

氣氛、感應、降浴 熱處理能本外訓練教材

測是理化質深度 及脫碳質深度

編號：PMG-CDM0707

編著者：黃立通

審稿者：吳裕慶、黃紹雄

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：九十一年十二月

單元 PMG-CDM0707 學習指引

當你學習本單元之前，你必須先了解常用之鋼鐵材料之規範及編號、理解鐵碳平衡圖、碳鋼之基本組織及其滲碳、感應之淬火硬化組織，鋼料的脫碳、氮化的組織。金相試片的前處理方法、金相顯微鏡之操作方法及洛氏、維克氏硬度試驗機之操作等單元。假如你認為可以的話，請翻到下一頁開始學習。假如你認為還不夠熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PMG-MSD0101、PMG-ICD0201、PMG-BSF0202、PMG-HNT0702、PMG-MSP0801、PMG-OMO0802 教材開始學習，或請教你的老師。

引言

鋼料之硬化層深度係滲碳（或滲碳氮化）及氮化處理件、感應（或火焰）加熱淬火處理件，在品質的規格中最低限的要求之一。為了加工成形性等特性所做的脫碳處理件，在品質管理上則必定要求脫碳層深度。本單元即針對硬化層深度及脫碳層深度的測定方法，分別加以介紹，希望能使你順利應用於品檢實務的操作上。

定義

有效硬化層深度（適用於滲碳、滲碳氮化）

淬火狀態或淬火後再經低於 200°C 回火之後，自硬化層表面到維克氏硬度值 550 處為止的深度。

有效硬化層深度（適用於感應硬化、火焰硬化）

淬火狀態或淬火回火後，自硬化層的表面到下表所示界限硬度位置的深度。

鋼的含碳量	維克氏硬度	洛氏 C 硬度	洛氏表面硬度		
			HR15N	HR30N	HR45N
%	HV	HRC			
0.23 以上 0.33 以下	350	36	78	56	38
0.33 以上 0.43 以下	400	41	81	60	44
0.43 以上 0.53 以下	450	45	83	64	49
0.53 以上	500	49	85	68	54

全硬化層深度（適用滲碳、滲碳氮化、氮化、軟氮化及感應淬火、火焰淬火）

自硬化層表面到硬化層與心部的物理或化學性質之差異，已無法區別為止的深度。

硬度分佈曲線（適用於滲碳、滲碳氮化、氮化、軟氮化及感應淬火、火焰淬火）

表示自硬化層表面之垂直距離與硬度之關係的曲線。

碳濃度分佈曲線（適用於滲碳層、脫碳層）

表示自表面的垂直距離與含碳量之關係的曲線。

脫碳層

鋼料經熱加工或熱處理後，表層含碳量減少的一部分。

全脫碳層深度

自脫碳層表面到脫碳層與心部的物理或化學性質的差異，已無法區別之位置為止的深度。

肥粒體脫碳層深度

自表層到脫碳成完全肥粒體處的深度。

實用脫碳層深度

自表層到實用上容許之硬度處的深度。

特定殘碳率脫碳層深度

自脫碳層表面到某一定的殘碳率（殘留含碳量與無脫碳處的含碳量的比率）

化合物層深度

表面處以氮化物、碳化物、碳氮化物等為主體層的深度。

擴散層深度

化合物層以外，含有氮、碳等擴散層的深度。

氮化層深度

自氮化層表面到氮化層與無氮化處的物理或化學性質的差異，已無法區別之處的深度。氮化層深度乃化合物層深度和擴散層深度之和。

實用氮化層深度

自氮化層表面到無氮化處之維克氏硬度值（或諾模硬度值）高 50 的深度。

有效氮化層深度（適用於委託者特別指定時）

自氮化層表面到指定硬度處的深度。

單位換算

$$0.1\text{kgf} = 0.98\text{N}$$

$$0.2\text{kgf} = 1.96\text{N}$$

$$0.3\text{kgf} = 2.94\text{N}$$

$$0.5\text{kgf} = 4.9\text{N}$$

$$1\text{kgf} = 9.8\text{N}$$

學習目標

- 一、不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的滲碳硬化層深度之測定方法。
- 二、不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的脫碳層深度之測定方法。
- 三、不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的氮化層深度之測定方法。
- 四、不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的高週波硬化和火焰硬化層深度的測定方法。

學習活動

本單元的學習活動包括瞭解鋼的滲碳硬化層深度、脫碳層深度、氮化層深度及高週波硬化層深度等之測定方法的各項基本知識和實際操作。

- 一、 閱讀本教材第 7~9 頁，14~17 頁，22~26 頁，30~32 頁。
- 二、 提供數據、組織照片或試樣實際操作求出硬化層、脫碳層或氮化層的深度。

本單元的第一個學習目標是

不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的滲碳硬化層深度之測定方法。

鋼的滲碳硬化層深度之測定方法

鋼的滲碳硬化層深度之測定方法有二，即硬度試驗法和巨視組織試驗法，一般使用前者，後者是簡便的方法。

一、硬度試驗測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 試樣原則上採用成品本體，不得已時也可使用與成品實施相同條件處理之同鋼種的鋼料。
2. 將試樣自硬化層表面切斷，把切斷面研磨加工後做為被檢面。切斷及研磨時必須小心避免影響硬度，同時應注意端面部位不可有圓弧狀的現象。

(二) 測定方法

1. 被檢面依維克氏硬度試驗法測定硬化層的硬度分佈曲線，再由此曲線測定有效硬化層深度和全硬化層深度。維克式硬度試驗使用荷重，原則上為 0.3kgf，必要時亦可使用 0.1~10kgf。
2. 依照以下方法完成硬度分佈曲線之製作
 - (1) 被檢面的測定位置為沿著垂直試樣表面之直線，逐次地測定硬度，並做成硬度分佈曲線。必要時於被檢面之表面 1.5 mm 範圍內選取 2~5 點，沿著垂直試樣表面之直線逐次地測定硬度，以便完成製作硬度分佈曲線（如圖 1 所示）。
 - (2) 維克氏硬度試驗測定硬度分佈曲線時，測定點的間隔原則上小於 0.1 mm。但表面硬化層較深的情況時，除了界限硬度附近外，硬度測定點的間隔可大於 0.1 mm。
 - (3) 依維克氏硬度試驗法之規定，相鄰兩個壓痕中心的間隔，必須大於壓痕對角線長度之 2.5 倍。
 - (4) 使用洛氏表面硬度試驗時，則依照與委託者之協議進行測定。

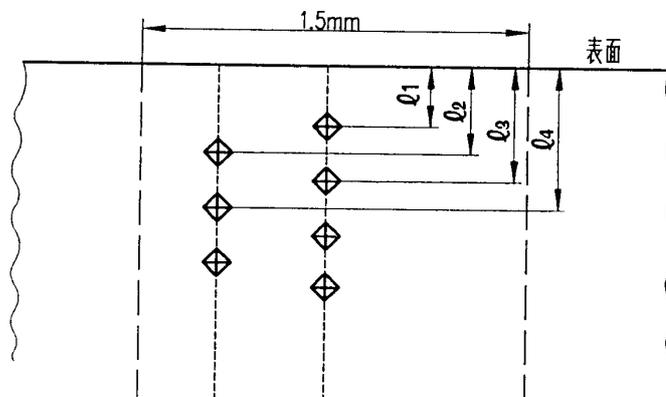


圖 1 硬度測定點的配置（直角千鳥法）

(三) 決定硬化層深度

1. 由硬度分佈曲線求出有效硬化深度。
2. 由硬度分佈曲線求出全硬化層深度有困難時，可依照與委託者的協議，在約 2 倍硬化層深度處所測得的心部硬度再加 30~50HV，從表面到此硬度的位置做為全硬化層深度。

二、巨視組織試驗測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 試樣原則上採用成品本體，不得已時亦可使用與成品實施相同處理條件之同鋼種的鋼料。
2. 將試樣自硬化層表面切斷，把切斷面研磨加工後做為被檢面。切斷及研磨時，必須謹慎避免影響組織。
3. 被檢面經研磨加工後的粗糙度原則上為 $1.6 \mu\text{mRy}$ 程度。
4. 被檢面以 5% 的硝酸酒精溶液浸蝕適當的時間，直到獲得清晰地著色狀態，再以酒精或水清洗之。

(二) 決定全硬化層深度

使用 20 倍以下的放大鏡觀察被檢面的著色狀況，測量自表面到與心部不同著色部分的深度，即為全硬化層深度。

三、硬化層深度之表示方法

(一) 硬化層深度以 mm 表示，取到小數點以下一位。

(二) 硬化層深度的表示符號（如表 1 所示）。

表 1 硬化層深度的表示符號

硬化層深度	測定方法		
	硬度試驗測定法		巨視組織試驗 測定法
	維克式硬度	洛氏表面硬度	
有效硬化層深度	DC-H△-E	DC-H□-E	—
全硬化層深度	DC-H△-T	DC-H□-T	DC-M-T

備註 1. 表 1 △ 位置必須記入硬度試驗的荷重，其單位為 kgf。□ 位置必須記入硬度試驗的尺度。

2. 維克氏硬度試驗荷重為 0.3kgf 時，△ 位置的記入可省略。

例 1 DC-H0.3-E2.5

（表示以維克氏硬度試驗法測定，試驗荷重為 0.3kgf，有效硬化層深度為 2.5 mm。）

例 2 DC-H1-T1.1

(表示以維克氏硬度試驗法測定，試驗荷重為 1kgf，全硬化層深度為 1.1 mm。)

例 3 DC-H15N-E1.0

(表示以洛氏硬度試驗法測定，自表面到 87HR15N 之有效硬化深度為 1.0 mm。)

例 4 DC-M-T2.2

(表示以巨視組織試驗法測定，全硬化層深度為 2.2 mm。)

四、試驗報告

撰寫試驗報告書時，除了測定值之外尚應明示下列諸項。

- (一) 鋼種或化學成分
- (二) 試樣(成品本體或同一鋼種的鋼料)的區別
- (三) 熱處理條件
- (四) 測定位置

學習評量一

請不要參考任何資料或書籍，在下列各題空格中填入正確的答案。

(一)是非題

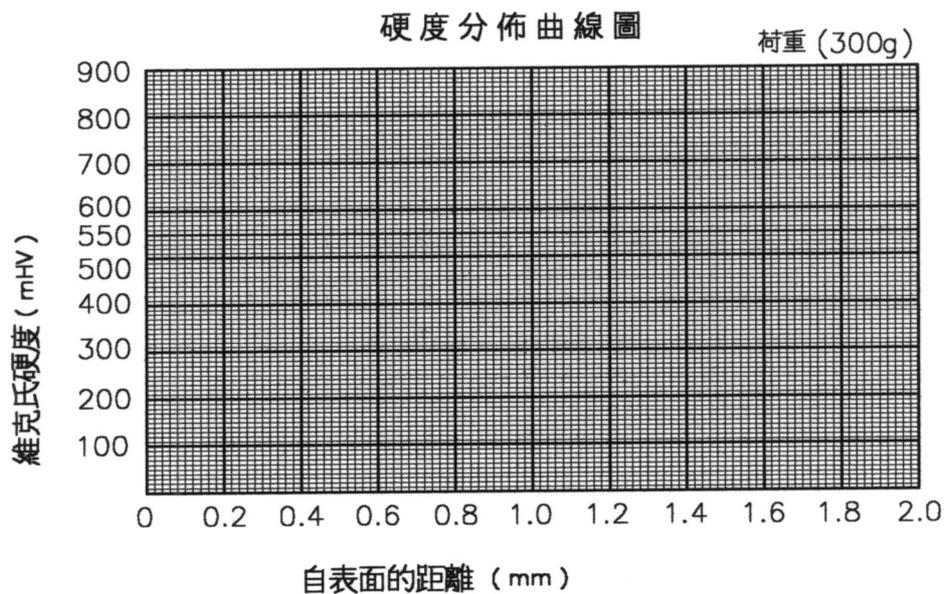
- () 1. 本單元介紹的硬化層深度的測定方法，可同時適用於滲碳及滲碳氮化層。
- () 2. 滲碳層之有效硬化深度，係指自表面到維克式硬度 550 處的垂直距離。
- () 3. 測定滲碳層及滲碳氮化層深度有二個方法，其中巨視組織試驗法為簡便的方法。
- () 4. 維克氏硬度試驗法測定滲碳硬化層深度時，試驗荷重原則上使用 1.0kgf。
- () 5. 維克氏硬度試驗法製作滲碳硬化層之硬度分佈曲線時，硬度測定點的間隔原則上為 0.2 mm 以下。
- () 6. 由硬度分佈曲線決定滲碳層之全硬化層深度有困難時，可量測自表面到心部硬度加上 30~50HV 之硬度處做為全硬化層深度。
- () 7. 巨視組織試驗法測定滲碳層之全硬化層深度時，係使用低於 50 倍之放大鏡。
- () 8. 硬化層深度的表示符號 DC-H0.3-E0.8, 係表示以維克式硬度試驗法測定，試驗荷重為 0.3kgf，有效硬化深度為 0.8 mm。
- () 9. 硬化層深度的表示符號 DC-M-T1.0, 係表示以巨視組織試驗法測定，全硬化層深度為 1.0 mm。
- () 10. 撰寫滲碳硬化層深度之試驗報告書時，除了測定值之外無須標示其他事項。

(二)問答題

某鋼料滲碳淬火後，經維克氏硬度試驗測定硬化層深度，所得之硬度與自表面距離的關係，如下表所示，試完成下列問題。

自表面的距離 (mm)	硬度 (mHV)	自表面的距離 (mm)	硬度 (mHV)
0.1	794	0.9	520
0.2	780	1.0	480
0.3	745	1.1	455
0.4	735	1.2	440
0.5	690	1.3	410
0.6	621	1.4	408
0.7	606	1.5	412
0.8	565	1.6	409

1. 試在方格紙上完成硬度分佈曲線。
2. 由硬度分佈曲線求出滲碳層之有效硬化深度？（並以表示符號作答）
3. 由硬度分佈曲線求出滲碳層之全硬化層深度？（並以表示符號作答）



答案欄

滲碳硬化層深度		表示符號
有效硬化深度	mm	
全硬化層深度	mm	

學習評量一答案

你的答案應該包括下列要點

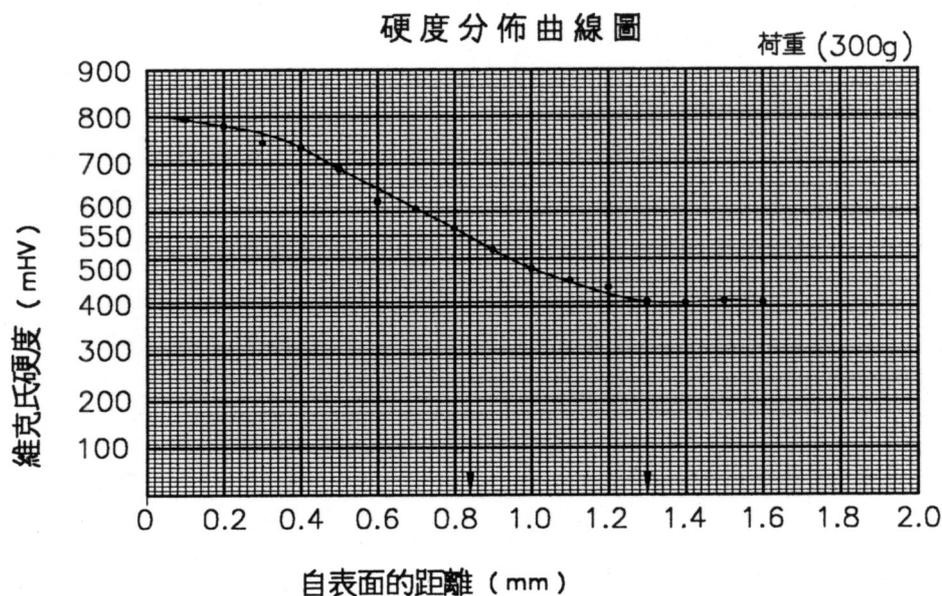
(一)是非題

1. (○)
2. (○)
3. (○)
4. (×) 0.3kgf
5. (×) 0.1 mm
6. (○)
7. (×) 20 倍之放大鏡。
8. (○)
9. (○)
10. (×) 尚應標示(1)鋼種或化學成分(2)試樣的區別(採用成品或同一鋼種的鋼料)(3)熱處理條件(4)測定位置

(二)問答題

1. 完成硬度分佈曲線

硬度分佈曲線圖



滲碳硬化層深度		表示符號
2.	有效硬化深度	0.84 mm DC-H0.3-E0.84
3.	全硬化層深度	1.3 mm DC-H0.3-T1.3

假如你的答案與上述之重點相似，請翻至下一頁。假如你的答案不與上述之重點相似，請翻至第 7 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 10、11 頁上的錯誤改正，然後翻到下一頁。

你已經能夠正確瞭解鋼的滲碳硬化層深度之測定方法，本教材的第二部分是要你能夠正確地瞭解鋼的脫碳層深度之測定方法。

本單元的第二個學習目標是

在不參考任何資料或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的脫碳層深度之測定方法。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 18 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

鋼的脫碳層深度之測定方法

鋼的脫碳層深度之測定方法有三，即顯微組織測定法、硬度試驗測定法和碳濃度測定法。

一、顯微組織測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 此法主要適用於鑄造狀態、鍛造或壓延狀態及正常化、退火狀態的鋼料。試樣一般採用成品本體，不得已時亦可取用與成品實施相同條件處理之同鋼種的鋼料。
2. 將試樣垂直表面切斷，切斷面經適當研磨拋光後做為檢查面。切斷及研磨時，必須注意充分冷卻避免試樣溫度升高。同時為防止被檢面之邊緣呈圓弧狀的現象，可將試樣鑲埋在合成樹脂中（或以金屬夾具夾持），再進行研磨拋光處理。
3. 按鋼種選用 1~5%硝酸酒精溶液或 2~5%苦味酸酒精溶液將被檢面適當浸蝕，直到能清楚地區別脫碳層與無脫碳的部分。利用顯微鏡由肥粒體、波來體或碳化物的面積率判定脫碳狀態來測定脫碳層深度。

(二) 測定方法

1. 利用金屬顯微鏡從肥粒體、波來體或碳化物的面積率判定脫碳狀態，進而測定脫碳層深度（全脫碳層深度、肥粒體脫碳層深度或特定殘碳率脫碳層深度）。
2. 鋼料的組織亞共析鋼以肥粒體和波來體，過共析鋼以波來體和初析碳化物的標準組織為佳。
3. 顯微鏡的倍率為 100~500 倍，由附有尺寸刻度之目鏡讀取脫碳層深度。
 - 一般的標準組織狀態測定倍率 100 倍為佳
 - 100 倍判定困難的組織（例如球化退火組織等），使用 200~500 倍為佳。
4. 淬火回火後的組織狀態，很困難判定脫碳層，將之正常化或退火成標準組織狀態為宜。
5. 實施球化退火的鋼種（軸承鋼、工具鋼等），以此組織狀態來判定脫碳層有困難時，以退火或正常化為標準組織的狀態來判定為宜。

二、硬度試驗測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 此法主要適用於淬火狀態、淬火回火狀態的鋼料，試樣一般採用成品本體，不得已時亦可取用與成品實施相同條件處理之同鋼種的鋼料。過共析鋼而言，表層即使脫碳到共析成分，其硬度也不會變化。因此，

採用顯微組織測定法較硬度試驗測定法適當。

- 將試樣垂直表面切斷，切斷面經適當研磨後做為被檢面。切斷或研磨時必須注意充分冷卻避免影響被檢面的硬度。另外，應注意防止試樣的端面呈現圓弧狀的現象。

(二) 測定方法

- 被檢面以維克氏硬度試驗機進行硬度測定，依鋼種、未脫碳部分及脫碳層深度的程度，試驗荷重選用範圍為 0.1kgf~1kgf。製作表面到未脫碳部分的硬度或指定硬度位置之硬度分佈曲線。
- 採用直角測定法（如參考圖 2）及斜面測定法（如參考圖 3）以測定斷面硬度。大、中程度的脫碳層深度以直角測定法，而中、小程度的脫碳層深度以斜面測定法較方便。直角測定法的情況而言，直角千鳥法較直角一列法更能縮小測定間隔。

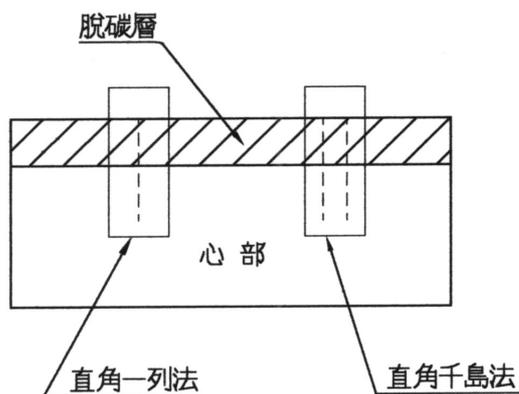


圖 2 直角測定法

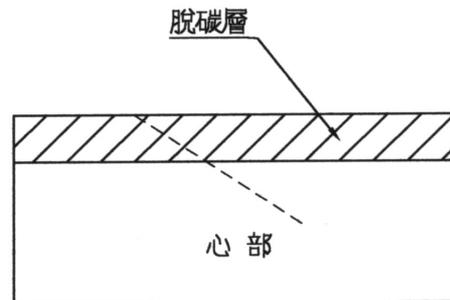


圖 3 斜面測定法

- 依下列所述製作硬度分佈曲線
 - 被檢面的測定位置為沿著垂直試樣表面之直線，逐次地測定維克氏硬度並完成硬度分佈曲線。
 - 以維克氏硬度試驗作成硬度分佈曲線時，測定點的間隔一般為 0.1 mm 以下。相鄰兩個壓痕中心的間隔，必須大於壓痕對角線長度之 2.5 倍。
 - 必要時亦可於被檢面之表面 1.5 mm 範圍內選取 2~5 點，沿著垂直試樣表面之直線逐次地測定硬度，以便製作一條硬度分佈曲線（如圖 1 所示）。

(三) 決定脫碳層深度

1. 由硬度分佈曲線讀取全脫碳層深度及實用脫碳層深度。
2. 以實用脫碳層深度判定成品合格與否（必須依照與委託者之協議進行）？
3. 硬度試驗法無法判定脫碳層深度時，亦可依照與委託者之協議，在脫碳層深度不變化的原則下實施硬化處理。

三、碳濃度測定法（概略）

以下所示的測定方法，要適用這些測定方法時，事前必須取得委託者之同意。

- (一) 化學分析法（請參閱相關資料）
- (二) 分光分析法（請參閱相關資料）
- (三) 電子線分析法（請參閱相關資料）

四、脫碳層深度之表示方法

- (一) 脫碳層深度以mm表示，顯微組織測定法時取到小數點以下第二位，硬度試驗法及碳濃度測定法時取到小數點以下第一位。
- (二) 脫碳層深度的表示符號（如表 2 所示）

表 2 脫碳層深度的表示符號

脫碳層深度	測定方法	
	顯微組織測定法	硬度試驗測定法
全脫碳層深度	DM-T	DH-T
肥粒體脫碳層深度	DM-F	——
特定殘碳率脫碳層深度	DM-S	——
實用脫碳層深度	——	DH-P

備註：

例 1 DM-T0.28

（表示以顯微組織測定法測定，全脫碳層深度為 0.28 mm。）

例 2 DH(2.9)-T0.2

（表示以維克氏硬度試驗機測定，荷重為 2.9N(0.3kg)，全脫碳層深度為 0.2 mm。）

例 3 DM-F0.05

(表示以顯微組織法測定，肥粒體脫碳層深度為 0.05 mm。)

例 4 DM-S(70)0.10

(表示以顯微組織法測定，殘碳率 70% 的脫碳層深度為 0.10 mm。)

例 5 DM-F0.05-S(50)0.15-T0.28

(表示以顯微組織法測定，肥粒體脫碳層深度為 0.05 mm，殘碳率 50% 的脫碳層深度為 0.15 mm，全脫碳層深度為 0.28 mm。)

例 6 DH(2.9)-P(450)0.2

(表示以維克氏硬度試驗機測定，荷重為 2.9N(0.3kg)，450HV 的實用脫碳層深度為 0.2 mm。)

五、試驗報告

有必要撰寫試驗報告書時，經與委託者的協議，選擇下列項目做為報告事項。

- (一) 鋼種或化學成分
- (二) 試樣(成品或同一鋼種的鋼料)的區別
- (三) 從試樣採取的試料的數量和位置
- (四) 何種測定方法
- (五) 試驗結果

學習評量二

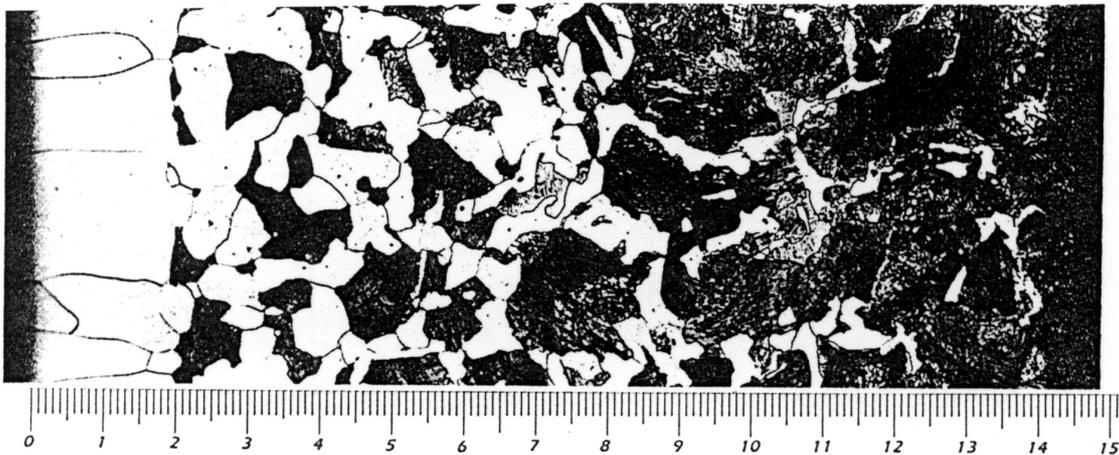
請不要參考任何資料或書籍，在下列各題空格中填入正確的答案。

(一)是非題

- () 1. 鋼的脫碳層深度之測定方法有顯微組織、硬度試驗和碳濃度等三個方法。
- () 2. 顯微組織測定法測量鋼的脫碳層深度時，試樣必須鑲埋或金屬夾具之夾持，避免表層呈現圓弧狀的現象。
- () 3. 顯微組織測定法測量鋼的脫碳層深度時，試樣不宜為淬火回火的組織狀態，而以正常化或退火的標準組織為佳。
- () 4. 實用脫碳層深度係自表面到實用上容許之含碳量處的深度。
- () 5. 軸承鋼、工具鋼等以球化退火的組織狀態，是很容易判定脫碳層深度。
- () 6. 測定鋼的脫碳層深度時，硬度試驗法主要適用於淬火或淬火回火狀態的鋼料。
- () 7. 測定鋼的脫碳層深度時，硬度試驗法中直角一列法較直角千鳥法的測定間隔更能縮小。
- () 8. 無論以組織試驗法或硬度試驗法測定鋼的脫碳層深度時，必須是測定自表面的垂直距離之深度。
- () 9. 脫碳層深度的表示符號 DM-T0.53，係表示以維克氏硬度試驗法測定，全脫碳層深度為 0.53 mm。
- () 10. 脫碳層深度的表示符號 DM-F0.08，係表示以顯微組織法測定，肥粒體脫碳層深度為 0.08 mm。

(二)問答題

共析鋼置於氣氛中進行脫碳處理後徐冷，所得的組織如下列照片所示。此照片放大倍率為 200 倍，照片下方為一支實際尺寸的直尺（每一小刻為 1 mm），試完成下列問題。



請看下一頁。

1. 試由組織照片求出肥粒體脫碳層深度？（並以表示符號作答）
2. 試由組織照片求出全脫碳層深度？（並以表示符號作答）

答案欄

脫碳層深度		表示符號
肥粒體脫碳層深度	mm	
全脫碳層深度	mm	

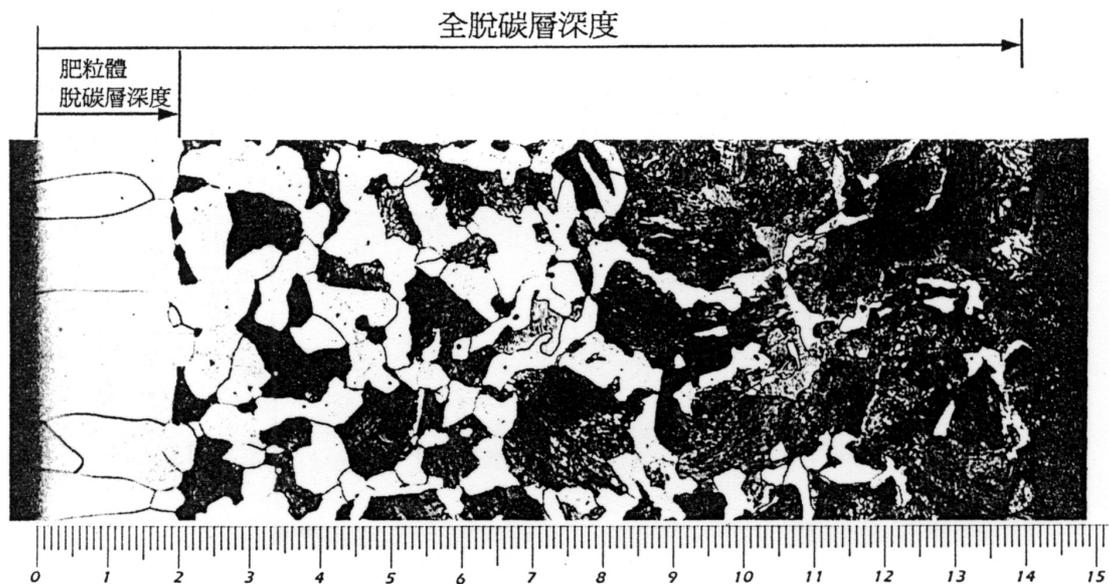
學習評量二答案

你的答案應該包括下列要點

(一)是非題

1. (○)
2. (○)
3. (○)
4. (×) 自表層到實用上容許之硬度處的深度。
5. (×) 球化退火組織狀態很困難判定脫碳層的深度。
6. (○)
7. (×) 直角一列法較直角千鳥法的測定間隔大。
8. (○)
9. (×) 表示以組織試驗法測定。
10. (○)

(二)問答題



1. 肥粒體脫碳層深度： $20 \text{ mm} \div 200 = 0.10 \text{ mm}$
2. 全脫碳層深度： $140 \text{ mm} \div 200 = 0.70 \text{ mm}$

脫碳層深度		表示符號
肥粒體脫碳層深度	0.10 mm	DM-F0.10
全脫碳層深度	0.70 mm	DM-T0.70

假如你的答案與上述之重點相似，請翻至下一頁。，假如你的答案不與上述之重點相似，請翻至第 14 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 18、19 頁上的錯誤改正，然後翻到下一頁。

你已經能夠正確瞭解鋼的脫碳層深度之測定方法，本教材的第三部分是要你能夠正確瞭解鋼的氮化層深度之測定方法。

本單元的第三個學習目標是

在不參考教材或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的氮化層深度之測定方法。

鋼鐵的氮化層深度之測定方法

鋼鐵的氮化層深度之測定方法有二，即顯微組織測定法和硬度試驗測定法。

一、顯微組織測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 試樣採用成品本體，不得已時亦可取用與成品實施相同條件處理之同鋼種的鋼料。
2. 將試樣垂直表面切斷，切斷面經適當研磨拋光後做為檢查面。切斷及研磨時，必須注意充分冷卻避免試樣溫度升高而影響組織。被檢面的粗糙度，達 CNS7868 之 0.40a 程度。
3. 被檢面以約 3% 硝酸酒精溶液浸蝕適當時間，直到獲得清晰地著色狀態，再以酒精或水洗淨後吹乾，然後利用金屬顯微鏡檢查浸蝕的著色狀態。

(二) 測定方法

1. 化合物層深度

使用金屬顯微鏡觀察，如圖 4 所示測量自表面到表面近旁未被腐蝕的化合物層之深度，即為化合物層深度(CL)。

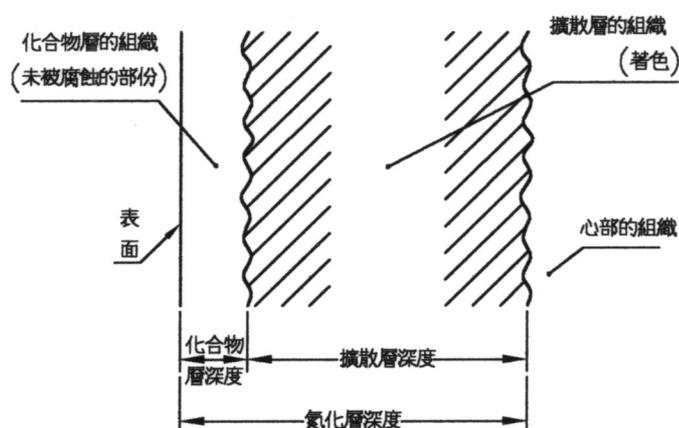


圖 4 顯微組織測定結果之實例

2. 擴散物層深度

使用金屬顯微鏡觀察，測量從化合物層的邊界到氮化層與心部的組織無差別的位置之距離，即為擴散層深度(DD)，擴散層深度可依下式求出。

$$DD = ND_M - CL$$

上式中 DD：擴散層深度

ND_M：依顯微組織測定法求得之氮化層深度

CL：化合物層深度

二、硬度試驗測定法

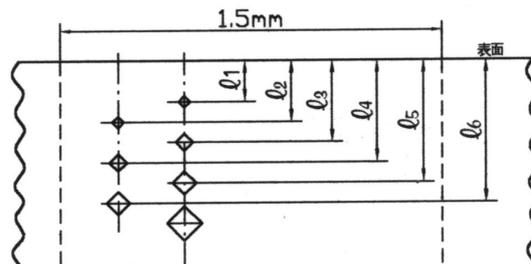
(一) 試樣及其前處理

1. 試樣採用成品本體，不得已時亦可取用與成品實施相同條件處理之同鋼種的鋼料。
2. 將試樣垂直表面切斷，切斷面經適當研磨後做為被檢面。切斷及研磨時，必須注意充分冷卻避免試樣溫度升高影響硬度。同時也要防止被檢面的邊緣呈圓弧狀的現象。

(二) 測定方法

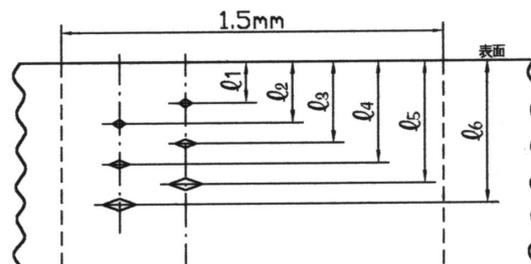
1. 被檢面以維克氏硬度試驗機進行硬度測定，或以諾樸氏硬度試驗機進行硬度測定，並完成硬度分佈曲線。硬度分佈曲線依下列所述完成製作：
 - (1) 被檢面的測定位置為沿著垂直試樣表面之直線上，逐次地測定硬度，試驗荷重為 0.3kgf 以下。必要時於被檢面之表面 1.5 mm 範圍內選取 2~5 點，分別沿著垂直表面之直線上測定硬度如圖 5 所示，以便製作一條硬度分佈曲線。

(1) 維克氏硬度試驗



註： $l_{i+1} - l_i \leq 0.1\text{mm}$

(2) 諾樸氏硬度試驗



註： $l_{i+1} - l_i \leq 0.1\text{mm}$

圖 5 硬度測定點的配置

- (2) 硬度試驗荷重為 0.3kgf 以下，測定點間隔為 0.1 mm 以下。相鄰壓痕中心須為壓痕對角線長度之 2.5 倍以上。如為諾樸氏硬度試驗時，相鄰壓痕中心須為較長對角線之 2 倍以上或較短對角線之 4 倍以上。

2. 由硬度分佈曲線求出氮化層深度或實用氮化層深度，如圖 6 所示。

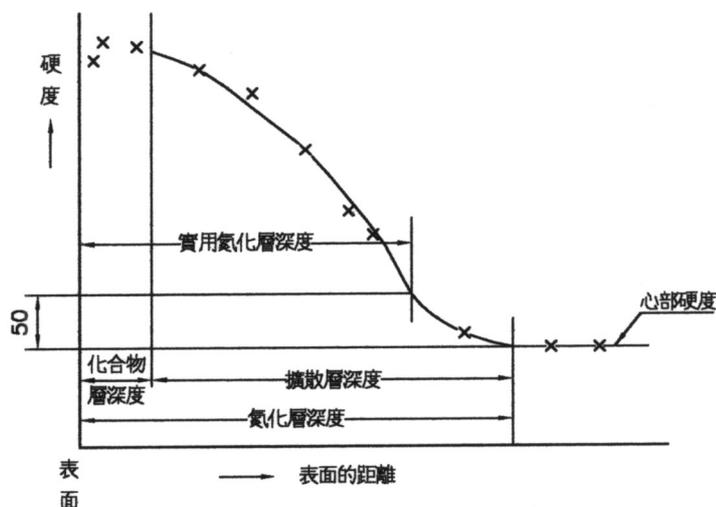


圖 6 硬度分佈曲線之一例

3. 依下式求出擴散層深度(DD)

$$DD = ND - CL$$

上式中 ND：氮化層深度

CL：依顯微組織測定法求得之化合物層深度

三、氮化層深度、化合物層及擴散層深度之表示方法

- (一) 1. 氮化層深度及實用氮化層深度以mm表示，取至小數點以下第二位。氮化層深度淺的情況亦可以 μm 表示，但須於數字末尾標示單位。
2. 氮化層深度及實用氮化層深度的表示符號，如表 3 所示。

表 3 氮化層深度及實用氮化層深度的表示符號

項 目	測定方法		
	硬度試驗測定法		顯微組織測定法
	維克式硬度	諾樸氏表面硬度	
氮化層深度	ND-HV Δ -T	ND-HK Δ -T	ND-M-T
實用氮化層深度	ND-HV Δ -P	ND-HK Δ -P	——

備註 1. ND 表示氮化層深度(Nitrided case Depth)。

2. Δ 表示硬度試驗之荷重(單位為 N 或 kgf)。

3. M 表示顯微組織(Microstructure)。

4. T 表示全氮化層深度(Total Depth)。

5. P 表示實用氮化層深度(Practical Depth)。

例 1 ND-HV0.3-T0.74

(表示以維克氏硬度試驗法測定，荷重為 0.3kgf(2.94N)，
全氮化層深度為 0.74 mm。)

例 2 ND-HV0.3-P0.23

(表示以維克氏硬度試驗法測定，試驗荷重為 0.3kgf
(2.94N)，實用氮化層深度為 0.23 mm。)

例 3 ND-HK0.2-P0.35

(表示以諾樸氏硬度試驗法測定，荷重為 0.2kgf (1.96N)，
實用氮化層深度為 0.35 mm。)

例 4 ND-M-T50 μm

(表示以顯微組織法測定，氮化層深度為 50 μm 。)

(二)

1. 化合物層深度以 μm 表示，取至小數點以下第一位。
2. 擴散層深度以 mm 表示，取至小數點以下第二位。但淺的擴散層情況也可以 μm 表示，取至小數點以下第一位，數字末尾須標記單位。
3. 化合物層深度及擴散層深度之表示符號，如表 4 所示

表 4 化合物層深度及擴散層深度的表示符號

項目	測定方法		
	硬度試驗測定法		顯微組織測定法
	維克式硬度	諾樸氏表面硬度	
化合物層深度	—	—	CL-M
擴散層深度	DD-HV Δ	DD-HK Δ	DD-M

備註 1. DD 表示擴散層深度(Diffusion Depth)。

2. CL 表示化合物層深度(Compound Layer)

3. Δ 表示硬度試驗之荷重，單位為 kgf 或 N。

依照與委託者之協議，得省略 Δ 。

例 1 DD-HV0.1-0.45

(表示以維克氏硬度試驗法測定，荷重為 0.1kgf (0.98N)，
擴散層深度為 0.45 mm。)

例 2 DD-HK0.2-35.2 μm

(表示以諾樸氏硬度試驗法測定，荷重為 0.2kgf (1.96N)，
擴散層深度為 35.2 μm 。)

例 3 CL-M-10.5 μm

(表示以顯微組織法測定，化合物層深度為 10.5 μm 。)

例 4 DD-M-0.51

(表示以顯微組織法測定，擴散層深度為 0.51 mm。)

學習評量三

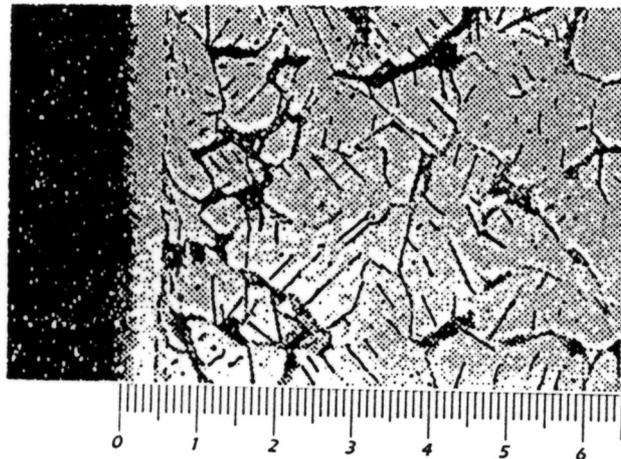
請不要參考任何資料或書籍，在下列各題空格中填入正確的答案。

(一)是非題

- () 1. 氮化層深度的測定方法有兩種，即顯微組織測定法和硬度試驗測定法。
- () 2. 化合物層深度可以使用硬度試驗法測出。
- () 3. 氮化層深度扣除化合物層深度即是擴散層深度。
- () 4. 硬度試驗測定法測量氮化層深度時，係使用洛氏硬度試驗機。
- () 5. 硬度試驗測定法測量氮化層時，測定點間隔為 0.1 mm 以下。但相鄰壓痕中心的距離，必須為壓痕對角線長度之 2.5 倍以上。
- () 6. 由硬度試驗測定法製作的滲氮層硬度分佈曲線，可以求出擴散層深度。
- () 7. ND-HV0.3-T0.65 表示以維克氏硬度測定法，試驗荷重為 0.3kgf，氮化層深度為 0.65 mm。
- () 8. ND-M-T50 μm 表示以顯微組織測定法，測得氮化層深度為 50 μm 。
- () 9. CL-M-12.5 μm 表示以顯微組織測定法，測得化合物層深度為 12.5 μm 。
- () 10. 化合物層深度以 mm 表示，並取至小數點以下第一位。

(二)問答題

S15C 鋼料置於氣氛中氮化處理後，所得的組織如下列照片所示。此照片放大倍率為 400，照片底下為一支實際尺寸的直尺（每一小刻度為 1 mm），試完成下列問題。



1. 試由組織照片求出氮化層深度？（並以表示符號作答）

答案欄

氮化層深度		表示符號
氮化層深度	mm	

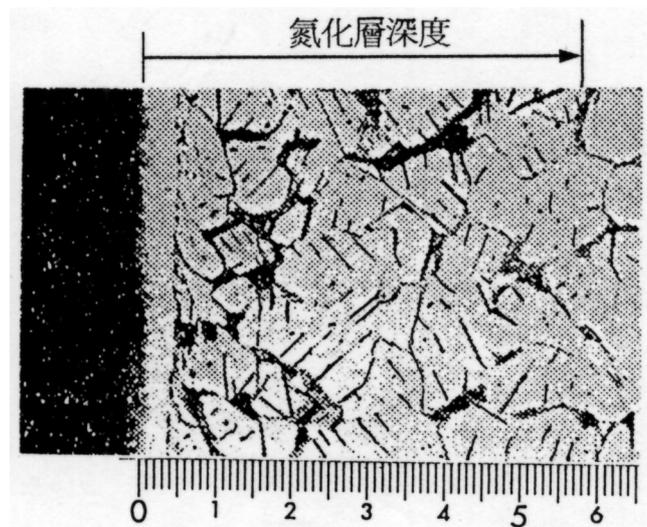
學習評量三答案

你的答案應該包括下列要點

(一)是非題

1. (○)
2. (×) 必須使用金屬顯微鏡或以維克式硬度試驗機的測微尺測出。
3. (○)
4. (×) 使用維克氏或諾樸氏硬度試驗機。
5. (○)
6. (×) 由硬度分佈曲線求出氮化層深度後，仍須以顯微組織測定法求出化合物層深度，再依式子 $DD=ND-CL$ 求出擴散層深度。
7. (○)
8. (○)
9. (○)
10. (×) 化合物層深度以 μm 表示

(二)問答題



1. 氮化層深度為： $56.5 \text{ mm} \div 400 = 0.14 \text{ mm}$

氮化層深度		表示符號
氮化層深度	0.14 mm	ND-M-T0.14

假如你的答案與上述之重點相似，請翻至下一頁，假如你的答案不與上述之重點相似，請翻至第 22 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 27 頁上的錯誤改正，然後翻到下一頁。

你已經能夠正確瞭解鋼的氮化層深度之測定方法，本教材的第四部分是要你能夠正確瞭解鋼的高週波及火焰淬火硬化層深度測定方法。

本單元的第四個學習目標是

在不參考任何資料或書籍的情況下，你能夠正確地瞭解鋼的高週波及火焰淬火硬化層深度的測定方法。

鋼的高週波和火焰淬火硬化層深度測定方法

鋼的高週波和火焰淬火硬化層深度測定方法有二，即巨視組織測定法和硬度試驗測定法。前者是簡便的方法，通常使用後者的測定方法。

一、巨視組織測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 試樣採用成品本體，不得已時亦可取用與成品的硬化位置同一形狀、尺寸和同一鋼種的鋼料，並實施與成品相同條件之處理。
2. 將試樣垂直硬化面切斷，切斷面經適當研磨後作為被檢面。切斷及研磨時，必須注意充分冷卻避免試樣溫度升高而影響組織。被檢面的粗糙度，達 CNS7868 之 $6.3 \mu\text{mRy}$ 程度。
3. 被檢面以約 5%硝酸酒精溶液或約 5%硝酸水溶液浸蝕適當時間，直到獲得清晰地著色狀態，再以酒精或水洗淨後吹乾。

(二) 測定方法

使用 20 倍以下的放大鏡觀察被檢面，測量表面到不同於心部的被著色部分之深度，此即全硬化層深度。

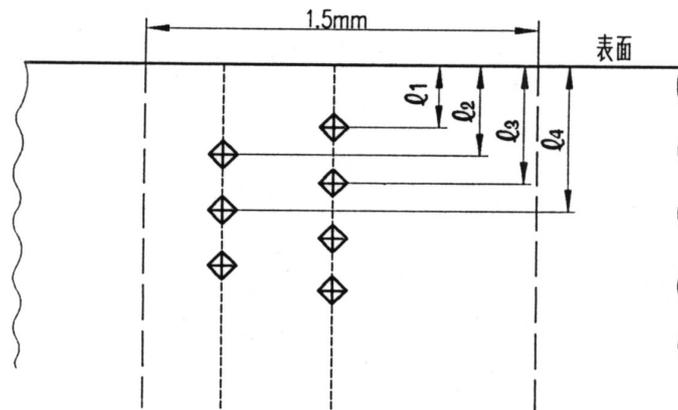
二、硬度試驗測定法

(一) 試樣及其前處理

1. 試樣採用成品本體，不得已時亦可取用與成品的硬化位置同一形狀、尺寸和同一鋼種的鋼料，並實施與成品相同條件之處理。
2. 將試樣垂直硬化面切斷，切斷面經適當研磨後作為被檢面。切斷及研磨時，必須注意充分冷卻避免試樣溫度升高而影響硬度；同時也要防止被檢面的邊緣呈圓弧狀現象。

(二) 測定方法

1. 被檢面依維克氏硬度試驗機或洛氏 C 硬度、洛氏表面硬度試驗機進行測定，並完成硬度分佈曲線，硬度分佈曲線依下列所述完成製作：
 - (1) 被檢面的測定位置為沿著垂直試樣表面之直線上，逐次地測定硬度。必要時於被檢面之表面 1.5 mm 範圍內選取 2~5 點，分別沿著垂直表面之直線上測定硬度，測定點的配置如圖 7 所示。
 - (2) 以維克氏硬度試驗製作硬度分佈曲線時，試驗荷重使用 0.1~1.0kgf (0.98~98.1N)，測定點的間隔原則上 0.1 mm 以下。深的表面硬化層之情況，除了界限硬度之外測定點間隔可為 0.1 mm 以上。相鄰壓痕中心須為壓痕對角線長度之 2.5 倍以上。另外，以洛氏硬度試驗製作硬度分佈曲線時，依照與委託者之協議進行試驗。



註： $l_{i+1} - l_i \leq 0.1\text{mm}$

備註： $l_2 - l_1, l_3 - l_2, l_4 - l_3, \dots$ 為 0.1 mm 以下。

圖 7 硬度測定點的配置

3. 由硬度分佈曲線求出有效硬化深度或全硬化層深度。

三、硬化層深度的表示方法

(一) 硬化層深度以mm表示，取到小數點以下一位。

(二) 硬化層深度的表示符號（如表 4 所示）。

表 4 硬化層深度的表示符號

硬化層深度	測定方法		
	硬度試驗測定法		巨視組織測定法
	維克氏硬度	洛氏表面硬度	
高週波淬火有效硬化深度	HD-H△-E()	HD-H□-E()	—
火焰淬火有效硬化深度	FD-H△-E()	FD-H□-E()	—
高週波淬火全硬化層深度	HD-H△-T	HD-H□-T	HD-M-T
火焰淬火全硬化層深度	FD-H△-T	FD-H□-T	FD-M-T

備註 1. △表示必須記入硬度試驗的荷重（其單位為 kgf 或 N）。

2. □表示必須記入硬度試驗的尺度。

3. ()表示必須記入指定硬度值。

例 1 HD-H0.5-E(450)1.5

(表示以維克氏硬度試驗法測定，荷重為 0.5kgf (4.9N)，
從表面到 450HV 之高週波淬火有效硬化深度為 1.5 mm。)

例 2 FD-HC-E(41)1.8

(表示以洛氏硬度試驗法測定，從表面到 41HRC 之火焰淬火
有效硬化深度為 1.8 mm。)

例 3 HD-H30N-E(60)1.0

(表示以洛氏表面硬度試驗法測定，從表面到 60HR30N 之高
週波淬火有效硬化深度為 1.0 mm。)

例 4 HD-M-T3.2

(表示以巨視組織法測定，高週波淬火全硬化層深度為 3.2
mm。)

四、試驗報告

撰寫試驗報告書時，除了測定值之外，亦應標示下列項目做為報告事項。

- (一) 鋼種或化學成分
- (二) 試樣(成品或同一鋼種的鋼料)的區別
- (三) 熱處理條件
- (四) 測定位置

學習評量四

請不要參考任何資料或書籍，在下列各題空格中填入正確的答案。

(一)是非題

- () 1. 鋼的高週波和火焰淬火硬化層深度的測定方法有兩種，即顯微組織測定法和硬度試驗測定法。
- () 2. 巨視組織測定法測量鋼的高週波和火焰淬火硬化層深度時，使用 50 倍測量硬化層深度。
- () 3. 維克氏硬度試驗測定法製作硬度分佈曲線時，測定點間隔原則上為 0.1 mm 以下。
- () 4. 如以洛氏硬度試驗測定法製作硬度分佈曲線時，應依照與委託者之協議方法進行試驗。
- () 5. 維克氏硬度試驗法測定高週波淬火與火焰淬火有效硬化深度時的表示符號兩者相同。
- () 6. HD-H0.5-E(450)2.0 表示以維克氏硬度試驗法測定，荷重為 0.5kg，從表面到 450HV 之高週波淬火有效硬化深度為 2.0 mm。
- () 7. FD-HC-E(41)2.0 表示以洛氏硬度試驗法測定，從表面到 41HRC 之火焰淬火有效硬化深度為 2.0 mm。
- () 8. HD-H45N-E(60)2.0 表示以洛氏表面硬度試驗法測定，從表面到 60HR45N 之高週波淬火有效硬化深度為 2.0 mm。
- () 9. HD-M-T2.0 表示以巨視組織法測定，高週波淬火全硬化層深度為 2.0 mm。
- () 10. 撰寫高週波和火焰淬火硬化層深度的試驗報告時，除了測定值之外，無須標示其他報告事項。

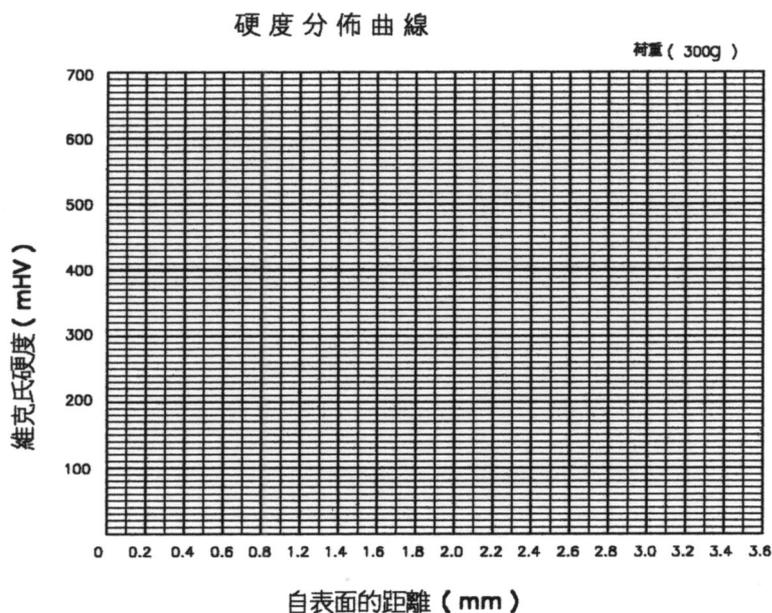
(二)問答題

SCM440 鋼料之馬達心軸，其直徑 12 mm 經高週波淬火後，使用維克氏硬度試驗機測定硬化層深度，所得之硬度與自表面距離的關係，如下表所示，試完成下列問題。

硬度與自表面的距離之關係

自表面的距離(mm)	硬度(mHV)	自表面的距離(mm)	硬度(mHV)
0.1	625.7	1.6	635.1
0.2	630.4	1.7	630.4
0.3	635.4	1.8	630.4
0.4	639.9	1.9	625.2
0.5	635.1	2.0	630.4
0.6	639.7	2.1	625.7
0.7	635.1	2.2	620.2
0.8	635.1	2.3	615.5
0.9	630.4	2.4	594.3
1.0	630.4	2.5	575.7
1.1	635.1	2.6	505.1
1.2	639.7	2.7	402.4
1.3	635.1	3.1	316.6
1.4	639.9	3.2	302.4
1.5	635.1	3.5	304.2

1. 試在方格紙上完成硬度分佈曲線。
2. 由硬度分佈曲線求出 400HV 之有效硬化深度？（並以表示符號作答）
3. 由硬度分佈曲線求出全硬化層深度？（並以表示符號作答）



高週波淬火硬化層深度		表示符號
有效硬化深度	mm	
全硬化層深度	mm	

筆記欄

學習評量四答案

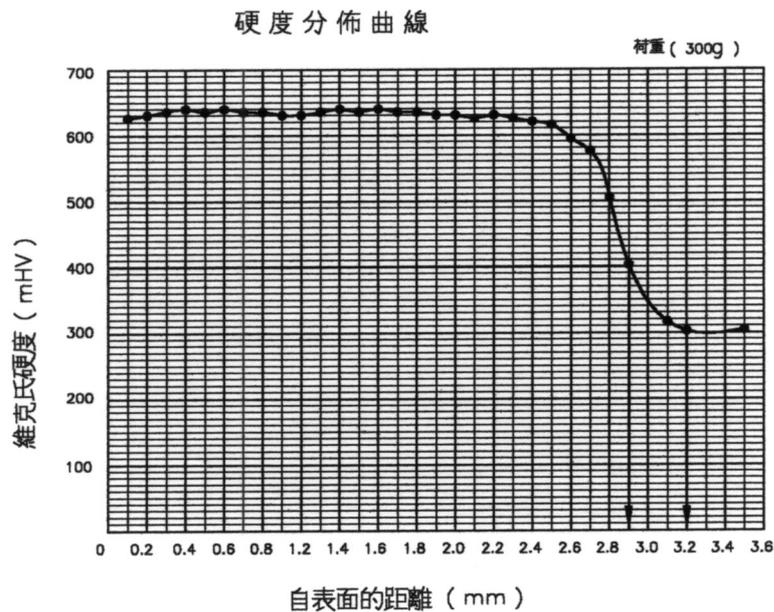
你的答案應該包括下列要點

(一)是非題

1. (×) 巨視組織測定法和硬度試驗測定法。
2. (×) 使用 20 倍以下的放大鏡測量硬化層深度。
3. (○)
4. (○)
5. (×) 不同，高週波淬火以 HD-H△-E() 表示，火焰淬火以 FD-H△-E() 表示之。
6. (○)
7. (○)
8. (○)
9. (○)
10. (×) 還必須標示(1)鋼種或化學成分；(2)試樣的區別；(3)熱處理條件；(4)測定位置。

(二)問答題

1. 完成硬度分佈曲線



2. 有效硬化深度為 2.7 mm
3. 全硬化層深度為 3.2 mm

高週波淬火硬化層深度		表示符號
有效硬化深度	2.7 mm	HD-H0.3-E(400)2.7
全硬化層深度	3.2 mm	HD-H0.3-T3.2

學後評量

請不要參考任何資料或書籍，在下列各題空格中填入正確的答案。

(一)是非題

- () 1. 巨視組織試驗法是測定鋼的滲碳硬化層深度之簡便方法。
- () 2. 滲碳層之有效硬化深度，係指自表面到維克氏硬度 550 處的垂直距離。
- () 3. 維克氏硬度試驗法製作滲碳硬化層之硬度分佈曲線時，硬度測定點的間隔原則上為 0.1 mm 以下。
- () 4. 由硬度分佈曲線決定滲碳層之全硬化層深度有困難時，可量測自表面到心部硬度加上 30~50HV 之硬度處做為全硬化層深度。
- () 5. 鋼的脫碳層深度之測定方法有顯微組織、硬度試驗和碳濃度等三個方法。
- () 6. 無論以組織試驗法或硬度試驗法測定鋼的滲碳層深度（或脫碳層深度）時，必須沿著垂直試樣表面之直線上逐次地測定。
- () 7. 過共析鋼的表層即使脫碳到共析成分，淬火後其硬度也不會變化。
- () 8. 硬度試驗法測量氮化層深度時，係使用維克氏或諾模氏硬度試驗機。
- () 9. 化合物層深度必須使用顯微鏡放大後才能準確地量出。
- () 10. 化合物層深度以 mm 表示，並取至小數點以下第一位。
- () 11. 巨視組織測定法測定鋼的高週波硬化層或滲碳硬化層深度時，係使用 20 倍以上的顯微鏡測量硬化層深度。
- () 12. 如以洛氏硬度試驗測定法製作高週波或火焰淬火硬化處理件之硬度分佈曲線時，應依照與委託者之協議的方法進行。

(二)問答題

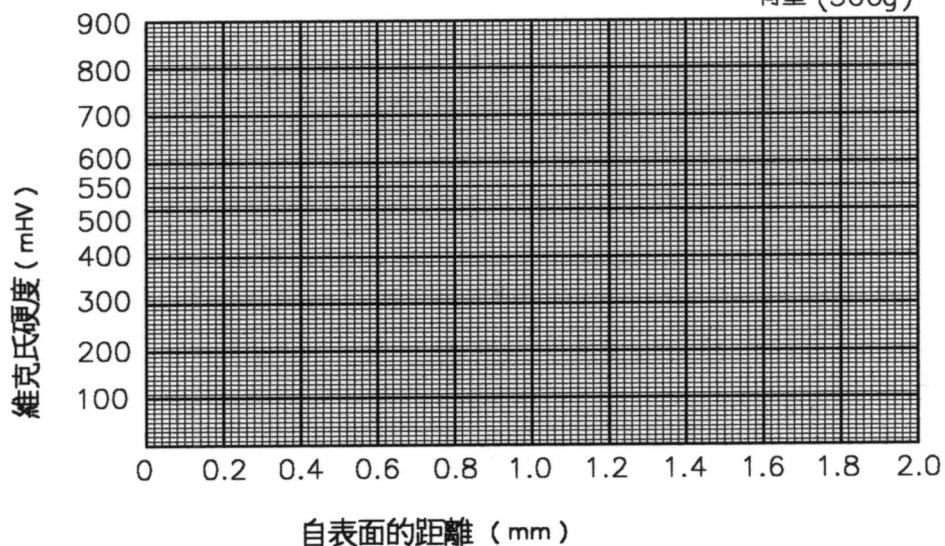
教師提供經滲碳淬火硬化之試樣，交予學員使用維克氏硬度試驗機，依下表指定的距離，逐次地測定硬度。完成硬度測定後，在所提供的方格紙上製作硬度分佈曲線，再求取該試樣之有效硬化深度及全硬化層深度？（並以表示符號作答）

硬度與自表面距離之關係

自表面的距離 (mm)	硬度 (mHV)	自表面的距離 (mm)	硬度 (mHV)
0.1		0.9	
0.2		1.0	
0.3		1.1	
0.4		1.3	
0.5		1.5	
0.6		1.7	
0.7		1.9	
0.8		2.1	

硬度分佈曲線圖

砵重 (300g)



答案欄

滲碳硬化層深度		表示符號
有效硬化深度	mm	
全硬化層深度	mm	

學後評量

一、教師學後評量

評量項目	每題分數	答對題數	得 分	備 註
是非題	8.5			答錯不倒扣
選擇題				全上
填充題				全上
問答題				全上
合 計				

二、教師實作評量

評分項目	單項得分	百分比	單項分數	總 分	備 註
作業部份		80%			
作答時間		20%			

三、教師綜合評量

評分項目	單項得分	百分比	單項分數	總 分	備 註
學後評量		40%			<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
實作評量		40%			
學習態度		20%			
總 評	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格				
備 註	D或E級為不合格				

四、評等標準

A：100~90分 B：89~80分 C：79~70分 D：69~60分 E：未滿60分

如你的評分等級為 A 或 B 則表示你已相當了解。如你的評分等級為 C，則請重新溫習，如你的評分等級為 D 或 E 則表示你還沒有進入情況，請從頭開始溫習一遍，或請教師安排補救教學。