

電腦輔助機械製圖能力本位訓練教材 標註硬度

編號：PMT-CAD0609

編著者：林本源、康鳳梅

審稿者：黃泰翔、林瑞乾、鄭光臣、許榮添

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT-CAD0609 學習指引

當你在學習本單元之前，你必須能說出各種加工方法與製程，以及熟悉 CAD 軟體的使用。假如你能勝任上列工作，請翻開第一頁開始練習。假如自認無法勝任上列工作，請將本教材放回原位去請教你的老師。

引言

材料的機械性質當中，硬度(hardness)是很重要的一種性質，因為材料的硬度與耐磨耗性、切削性及抗拉強度等性質有密切的關係。由於硬度試驗的方法比較簡單，所以硬度也是材料的機械性質中最被重視的一種。

定義

硬度：

材料表面受到集中壓刮時，表面層抵抗它，而不起壓痕或刮痕的能力，稱之為硬度。抵抗的能力愈強，亦即壓痕或刮痕愈小，其硬度值則愈高。

學習目標

- 一、不使用參考資料，你能夠正確地說明硬度的相關知識。
- 二、在無他人幫助的情況下，給你一張圖，你能夠在視圖上指定的位置正確的標註硬度。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 23 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

學習活動

本講義之學習活動分二部分：包括相關知識與實際上機操作。在實際運用電腦標註硬度之前，我們必須了解與硬度有關之知識，你可以由下列之二條途徑中選擇一途徑去學習。

- 一、參閱本教材之第 5 頁至第 22 頁。
- 二、參閱 機械材料 黃振賢著 文京圖書 P.104!~P.110 1994 年。
參閱 材料實驗 林本源、林啟瑞著 高立圖書 P.93~P.158 1990 年。

本單元的第一個學習目標是

不使用參考資料，你能夠正確地說明硬度的相關知識。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

莫式硬度是最早的硬度表示法。是德國礦物學家，莫氏(Mohs)以天然礦石的硬度做為劃分依據：滑石的硬度為 1、岩鹽為 2、方解石為 3、氟石為 4、磷灰石為 5、長石為 6、石英為 7、黃玉為 8、剛玉為 9、鑽石為 10。其中以鑽石硬度最高，可以在其他礦石上刻劃出刮痕而本身不受傷。這種莫氏硬度標至今仍然被珠寶工業所採用，但在金屬工業上，則採用勃氏、洛氏、維克氏或蕭氏硬度標。這四種硬度的計算方各有不同，但基本目的都是在測試材料受到壓痕器的集中力壓刺時，抵抗被壓凹的能力，壓凹的痕跡愈小，則材料的硬度愈高。

一、勃氏硬度試驗

勃氏硬度計是試驗材料抵抗被壓凹能力的一種極普遍儀器。其壓痕器採用直徑 5mm 或 10mm 的硬化鋼球或碳化鎢球，而負荷則可選用 500kgf~3000kgf 等。

(一) 勃氏硬度(Brinell Hardness number, BHN 或 HB)

勃氏硬度試驗的壓刺過程，如圖 1，壓痕器壓著在材料的時間是 30 秒，然後利用凹痕量測鏡將凹痕放大量取直徑，如圖 2，採相互垂直的兩個數值的平均值作為凹痕直徑 d ，代入公式 1 便可求得勃氏硬度。

$$\text{BHN 或 HB} = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

P = 負荷，kgf。

A = 凹痕的圓弧面積， mm^2 。

D = 壓痕器所用的鋼球直徑，mm。

d = 壓痕平均直徑，mm。

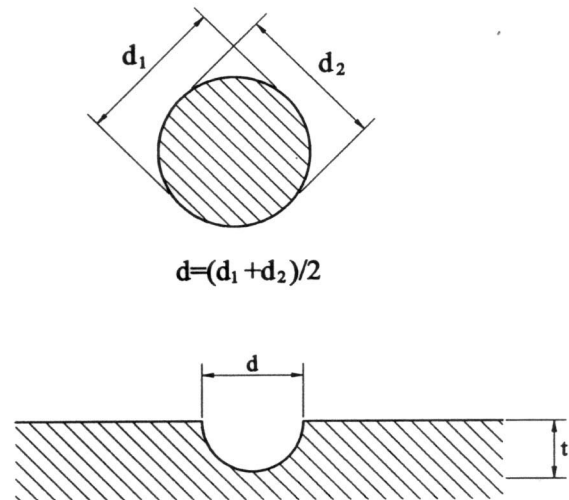
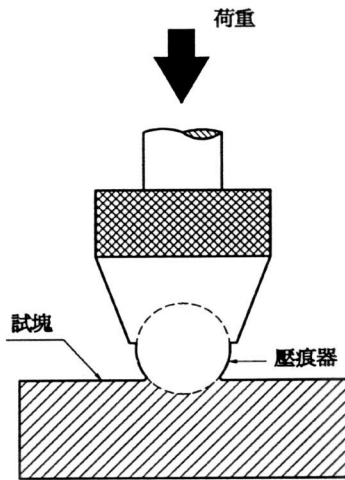


圖 1 勃氏硬度試驗的壓刺過程

圖 2 勃氏硬度試驗壓痕直徑 d 的量測

(二) 勃氏硬度的表示

1. 硬度之數值在 50 以下時，算至小數點後第一位，超過 50 時算至個位數。
2. 硬度之數值上須附記試驗時之條件，但若壓痕器為 10mm 鋼球，荷重為 3000kgf 時，則可省略之。

例：鋼球直徑 = 10mm，荷重 = 2500kgf，勃氏硬度 92 時
HB(10/2500)92

例：鋼球直徑 = 10mm，荷重 = 3000kgf，勃氏硬度 92 時
HB92

二、洛氏硬度試驗 (Rockwell Hardness Test)

洛氏硬度計也是測試材料抵抗壓凹的試驗機。其主要是利用槓桿原理，用一定負重，以小鋼球或鑽石圓錐為壓痕器壓入試片，再將其壓痕深度利用機構原理轉換成指示盤中之刻度，此刻度即是洛氏硬度。由於測試迅速、精確，而且適用材質廣泛，是一種普遍被採用的硬度試驗方法。

(一) 洛氏硬度標(Rockwell scales)

洛氏硬度隨所加的負荷 P，及所使用壓痕器的種類而有卅種不同的硬度標。表 1 是常用硬度標所用之負荷及壓痕器的組合，負荷隨不同的硬度標可為 60、100 或 150kgf。表中同時列出所用之硬度計算公式、直接讀取刻盤的顏色及適用範圍等。

表 1 各種洛氏硬度標的規定

硬度標	壓痕器	負荷(kgf)	計算公式	刻盤	適用範圍
A	120° 鑽石錐	60	$R_A = 100 - 500t$	黑	燒結碳化物，薄鋼片以及表面硬化層甚淺鋼片
B	1/16"鋼球	100	$R_B = 130 - 500t$	紅	軟鋼，退火狀態鋼，銅合金，鋁合金
C	120° 鑽石錐	150	$R_C = 100 - 500t$	黑	鋼，硬鑄鐵，波來鐵展性鑄鐵，深度表面硬化鋼及 HRB>100 之其他材料
D	120° 鑽石錐	100	$R_D = 100 - 500t$	黑	中度表面硬化之鋼，波來鐵展性鑄鐵
E	1/8"鋼球	100	$R_E = 130 - 500t$	紅	鑄鐵，鋁合鎂合金，軸承金屬
F	1/16"鋼球	60	$R_F = 130 - 500t$	紅	退火黃銅，極軟之薄金屬

壓痕器則有兩種類型，一種為 120° 的鑽石圓錐壓痕器，主要使用於硬化鋼和燒結碳化物等材料。另一種為硬化鋼球壓痕器，鋼球直徑包括有 1/16"、1/8"、1/4" 和 1/2" 等數種，主要用於退火鋼，較軟等級鑄鐵以及非鐵金屬等材料。洛氏硬度標除表 1 所列的六種指標適用於金屬材料外，尚有使用鋼球直徑為 1/4" 或 1/2" 而用來測定塑膠材料硬度的 M、P、R 及 S 等指標。

(二) 洛氏硬度(Rockwell Hardness)

洛氏硬度的值，是以壓痕的深度來表示，壓痕深度愈深，則硬度值愈低。洛氏硬度實驗時，須先預加一小負荷(10kgf)，然後再將主要負荷完全加工。預加小負荷其目的是要消除儀器本身齒隙(back-lash)所引起對精確度的影響，以及避免因試片測試面上些許的不平，而造成對壓痕器的損壞。10kgf 預加負荷的施加，可以將試片高度繼續提高到刻盤上的一個

短指針指到一固定的記號點時為止。主要負荷施加在材料上的時間以 30 秒為準，這可用手動或自動的方式來控制時間。圖 3 是洛氏硬度試驗壓痕深度的示意圖，圖中 t 為預加小負荷與主要負荷所造成塑性變形的深度差。 T 也就是表 1 中洛氏硬度計算公式中所用的 t ，單位 mm。以 C 指標為例，洛氏硬度一個刻度即代表壓入深度相當於 0.002mm，也就是 HRC60 的壓入深度比 HRC59 淺 0.002mm。

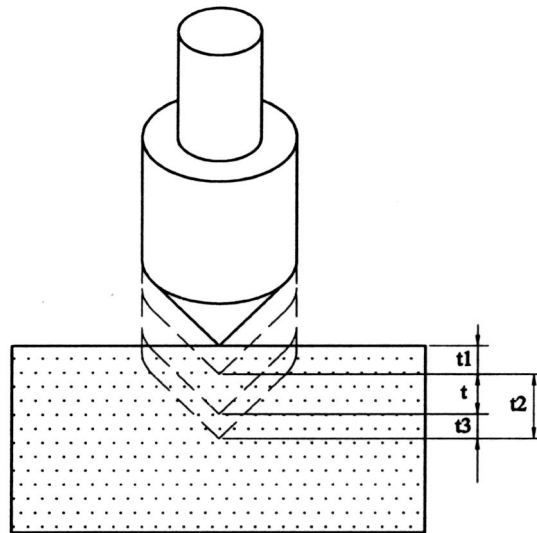


圖 3 洛氏硬度試驗壓痕深度示意圖

t_1 = 預加小負荷產生之壓痕深度。

t_2 = 主負荷產生之壓痕深度。

t_3 = 除去主負荷留下小負荷時，彈性變形恢復的大小。

$t_4 = (t_2 - t_3)$ ，預加小負荷與主要負荷所造成塑性變形的深度差。

(三) 洛氏硬度的表示

洛氏硬度值必須將測得的數值與符號連同硬度標一起標示。

例：HRC40

表示在洛氏 C 硬度標中，其硬度值為 40。

三、維克氏硬度試驗 (Vickers Hardness Test)

維克氏硬度與勃氏硬度相似，以施加負荷除以壓痕表面積，得到的商作為硬度的讀數，所不同者維克氏硬度試驗係使用鑽石角錐為壓痕器。維克氏硬度試驗適用於表面硬化層、脫碳層，熔接層等，或不欲形成大壓痕之工件表面如切剖面、螺紋面之試驗。

(一) 壓痕器及負荷

維克氏硬度計的壓痕器採用 136° 的金字塔型的鑽石角錐，負荷從 $5\text{kgf} \sim 100\text{kgf}$ 。適用於微小結構之硬度測量的微維克氏硬度計 (Micro Vickers Hardness)，其壓痕器仍為 136° 之鑽石角錐，負荷則從 $1\text{gf} \sim 1\text{kgf}$ 。

(二) 維克氏硬度 (Vickers Hardness)

克氏硬度 (簡稱 DPH，或 HV) 的計算公式為：

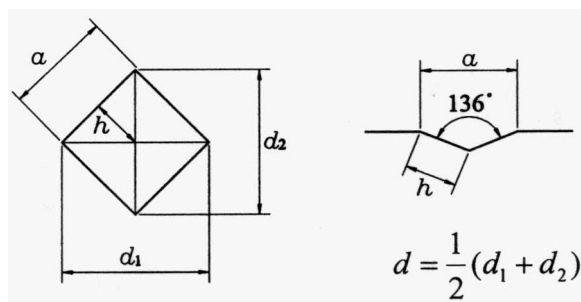
$$\text{DPH 或 HV} = \frac{P}{A} = \frac{2P \sin 68^\circ}{d^2} = \frac{1.854P}{d^2} \quad (2)$$

P = 負荷， kgf 。

d = 壓痕兩對角線的平均值， mm 。

A = 壓痕表面積， mm^2 。

壓痕的形狀，對角線的量測及面積的計算如圖 4 所示。維克氏硬度計的壓痕表面積在理想狀況下，其形狀幾乎都相似，並且與負重成正比例，所以採用不同的負荷，得到不同的 d 值，但卻可以得到相同的 DPH。這可以說是維克氏硬度標的最大特色。對於微維克氏硬度計之硬度的測定，亦相同而不失去意義。不論是大負重型的維克氏硬度或微維克氏硬度壓痕對角線的長度 d 的量測都必須利用附有微尺的顯微鏡來量測。量測的方法如圖 5 所示。在測得 d 值後，可代入公式 (2) 求出 DPH。



$$A = 4 \times \left(\frac{1}{2} a \cdot \frac{a}{2} \sin 68^\circ \right) = \frac{a^2}{\sin 68^\circ} = \frac{a^2}{2 \sin 68^\circ} \therefore \text{DPN} = \frac{P}{A} = \frac{2 \sin 68^\circ P}{d^2}$$

圖 4 維氏硬度壓痕對角線 d 的測量與壓痕面積 A 的計算

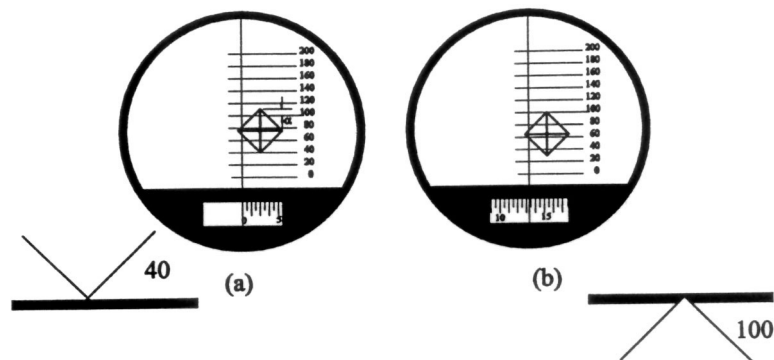


圖 5 以微尺量測壓痕直徑的示意圖

(三) 維克氏硬度的表示

維克氏硬度原則上以整數表示之。

例：HV250 或 DPH250

HV2500 或 DPH2500

假如有需要表示負荷時，表示法如下：

例：試驗負荷 30kgf，維克氏硬度值 250 時

HV(30)250 或 DPH(30)250

四、蕭氏硬度試驗(Shore Hardness Test)

蕭氏硬度計量測硬度的原理與前述三種略異，它是利用裝有鑽石尖端的一個小錘從一特定的高度上放開，自由撞到試片的表面，撞凹試片後，受材料彈性彈回的高度來定出材料的硬度。因為材料被撞凹而塑變時會吸收大量的機械能，吸收的能量愈多，變形愈大，彈回的高度愈低，所以硬度愈小。由於小錘的反彈高度與材料的彈性係數有關，所以蕭氏硬度比較適用來比較具有相同彈性係數的材料硬度。其優點是測試方便，迅速，並且其凹痕微小。

(一) 蕭氏硬度(Shore Hardness)

以鑽石小錘撞擊經水淬硬化之 AISI W5 工具鋼試塊，將平均反跳高度 h 定做蕭氏硬度 100，然後再將 h 分為 100 等分，圖 6 為其示意圖。

蕭氏硬度計可以測量比水淬工具鋼更硬的材料，故硬度計上之刻度均大於 100。

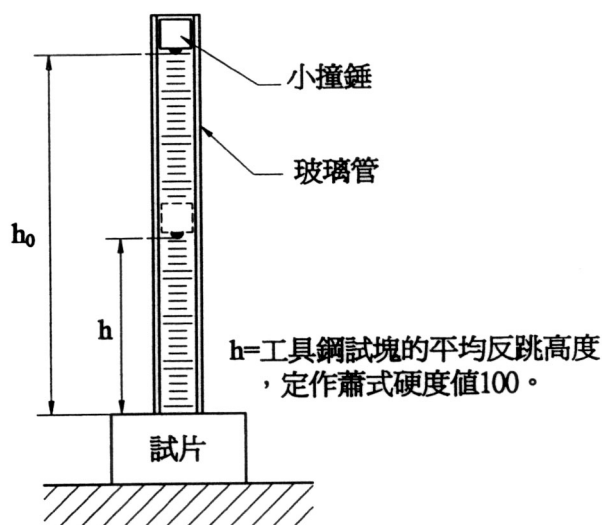


圖 6 蕭氏硬度之表示法示意圖

(二) 蕭氏硬度的表示

蕭氏硬度值的表示如下：

例：HS55，HS70

五、各種硬度與抗拉強度的關係

上述的四種硬度測試法，所用的壓痕器及原理皆有差異，所以沒有理論公式可以用來轉換各硬度標之間的關係。在實用上，對同一類材料，例如鋼類，則可以用相同的試片以不同的硬度計量出各硬度，而列表出來。如表 2 便是鋼材的各種硬度標對照表。由於上述四種壓痕硬度的量測與塑性變形的能力有關，所以硬度值與抗拉強度也有密切的關連。從表 2 可以看出，以鋼為例，DPH 的數值與抗拉強度的數值比是 3.00 ± 0.15 。所以在無法做拉伸試驗的場合時，利用量測到的硬度值，亦可以估計該材料的抗拉強度。

表 2 鋼鐵材料硬度換算及近似抗拉強度對照簡表

洛氏 HrC	維克氏 DPH kg/mm ²	勃氏 BHN kg/mm ²	洛氏 HrA	洛氏 HrB	蕭氏 Hs	抗拉強度 σ_{TS} kg/mm ²
68	940	—	86	—	97	—
66	865	—	85	—	93	—
64	800	—	83	—	89	—
62	746	—	82	—	85	—
60	697	—	81	—	82	—
58	653	—	80	—	78	—
56	613	—	79	—	75	—
54	577	—	78	—	72	205
52	544	500	77	—	69	192
50	513	475	76	—	66	179
48	484	451	75	—	63	166
46	458	432	74	—	61	155
44	434	409	73	—	58	146
42	412	390	72	—	56	136
40	392	371	70	—	54	128
38	372	353	69	—	52	120
36	354	336	68	—	50	114
34	336	319	67	—	48	108
32	318	301	66	—	46	101
30	302	286	65	—	44	96
28	286	271	64	—	42	91
26	272	258	63	—	40	87
24	260	247	62	100	38	83
22	248	237	62	99	37	79
20	238	226	61	98	36	76
(16)	222	212	—	96	34	72
(12)	204	194	—	92	31	65
(8)	188	179	—	90	—	61
(4)	173	165	—	86	—	57
(0)	160	152	—	82	—	53

學習評量一

請不要用參考資料或書籍，回答下列問題。

- () 1. 下列何者為勃氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- () 2. 下列何者為洛氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- () 3. 下列何者為維氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- () 4. 下列何者為蕭氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- () 5. 冷作模具鋼 SKD11 經淬火回火處理後，應選擇下列何種洛氏硬度標做試驗較為適當 (1)A (2)B (3)C (4)D。
- () 6. SS41 軟鋼材料，應選擇下列種洛氏硬度標做試驗較為適當 (1)A (2)B (3)C (4)D。
- () 7. 採用 10mm 硬化鋼球為壓痕器的硬度計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- () 8. 採用 120° 鑽石圓錐為壓痕器的硬度計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- () 9. 利用撞擊試片後的回彈高度來測量硬度的硬度試驗計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- () 10. 適合於測定表面硬化層硬度的是 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。

筆記欄

學習評量一答案

1. (3)
2. (2)
3. (4)
4. (1)
5. (3)
6. (2)
7. (1)
8. (2)
9. (4)
10. (3)

如今你已能了解各種硬度的定義及相關知識，本教材的第二部份是要你能夠在工作圖上正確的標註硬度。

本單元的第二個學習目標是

在無他人幫助的情況下，給你一張圖，你能夠在視圖上指定的位置正確的標註硬度。

一、硬度的標註

機件之一部份須標註硬度時，將該部位用粗鏈線平行而稍離於輪廓線表示之，同時以指線指在此粗鏈線，並將硬標註於指線上，如圖 7 所示。

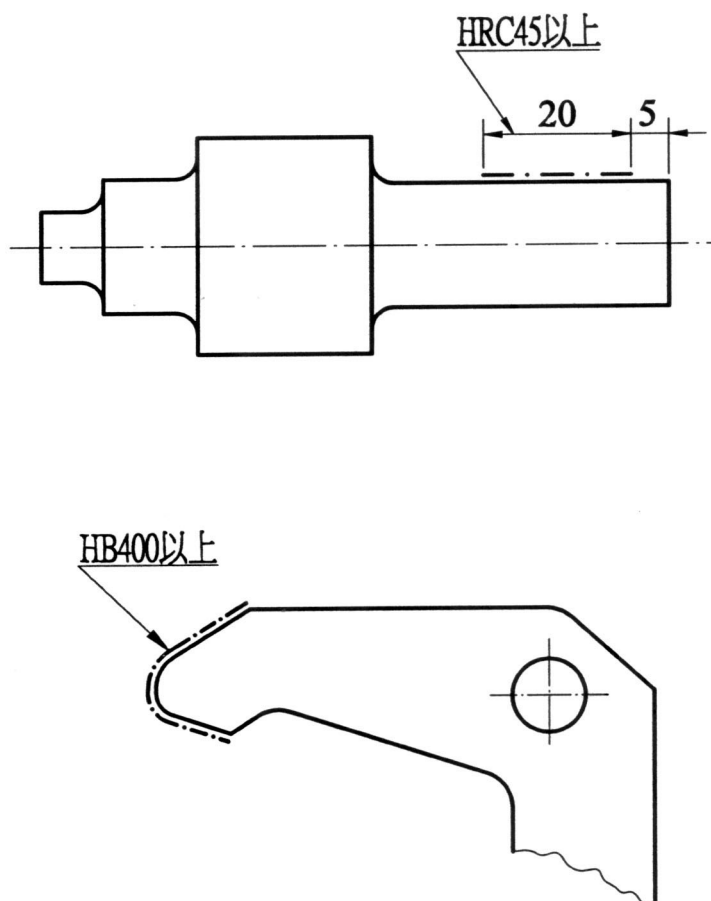


圖 7

二、利用電腦標註硬度的方法

(一) 在機件須指定硬度的部位繪製粗鏈線：

如圖 6，基本符號為與其所指面之邊線成 60° 之不等邊 ∇ 字。

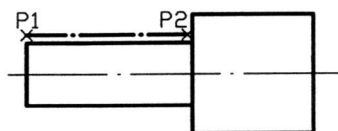


圖 8

1. 選定粗鏈線的線型及顏色。
- 2.

Command: line ‘你也可從下拉功能表或螢幕功能表中找到 line 指令。

From point: ‘選取 P1 點。

To point: ‘選取 P2 點。

To point: ‘鍵入 。

Command:

(二) 以指線指在粗鏈線上，並標註硬度值：

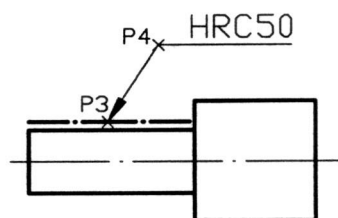


圖 9

Command:dim

Dim:leader ‘你也可從下拉功能表或螢幕功能表中
Dimension 的欄位中找到 leader 指令。

Leader start: ‘選取 P3 點。

To point: ‘選取 P4 點。

To point: ‘鍵入 。

Dimension text◇:HRC50 ‘輸入硬度值。

Command:

學習評量二

請不要用參考資料或書籍，回答下列問題。

- 一、機件之硬度值應如何標註？請在下圖中箭頭所指的位置註明洛氏硬度 C 的值必須為 50 以上。

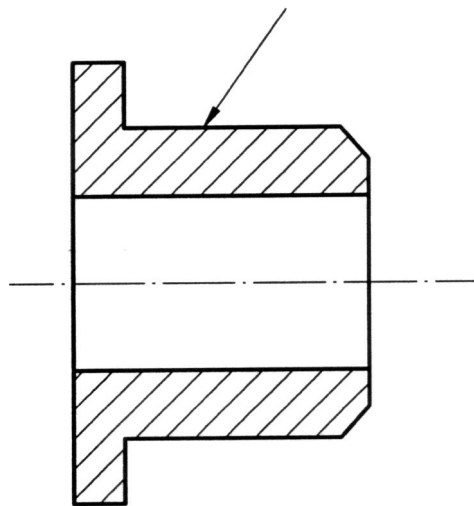


圖 10

學習評量二答案

- 一、機件之硬度值應如何標註？請在下圖中箭頭所指的位置註明洛氏硬度 C 的值必須為 50 以上。

解答：（一）機件之一部份須標註硬度時，將該部位用粗鏈線平行而稍離於輪廓線表示之，同時以指線指在此粗鏈線，並將硬標註於指線上。

（二）

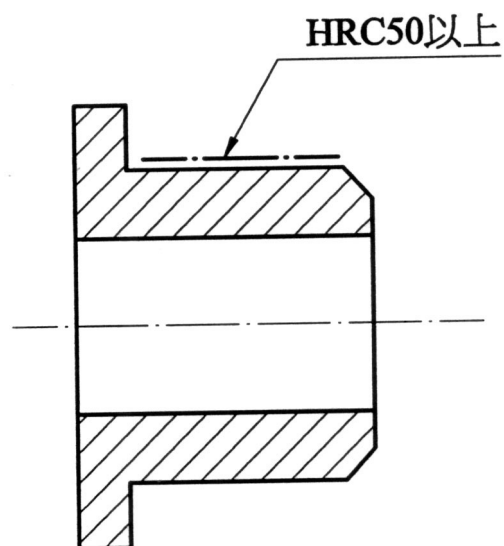
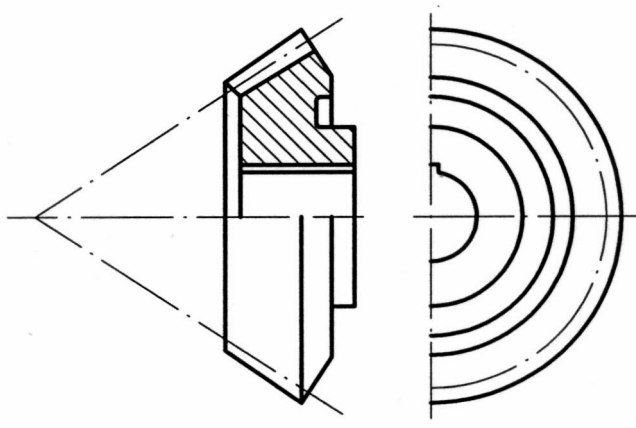


圖 11

學後評量

作業單

單元名稱	標註表面符號	作業編號	PM-CAD0609																												
作業名稱	斜齒輪零件圖	學習目標	能夠標註出適當之硬度值，並置於視圖正確位置																												
作業時間	1 小時																														
<p>一、說明：</p> <p>(一) 本試題為斜齒輪零件圖，以 1：1 之比例繪製此視圖，並列表。</p> <p>(二) 在齒輪面上正確的位置，標註適當之洛式硬度值。</p> <p>(三) 圖中的線條、數字、符號應依 CNS 標準繪製。</p> <p>二、評量要點：</p> <p>能正確的繪製出視圖；能正確的標註硬度。</p> <p>三、題目：</p>																															
		<table border="1"> <tr> <td>齒數</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>模數</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>壓力角</td> <td>14.5</td> </tr> <tr> <td>齒製</td> <td>標準</td> </tr> <tr> <td>節圓直徑</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>節錐半徑</td> <td>108.186</td> </tr> <tr> <td>節錐角</td> <td>33° 41'</td> </tr> <tr> <td>切削角</td> <td>30° 37'</td> </tr> <tr> <td>齒面角</td> <td>36° 20'</td> </tr> <tr> <td>*弦齒厚</td> <td></td> </tr> <tr> <td>*弦齒冠</td> <td></td> </tr> <tr> <td>嚙合齒輪件號</td> <td></td> </tr> <tr> <td>嚙合齒輪齒數</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>軸間角</td> <td>90°</td> </tr> </table>		齒數	24	模數	5	壓力角	14.5	齒製	標準	節圓直徑	120	節錐半徑	108.186	節錐角	33° 41'	切削角	30° 37'	齒面角	36° 20'	*弦齒厚		*弦齒冠		嚙合齒輪件號		嚙合齒輪齒數	36	軸間角	90°
齒數	24																														
模數	5																														
壓力角	14.5																														
齒製	標準																														
節圓直徑	120																														
節錐半徑	108.186																														
節錐角	33° 41'																														
切削角	30° 37'																														
齒面角	36° 20'																														
*弦齒厚																															
*弦齒冠																															
嚙合齒輪件號																															
嚙合齒輪齒數	36																														
軸間角	90°																														

評 量 表

評量要點	評量標準	評量標準				
		自我評量		教師評量		
		滿意	不滿意	A	B	C
一、視圖繪製	視圖繪製是否正確					
二、表格繪製	表格繪製是否正確					
三、硬度的標示	標註的位置及方法是否正確；硬度值是否適當					
評量說明：						
教師：						

參考資料

- 一、康鳳梅(1994)，工程圖學，師友工業圖書，台北，P. 391。
- 二、林本源、林啟瑞(1990)，高立圖書，材料實驗，台北，P. 93~P. 158。