

硬度與衝擊試驗

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。

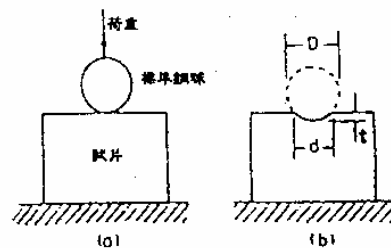
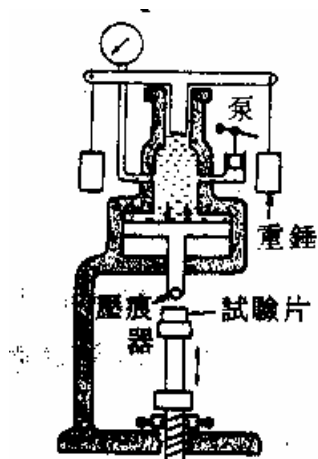
A. Brinell 硬度試驗

Brinell 硬度試驗適用情況：

- (a) 材質不均勻(例如材質孔隙較多或是雜質較多之情形)。
- (b) 試驗結果為區域性的意義。
- (c) 試片厚度足夠。

壹、 實驗目的

測定材料之 H_B 值



貳、 儀器設備

第 III-1 圖 油壓式 Brinell 硬度試驗機

第 III-2 圖 Brinell 實驗原理

理

油壓型試驗機(如第 III-1 圖所示)

壓痕直徑測定使用顯微鏡

參、實驗材料

高碳鋼、低碳鋼、普通鑄鐵(3000kg)、黃銅、鋁合金(500kg)

肆、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 H_B 。如下式所示：

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

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

- (一)選定適當大小的鋼球和荷重，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。
- (二)關掉 Release Valve。
- (三)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：所施加的負荷無須太大)。
- (四)上下搖動 Oil Pump 的加壓 Lever，使高壓油槽內的油壓慢慢增加，但在接近預定的荷重時，需要稍減慢施加油壓的增加速率。

第 III-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	$H_B(10/3000)$	鐵、鋼
10	1000	$H_B(10/1000)$	銅、鋁及其合金
10	500	$H_B(10/500)$	輕合金、軟金屬
5	750	$H_B(5/750)$	硬質材料的薄板

- (五)當重錘的重量與高壓油槽的油壓平衡，會使重錘架浮上來。使重錘架超過紅線約 10mm 為準，並停留 10-15 seconds。
- (六)慢慢打開 Release Valve，直至重錘架接觸底部為止(這時高壓油槽內的高壓油通過 Valve 流回低壓油槽，而降低高壓油槽內的油壓，所以重錘會降低到原來的位罝，壓力表的指針會歸零)，然後將 Release Valve 全開。
- (七)將試驗台降下，取下試驗片，用顯微鏡測定壓痕的直徑大小。
- (八)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。

第 III - 2 表 Brinell 硬度表

Brinell 硬度數 (鋼球直徑 10mm)														
壓痕直徑 mm	H _B		壓痕直徑 mm	H _B		壓痕直徑 mm	H _B		壓痕直徑 mm	H _B		壓痕直徑 mm	H _B	
	500kg	3000kg		500kg	3000kg		500kg	3000kg		500kg	3000kg		500kg	3000kg
2.00	158	945	3.00	69.1	415	4.00	38.1	229	5.00	23.8	143	6.00	15.9	95.5
2.05	150	899	3.05	66.8	401	4.05	37.1	223	5.05	23.3	140	6.05	15.6	93.7
2.10	143	856	3.10	64.6	388	4.10	36.2	217	5.10	22.8	137	6.10	15.3	92.0
2.15	136	817	3.15	62.5	375	4.15	35.3	212	5.15	22.3	134	6.15	15.1	90.3
2.20	130	780	3.20	60.5	363	4.20	34.4	207	5.20	21.8	131	6.20	14.8	88.7
2.25	124	745	3.25	58.6	352	4.25	33.6	203	5.25	21.4	128	6.25	14.5	87.1
2.30	119	712	3.30	56.8	341	4.30	32.8	197	5.30	20.9	126	6.30	14.2	85.5
2.35	114	682	3.35	55.1	331	4.35	32.0	192	5.35	20.5	123	6.35	14.0	84.0
2.40	109	653	3.40	53.4	321	4.40	31.2	187	5.40	20.1	121	6.40	13.7	82.5
2.45	104	627	3.45	51.8	311	4.45	30.5	183	5.45	19.7	118	6.45	13.5	81.0
2.50	100	601	3.50	50.3	302	4.50	29.8	179	5.50	19.3	116	6.50	13.3	79.6
2.55	96.3	578	3.55	48.9	293	4.55	29.1	174	5.55	18.9	114	6.55	13.0	78.2
2.60	92.6	555	3.60	47.5	285	4.60	28.4	170	5.60	18.6	111	6.60	12.8	76.8
2.65	89.0	534	3.65	46.1	277	4.65	27.8	167	5.65	18.2	109	6.65	12.6	75.4
2.70	85.7	514	3.70	44.9	269	4.70	27.1	163	5.70	17.8	107	6.70	12.4	74.1
2.75	82.6	495	3.75	43.6	262	4.75	26.5	159	5.75	17.5	105	6.75	12.1	72.8
2.80	79.6	477	3.80	42.4	255	4.80	25.9	156	5.80	17.2	103	6.80	11.9	71.6
2.85	76.8	461	3.85	41.3	248	4.85	25.4	152	5.85	16.8	101	6.85	11.7	70.4
2.90	74.1	444	3.90	40.2	241	4.90	24.8	149	5.90	16.5	99.2	6.90	11.5	69.2
2.95	71.5	429	3.95	39.1	235	4.95	24.3	146	5.95	16.2	97.3	6.95	11.3	68.0

伍、實驗結果之整理

(一)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H_B。

(二)利用Brinell硬度換算表(上第III-2表)，自所測算出之壓痕直徑直接查出H_B。

表示方式為H_B=D(mm)/P(kg)

陸、檢討事項

1. 試檢討下列場合時，所測得之硬度有何意義？
 - (a)相鄰兩個壓痕過於接近。
 - (b)壓痕過於接近試片的邊緣。
 - (c)試片的厚度比較於壓痕的深度過薄時。
2. 對相同試片而言， $H_B(10/3000)$ 之讀數應與 $H_B(5/750)$ 者相同，試證明之。
3. 若試片之硬度相較於鋼球之硬度大時，Brinell 硬度試驗有何變通辦法？

B. Rockwell 硬度

在操作 Rockwell 硬度試驗時，試片厚度與硬度決定應使用何種試驗頭。試片厚度較厚者，應使用鑽石頭，如厚度較薄則改用一般金屬球頭。

(HRC<20 改用金屬球頭，HRB>100 則改用鑽石頭)

適用情況：

(a)方便性

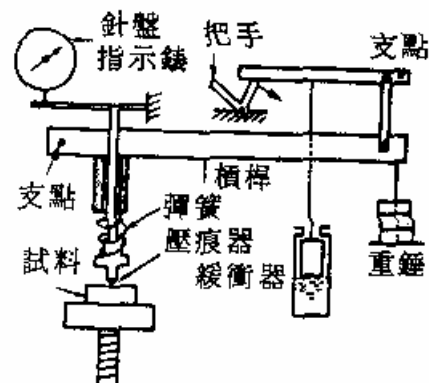
(b)對材料破壞性較小且精確度高(較 Shore 準確)。

壹、實驗目的

測定材料的 H_R 值。

貳、儀器設備

Rockwell 硬度試驗機。



第 III-3 圖 Rockwell 硬度試驗機簡圖

參、實驗材料

高碳鋼、低碳鋼、普通鑄鐵、黃銅(100kg)

鋁合金(60kg)

肆、 實驗內容

一、 實驗方法

1. 檢查壓痕器。
2. 加以預備荷重 10kg 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。

Rockwell 試驗機(1)

- (一) 選擇適當壓痕器(鑽石頭或金屬球頭)。
- (二) 選擇試驗壓痕器接頭之設定值(R=60~150kgf，表面硬度試驗 S=15~45kgf)。
- (三) 選擇荷重之設定值。
- (四) 利用 ▼ 按鍵設定為所使用之壓痕器。
- (五) 利用 ▲ 按鍵調整所施加之荷重值。
- (六) Start
- (七) 由液晶上讀取出 Rockwell 硬度。

Rockwell 試驗機(2)

- (一) 以 Select 鍵選擇至 IND，並利用 ↑ ↓ 鍵選擇壓痕器，再利用 Select 鍵確定。
- (二) 利用旋轉鈕選擇適當荷重。
- (三) 施加 10kg 之預力(使荷重指數位於 360~370 之間，此時 Reload 的四個指示燈皆亮起)。
- (四) 按下 Start 鍵。由顯示幕上讀取 Rockwell 硬度。

伍、 檢討事項

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？

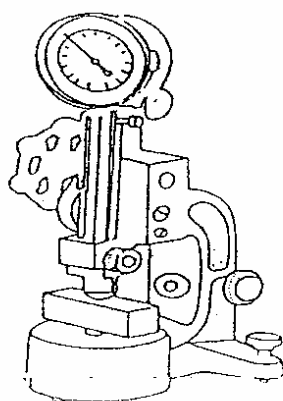
C.Shore 硬度

壹、 實驗目的

測定材料的Shore硬度 H_S 。

貳、 儀器設備

D 型 Shore 試驗機



第 III-4 圖 D 型 Shore 試驗機

參、 實驗材料：

高碳鋼、低碳鋼、鑄鐵、黃銅、鋁合金

肆、 實驗方法

- (一)利用試驗機後側之旋鈕修正試驗機在桌面之水平度。
- (二)利用試驗機左旋鈕將試片加以固定。
- (三)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)。
- (四)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)。
- (五)以 H_{SD} 表示D型Shore試驗機所測得的值。

伍、 實驗結果之整理

一、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。

二、Shore 硬度的表示方法如後所示：H_S 22.5 H_S 51。

三、測定結果

備註：各測定值之間的最大差數有下列情形時，平均測定值的後面須加以附註()，而在該括弧中記入最高以及最低值。

試片號碼	熱處理狀態	H _S	備註
			記入測定值的不平均情形或測定面的狀態。

陸、 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H_S值不正確之原因為何？

D. Vickers 硬度

Vickers 硬度試驗適用情況：

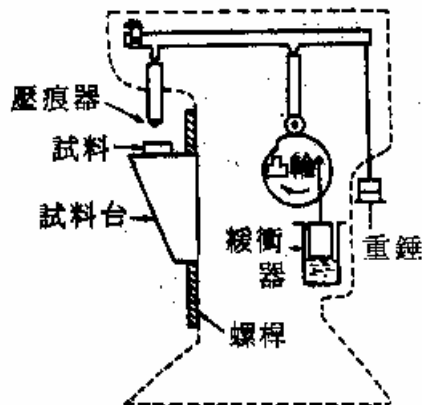
- (1) 負荷範圍較小。
- (2) 試片厚度可使用較薄之試片(底面必須較平坦)。
- (3) 滲碳材料(測試深度較減)。

壹、 實驗目的

測定材料之 Vickers 硬度 H_V

貳、 儀器設備

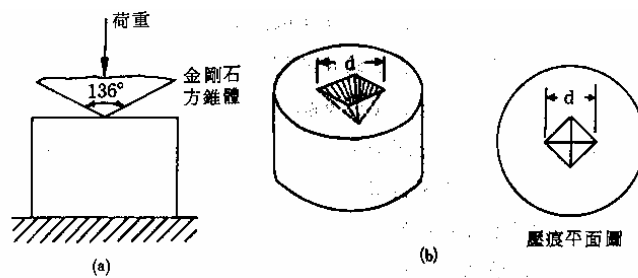
Vickers 硬度試驗機以及目測顯微鏡(裝設在硬度試驗機上)。



第 III-5 圖 Vickers 硬度試驗機簡圖

參、 實驗材料

低碳鋼



第 III-6 圖 Vickers 硬度試驗原理

肆、 實驗內容

一、原理概要

其原理如第III-6圖(a)(b)所示，將對面角136度之金鋼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 H_V 表示。

假設

$$P = \text{荷重(kg)}$$

$$S = \text{壓痕的表面積(mm}^2\text{)}$$

$$d = \text{壓痕在試驗片表面的對角線長度(mm)}$$

則

$$H_V = P/S = 2 \cdot \sin 136^\circ / 2 \times P / d^2 = 2 \sin 68^\circ \times P / d^2$$

試驗所加的荷重大小由試片的軟硬度以及厚薄度有所不同。常用的荷重有10,30,50kg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，再查表即可得知Vickers硬度。

伍、 實驗方法

- (一)選定荷重，5,10,20,30,50kg等荷重皆可。
- (二)調整顯微鏡之焦距。
- (三)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)。
- (四)利用顯微鏡測量壓痕對角線長度。
- (五)查表求得Vickers硬度。

陸、 伍、實驗結果整理

試片號碼	熱處理狀態	H_V (負荷)=Vickers 硬度值	備註
			記入測定值的不平均情形或測定面的狀態

柒、 檢討事項

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

$$H_V / 100 = 1.7026(H_V / 1000) - 0.9224(H_V / 1000)^2 + 0.2291(H_V / 1000)^3$$

2. Vickers 硬度有何特點？

硬度實驗總檢討

1. 試求各硬度值之比較(換算公式)。
2. 試述各硬度實驗之利弊。
3. 試述硬度與其他機械性質之關係。

衝擊實驗

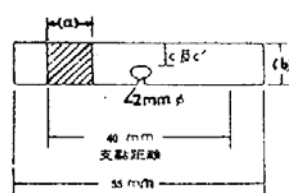
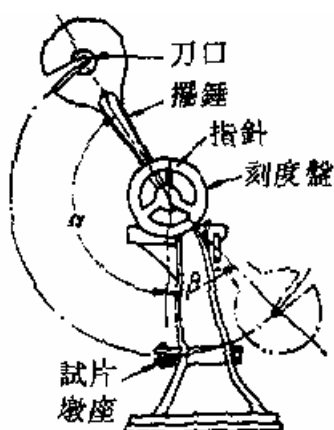
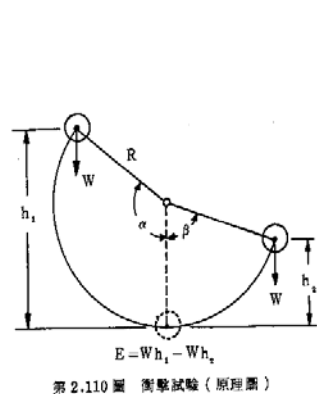
壹、實驗目的

測定材料的 Charpy 衝擊值，根據所測定的實驗值判斷材料的韌性與脆性。

貳、儀器設備

Charpy 衝擊試驗機以及 Calipers

參、實驗材料



低碳鋼與普通鑄鐵

第 IV-1 圖 原理圖

第 IV-2 圖 衝擊試驗機

第 IV-3 圖 衝擊試片

擊試片

肆、實驗內容：

一、原理概述

其簡單原理圖如上第 IV-1 圖所示。材料的破壞起因於衝擊荷重多於靜力荷重。衝擊試驗的目的是要測定在衝擊荷重下材料之特性。如第 IV-2 圖所示，將擺錘提高到一定高度，裝好後令擺錘自由落下以衝斷試驗片。假設空氣及擺錘軸承的摩擦阻力不計，則試片破斷後吸收擺錘能量之一部分，而餘留之能量使擺錘繼續上升至相反方向之某一高度。

如 W =擺錘之重量

α =擺錘提高至規定位置時的高度=150 度

β =擊斷試片後擺錘上升的角度

R =自擺錘重心至迴轉中心的距離(m)

則由第 IV-1 圖可知

擺錘原有能量= $Wh_1=WR(1-\cos\alpha)$

擺錘餘留能量= $Wh_2=WR(1-\cos\beta)$

故試驗片破壞時所吸收之能量

$U=Wh_1-Wh_2=WR(\cos\beta-\cos\alpha)$

二、實驗方法

(一) 測定試片尺寸(見 IV-3 圖)

試片種類及其 編號	各部之尺寸(mm)				缺口部份之斷面積 $A= a \times (c+c')/2$
	a	b	c	c'	

(二) 使擺錘自由懸掛，並將 α 角之指針歸零，同時將 β 角指針 B 指向刻度下方之零點。

(三) 依反時針方向搖轉把手，直至刻度盤後方之轉盤上掛鉤自動將擺錘卡住為止。

(四) 由順時針方向搖轉把手，將擺錘略為提升，再將試片依缺口朝前，放置於墩座，試片必須緊貼於墩座。

(五) 由試驗機前方，觀測擺錘重擊刃口，測定是否對準試片缺口之背面。

(六) 搖擺把手，將擺錘提高 α 角到達某一預定角度為止(=150 度)。

(七) 用手壓轉盤上之掛鉤柄使，擺錘自由落下打斷試片，並使指針 A 後方之鉤柄帶動 B 指針指於 β 角。

(八)用手拉 Brake 利用制動裝置使擺錘靜止。

(九)讀取 β 角並取下試片，觀察其破斷情形。

伍、 實驗結果之整理

試片種類 及其編號	缺口斷面 積(cm^2)	α	β	破斷時之能量	Charpy 衝擊 值 U/A(kg.m/c m^2)	破斷時斷 口情形

陸、 檢討事項

- 1.試檢討說明衝擊值以及破斷面與溫度之關係。
- 2.說明轉脆溫度(Transition Temperature)。
- 3.熱處理條件對衝擊值之影響？
- 4.以衝擊值之立場而言，何種材料最適於低溫用構造材料，或是容器用材料。