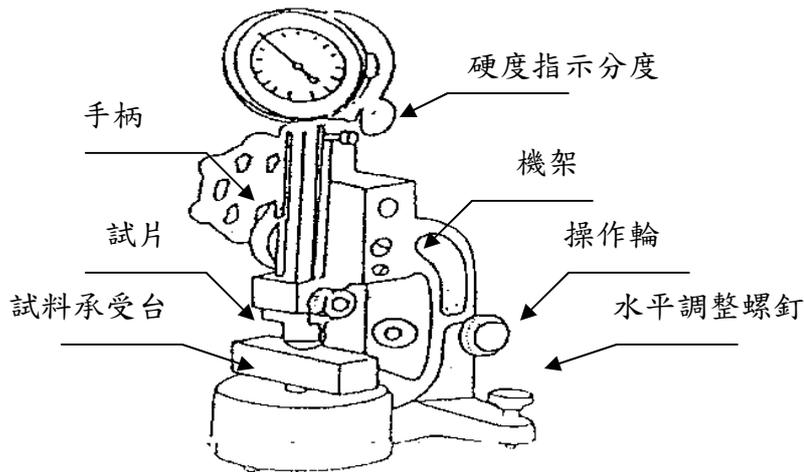
參、Shore 硬度試驗

一、實驗目的

測定材料的蕭氏硬度值 HS。

二、儀器設備

D 型 Shore 硬度試驗機，如第 4 圖所示



第 4 圖 D 型 Shore 試驗機

三、實驗材料

碳鋼、鑄鐵、黃銅、鋁合金。

四、實驗方法

1. 利用試驗機後側之旋鈕修正試驗機在桌面之水平度。
2. 利用試驗機左旋鈕將試片加以固定。
3. 旋動手鈕使重錘落下(注意：轉動手鈕的迴轉速度將影響硬度測定值)。
4. 讀取指針上之 Shore 硬度(注意：相鄰兩個壓痕中心間的距離必須為壓痕直徑的 2 倍以上，而且必須距離試片的端側 4mm 以上)。
5. 以 HSD 表示 D 型 Shore 試驗機所測得的值。
6. 每個試片測定 5 次，去除最大值與最小值後求其硬度平均值。

五、實驗結果之整理

1. 各測定值的平均值算到小數第 1 位以後，2 捨 3 入變為 0.5 單位。
2. Shore 硬度的表示方法如後所示，例如：HS 22.5，HS 51。
3. 將測定結果整理如下表所示：

試片種類	蕭氏硬度值 HSD					
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均值
碳鋼						
鑄鐵						
黃銅						
鋁合金						

六、檢討事項

1. Shore 硬度之原理與其他硬度(如 Rockwell 以及 Brinell 硬度)之不同何在?
2. 影響 HS 值不正確之原因為何?

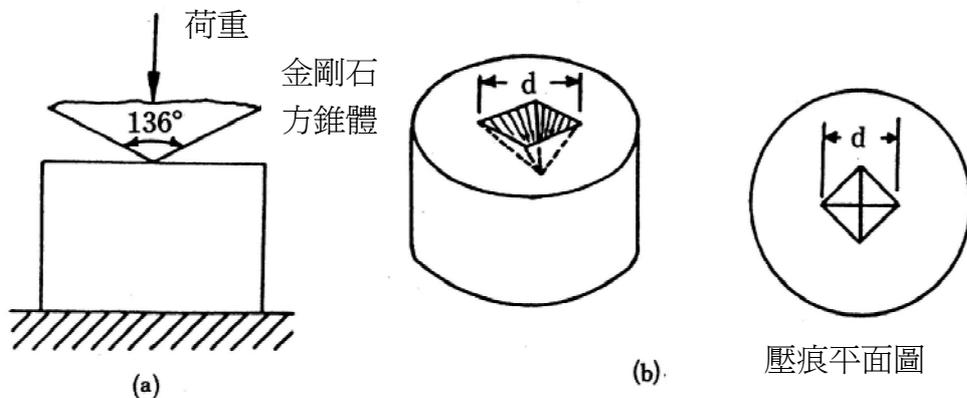
肆、Vickers 硬度試驗

一、實驗目的

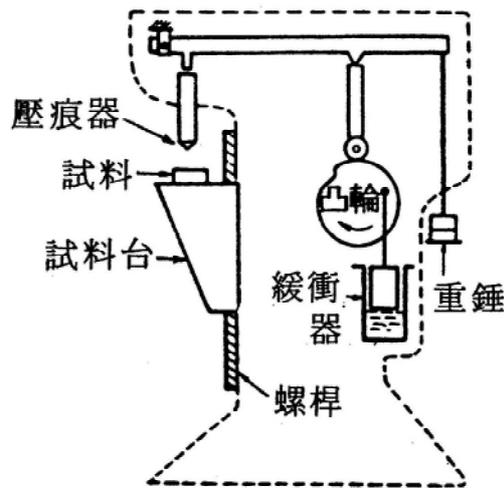
測定材料之維克氏硬度 HV。

二、儀器設備

Vickers 硬度試驗機以及目測顯微鏡(裝設在硬度試驗機上)。



第 5 圖 Vickers 硬度試驗原理圖



第 6 圖 Vickers 硬度試驗機簡圖

三、實驗材料

碳鋼、鑄鐵、黃銅、鋁合金

四、實驗內容

(一)原理概要

其原理如第 5 圖(a)(b)所示，將對面角 136 度之金剛石方錐體以一定荷重壓入試驗片之表面，使試驗片發生錐形壓痕。所加的荷重以壓痕的方錐形表面積除之，所得的商稱 Vickers 硬度，以 HV 表示。

假設

P =荷重(kgf)

S =壓痕的表面積(mm²)

d =壓痕在試驗片表面的對角線長度(mm)

則

$$HV = \frac{P}{S} = 2 \sin(136^\circ / 2) \times P / d^2 = \frac{2P \sin 68^\circ}{d^2} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

試驗所加的荷重大小因試片的軟硬度以及厚薄度而有所不同。常用的荷重有 10、30、50kgf 三種。實際上要測定 Vickers 硬度時，以顯微鏡量出壓痕的對角線長度，再代入上式查表即可

得知 Vickers 硬度。

(二) 實驗方法

1. 依材料的軟硬選擇適當的荷重，使能產生適當大小的壓痕。
2. 調整顯微鏡之焦距，觀察試片的待測面，並選定測試位置。
3. 轉換成壓痕頭，並按下壓盤以施加荷重於試片上(注意：施加過程中，燈未熄前不可移動壓痕頭)。
4. 利用顯微鏡測量壓痕對角線長度。
5. 帶入計算式或查表求得 Vickers 硬度。
6. 每個試片選用兩種荷重分別測其 HV 值，並比較之。

五、實驗結果整理

試片種類	第 1 次		第 2 次	
	荷重(kg)	HV 值	荷重(kg)	HV 值
碳鋼				
鑄鐵				
黃銅				
鋁合金				

六、檢討事項

1. 已知 Vickers 硬度試驗(P=30kg)，測得某材料之 HV 值為 300 以及 400，試根據下式求出平均的 Shore 硬度值。

$$\frac{HS}{100} = 1.7026\left(\frac{HV}{1000}\right) - 0.9224\left(\frac{HV}{1000}\right)^2 + 0.2291\left(\frac{HV}{1000}\right)^3$$

2. Vickers 硬度試驗有何特點？
3. Vickers 硬度值是否會受荷重的影響？何故？

伍、硬度實驗總檢討

1. 試比較各硬度試驗之利弊及適用場合。

第 2 表 勃氏硬度表(鋼球直徑 10mm)

壓痕 直徑 (mm)	勃氏硬度值 HB			壓痕 直徑 (mm)	勃氏硬度值 HB		
	500 kgf	1000 kgf	3000 kgf		500 kgf	1000 kgf	3000 kgf
2.00	158	316	945	4.25	33.6	67.2	201
2.05	150	300	899	4.30	32.8	65.6	197
2.10	143	286	856	4.35	32.0	64.0	192
2.15	136	272	817	4.40	31.2	62.4	187
2.20	130	260	780	4.45	30.5	61.0	183
2.25	124	248	745	4.50	29.8	59.6	179
2.30	119	238	712	4.55	29.1	58.2	174
2.35	114	228	682	4.60	28.4	56.8	170
2.40	109	218	653	4.65	27.8	55.6	167
2.45	104	208	627	4.70	27.1	54.2	163
2.50	100	200	601	4.75	26.5	53.0	159
2.55	96.3	193	578	4.80	25.9	51.8	156
2.60	92.6	185	555	4.85	25.4	50.8	152
2.65	89.0	178	534	4.90	24.8	49.6	149
2.70	85.7	171	514	4.95	24.3	48.6	146
2.75	82.6	165	495	5.00	23.8	47.6	143
2.80	79.6	159	477	5.05	23.3	46.6	140
2.85	76.8	154	461	5.10	22.8	45.6	137
2.90	74.1	148	444	5.15	22.3	44.6	134
2.95	71.5	143	429	5.20	21.8	43.6	131
3.00	69.1	138	415	5.25	21.4	42.8	128
3.05	66.8	134	401	5.30	20.9	41.8	126
3.10	64.6	129	388	5.35	20.5	41.0	123
3.15	62.5	125	375	5.40	20.1	40.2	121
3.20	60.5	121	363	5.45	19.7	39.4	118
3.25	58.6	117	352	5.50	19.3	38.6	116
3.30	56.8	114	341	5.55	18.9	37.8	114
3.35	55.1	110	331	5.60	18.6	37.2	111
3.40	53.4	107	321	5.65	18.2	36.4	109
3.45	51.8	104	311	5.70	17.8	35.6	107
3.50	50.3	101	302	5.75	17.5	35.0	105
3.55	48.9	97.8	293	5.80	17.2	34.4	103
3.60	47.5	95.0	285	5.85	16.8	33.6	101
3.65	46.1	92.2	277	5.90	16.5	33.0	99.2
3.70	44.9	89.8	269	5.95	16.2	32.4	97.3
3.75	43.6	87.2	262	6.00	15.9	31.8	95.5
3.80	42.4	84.8	255	6.05	15.6	31.2	93.7
3.85	41.3	82.6	248	6.10	15.3	30.6	92.0
3.90	40.2	80.4	241	6.15	15.1	30.2	90.3
3.95	39.1	78.2	235	6.20	14.8	29.6	88.7
4.00	38.1	76.2	229	6.25	14.5	29.0	87.1
4.05	37.1	74.2	223	6.30	14.2	28.4	85.5
4.10	36.2	72.4	217	6.35	14.0	28.0	84.0
4.15	35.3	70.6	212	6.40	13.7	27.4	82.5
4.20	34.4	68.8	207	6.45	13.5	27.0	81.0