

# 鑄品檢測能力本位訓練教材 衝擊試驗

編號：PMF-CQC0305

編著者：許興旺

審稿者：謝耀民、張晉昌

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 PMF-CQC0305 學習指引

在學習本單元前，你應該要先了解及認識鑄品材質及檢測材料諸性質，從鑄品材質之分類，對機械材料各性質及用途有了基本認識；而學習本職類各單元教材的先後順序，可參考背面之能力目錄。假如你認為自己可以的話。請翻至第 1 頁開始學習。假如你認為自己還不熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PMF-CQC0301 教材開始學習或請教你的老師。

## 引言

衝擊試驗是測定金屬材料的衝擊強度（衝擊值），其目的主要為求得材料破斷時所吸收之能量，以比較材料韌性之大小。並藉由不同溫度的試驗可知材料變脆時的轉變溫度。

衝擊試驗可以瞭解材料是否有充份的韌性，通常不用於太脆的材料，一般以船舶、航空、汽車零件、軍用品及特殊機械用品為主，因時常經歷冷熱交替，對低溫衝擊值要求程度高，最為重視，因為若材料太脆將直接影響使用上之安全。本單元將使你學會鑄造界常用的 Charpy 衝擊試驗操作方法，並簡單介紹 Izod 衝擊試驗法。

## 定義

**韌性 (toughness)**：材料破斷時，吸收機械能的能力，稱為韌性。

**衝擊值**：亦稱衝擊強度，即利用衝擊試驗機所測定出材料被衝斷時所吸收的能量。

**轉脆溫度 (Transition Temperature)**：溫度下降到某一範圍之下，材料之衝擊值便急遽的降低，這種衝擊值急遽下降的現象稱為轉脆，而其溫度稱為轉脆溫度。

**Charpy impact testing machines**：在 CNS 3033 G2022 及 CNS 3034 G2023、CNS10424 B6082、CNS8768 B6068 及 CNS10425 B7255 規範中以沙丕衝擊試驗機稱之。

**Izod impact testing machines**：在上述 CNS 規範中以愛曹特衝擊試驗機稱之。

**沙丕衝擊值 (Charpy impact value)**：使用沙丕衝擊試驗機折斷試片所需能量 (kg-m) 以凹口處原剖面積 (cm<sup>2</sup>) 所除之商謂之 (單位 kg-m/cm<sup>2</sup>)。

**愛曹特衝擊值 (Izod impact value)**：使用愛曹特衝擊試驗機折斷試片所需的能量 (單位 kg-m) 謂之。

## 學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料，你能正確的說出衝擊試驗之原理及寫出衝擊值之計算公式。
- 二、在不參考任何書籍及資料，你能正確的劃出 3、4、5 號衝擊試驗片之尺寸，並說出不同的地方。
- 三、給你三個衝擊試驗片，在無人幫助下，你能於 30 分鐘內利用 Charpy 衝擊試驗機，正確的測出三個衝擊試驗片在 $-20^{\circ}\text{C}$ 之衝擊值。

## 學習活動

本單元之學習活動包括相關知識的閱讀及實際操作的練習，你對衝擊試驗的認識與學習可以由下列二條途徑選擇其一來學習。

一、閱讀本教材之第 5 頁至第 38 頁。

二、閱讀下列參考書籍：

- (1)、1977 年 9 月賴耿陽譯著「鑄物之試驗檢查」復漢出版社，第 126 頁至第 130 頁。
- (2)、雷添壽編著，七十三年初版，大專用書「機械工程實驗（一）」，全華科技圖書股份有限公司。第 21 頁至第 27 頁。
- (3)、1985 年 6 月，中國鋼鐵股份有限公司與中華民國品質管制學會聯合舉辦「煉軋鋼業全面品質管制技術實務講座」第 143 頁至第 145 頁。
- (4)、謝耀民、陳炫成編著，1986 年「鑄件檢驗」，全華科技圖書股份有限公司。第 225 頁至第 260 頁。
- (5)、詹添印、廖德潭、周漢標編著，八十三年最新部訂專科課程標準「機械材料試驗」，全華科技圖書股份有限公司。第 3-1 頁至第 3-11 頁。
- (6)、1998 年 9 月方治國、江可達、林本源、林啓端、林進誠、謝忠祐等編著，「機械材料實驗」，新科技書局。第 133 頁至第 152 頁。
- (7)、89 年 3 月 20 日修訂公佈 CNS3033 G2022 金屬材料衝擊試驗片；85 年 7 月 25 日修訂公佈 CNS3034 G2023 金屬材料衝試驗法；CNS8678 B6068 愛曹特衝擊試驗機；CNS 10424 B6082 沙丕衝擊試驗機；CNS 10425 B7255 沙丕衝擊試驗機檢驗法。

### 本教材的第一個學習目標

在不參考任何書籍及資料，你能正確的說出衝擊試驗之原理及寫出衝擊值之計算公式。

### 一、衝擊試驗目的

衝擊試驗主要是求得材料被衝斷時所吸收之能量稱為衝擊值（或衝擊強度），衝擊值愈大，材料之韌性愈佳；反之衝擊值愈小，則材料之韌性愈差。因此可藉由衝擊試驗瞭解各材料是否有足夠的韌性，並比較各材料韌性之大小，而且衝擊值可隨溫度之變化而改變，所以亦可藉由不同溫度的衝擊試驗求得材料變脆之轉變溫度（Transition Temperature）。

### 二、衝擊試驗機的構造

測量衝擊值的方法很多，最普遍的是利用單擊擺錘型之衝擊試驗機，以 Charpy 衝擊試驗機及 Izod 衝擊試驗機為代表，但為鑄造界所廣泛使用的為 Charpy 衝擊試驗機。兩者之差異為試片夾持方式、撞擊試片位置及試片尺寸不同，但其試驗原理相同，兩種試驗方法亦雷同。

單擊擺錘型之衝擊試驗機如圖 1 所示，其主要構造可分為三部份：(1)、擺錘：已知擺錘的重量，可將放置在擺動路徑內的試片擊斷。(2)、試片支持台及試驗機基礎：試片支持台及試驗機基礎應牢固，試片被撞擊時支持台不能變形設備亦不能震動。(3)、指針及刻度盤：試片被擊斷後吸收能量之測定裝置。

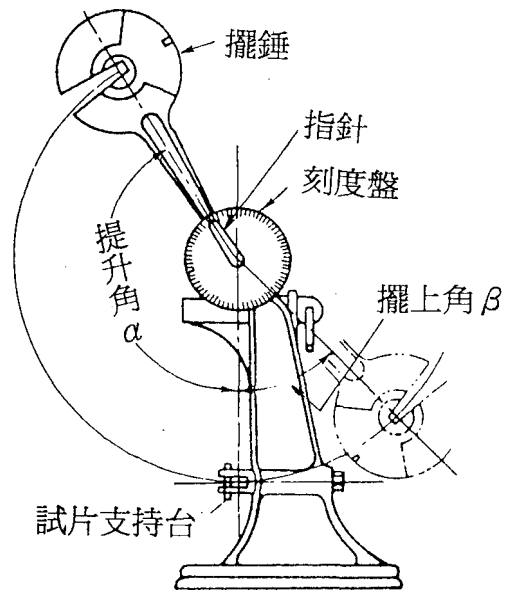


圖 1 衝擊試驗機構造



### 三、衝擊試驗原理

衝擊試驗依據能量不滅定律之原理，將擺錘舉高至某一高度，則此時擺錘具有一定位能，而後使其自由落下，當擺錘到達最低點時，位能全部轉變成動能，衝斷置於定位上之試片，試片衝斷時會吸收一部份動能，而其剩餘能量則促使擺錘擺至另一端的高度。因此衝擊試驗原理主要是利用擺錘在衝擊前及衝擊後的最大位能差異來計算試片吸收的能量（如圖 2）所示。衝擊前擺錘與試片所產生之角度為 $\alpha$ ，其原有能量為  $E_1$ ，當擺錘放開衝斷試片後，擺錘與試片所產生之角度為 $\beta$ ，其剩餘能量為  $E_2$ ，衝擊過程試片吸收的能量  $E=E_1-E_2$ 。

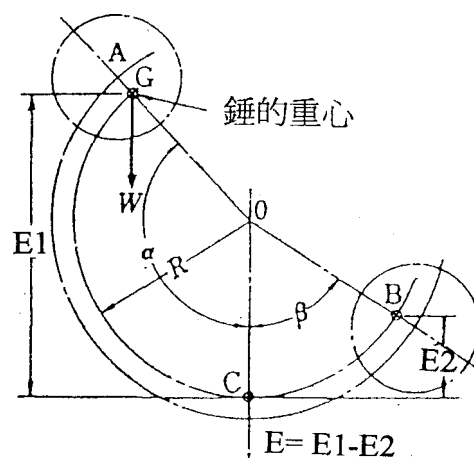


圖 2、試片衝斷時吸收之能量

原有能量  $E_1=WR(1-\cos\alpha)$

剩餘能量  $E_2=WR(1-\cos\beta)$

試片吸收的能量  $E=E_1-E_2$

$$=WR(\cos\beta-\cos\alpha) \quad \text{kg-m}$$

W：擺錘重量(kg)

R：擺錘重心至迴轉中心之距離

$\alpha$ ：擺錘高舉與試片所產生之角度

$\beta$ ：衝擊試片後擺錘上升之角度

衝擊試驗除可用上述公式計算外，各公司（廠）之衝擊值試驗機由於 W、R、 $\alpha$  角度皆為固定值，故可做成簡單之對照表，只要知道 $\beta$ 之角度即可由對照表中得知該試片之吸收能。

Charpy 衝擊值的計算方式，是以試片衝擊時所吸收之能量除以試片凹槽處之斷面積，所得的商即稱為 Charpy 衝擊值，單位為  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ 。而 Izod 衝擊值的計算是直接採用試片衝斷時所吸收的能量，不再除以試片凹槽處之斷面積，故其單位為  $\text{kg}\cdot\text{m}$ 。

利用衝擊試驗不但可以測量不同材料之衝擊值以資比較。此外材料作衝擊試驗時，在某一溫度範圍內會有韌、脆轉變的現象。在某一溫度上，材料具有良好的韌性，當溫度下降至某一範圍時，其衝擊值便急遽的下降，這種衝擊值急遽下降的現象，稱為轉脆，而其溫度稱為轉脆溫度 (Transition Temperature)。對面心立方晶體 (FCC, Face-centered cubic) 結構的金屬，溫度的下降，材料吸收衝擊能的能力只是略降而已，但對體心立方晶體 (BCC, Body-centered cubic) 結構的金屬而言，溫度下降到某一範圍之下，衝擊值便急遽的降低。一般鋼材吸收能低於 15Ft-Lb (2.1Kg-m 或 20J)，鋼材則變為極脆，很容易讓裂縫快速滋生而引裂。而船舶、航空、汽車零件、軍用品及特殊機械用品，因時常經歷冷熱交替，對衝擊值要求程度高，故最為重視，若材料太脆將直接影響使用上之安全。故船舶業乃訂定衝擊值為 15Ft-Lb (2.1Kg-m 或 20J) 的溫度為轉脆溫度。

圖 3 顯示試片被衝斷後，其斷口面積可分為二部份，一部份為邊緣之延性破面，另一部份為中央之脆性破面。一般而言延性破面區域的斷面與試片中心線傾斜約為  $45^\circ$ ，脆性破面區域的斷面與試片中心線幾乎成垂直。延性破面面積與凹槽處試片破斷面總面積 (延性破面與脆性破面面積之總和) 的比值，稱為延性破面率。延性破面率為 50% 的溫度，也常被定位為材料的轉脆溫度。若以兩種標準比較數種鋼材的轉脆溫度，可以發現同一鋼材的轉脆溫度因標準不同而有很大的差異 (如表 1 所示)。

延性破面率 S (%) :

$$S (\%) = \frac{F}{A} \times 100\%$$

式中，F：延性破面之面積

A：破斷面之總面積

脆性破面率 B (%) :

$$B (\%) = \frac{C}{A} \times 100\%$$

式中，C：脆性破面之面積

A：破斷面之總面積

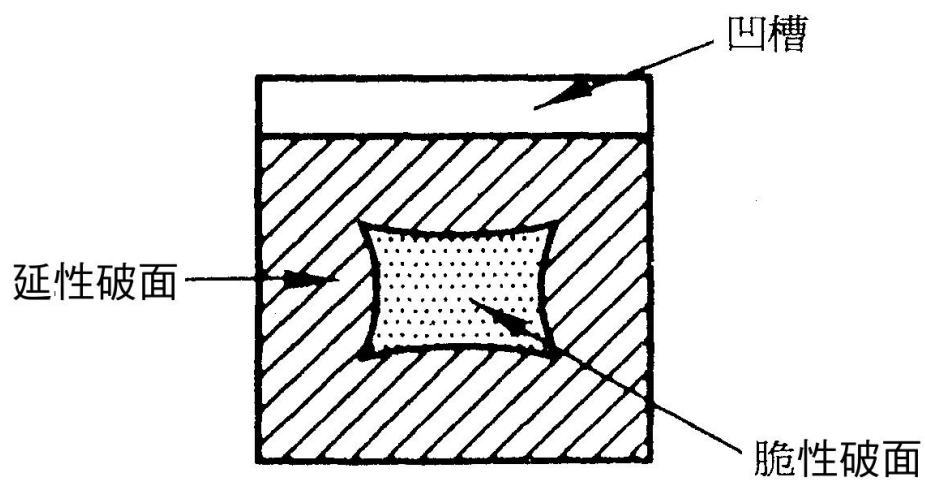


圖 3 衝斷試片之斷面圖

表 1 各種鋼材之轉脆溫度

材 料	20J	50%延性破面率
	轉 脆 溫 度°C	轉 脆 溫 度°C
熱 軋 錳 鋼	27	46
熱 軋 低 合 金 鋼	-24	12
淬 火 再 回 火 鋼	-71	-54

學習評量一

請不要參閱資料或書籍，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

一、是非題

- ( ) 1.材料被衝斷時吸收之能量稱為衝擊值
- ( ) 2.衝擊值愈大，材料之韌性愈小，衝擊值愈小，材料之韌性愈佳。
- ( ) 3.衝擊試驗主要是求得材料被衝斷時所吸收之能量。
- ( ) 4.衝擊值不會隨材料溫度之變化而改變。
- ( ) 5.衝擊值試驗之基本原理主要是利用擺錘動能之改變而求得
- ( ) 6.各種材料可藉由衝擊試驗求得材料變脆之轉變溫度。
- ( ) 7.船舶業訂定衝擊值為 20 焦耳的溫度為轉脆溫度。

二、問答題

請寫出試片被衝斷時吸收能量之計算公式，並說明公式內各符號所代表的意義。



## 學習評量答案

你的答案應該包含下列要點：

## 一、是非題

1. (○)
2. (×) 衝擊值愈大，材料之韌性愈佳；反之衝擊值愈小，則材料之韌性愈差。
3. (○)
4. (×) 衝擊值會隨材料溫度之變化而改變。
5. (×) 利用擺錘位能之改變。
6. (○)
7. (○)

## 二、簡答題

答：試片衝斷時吸收之能量  $E=E_1-E_2$

$$=WR (\cos\beta-\cos\alpha) \text{ kg-m}$$

W：擺錘重量(kg)

R：擺錘重心至迴轉中心之距離

$\alpha$ ：擺錘高舉與試片所產生之角度

$\beta$ ：衝擊試片後擺錘上升之角度

恭喜你，如今你能正確地說出衝擊試驗之試驗原理及衝擊值之計算公式。本教材的第二部份是要你瞭解 Charpy 衝擊試驗機之各部位名稱及 Charpy 衝擊試驗之試片尺寸。

### 本教材的第二個學習目標

在不參考任何書籍及資料，你能正確的畫出 3、4、5 號衝擊試驗片之尺寸，並說出不同的地方。

### 一、使用規範：

- (一)、CNS3033 G2022 金屬材料衝擊試驗試片。89 年 3 月 20 日修訂公布。
- (二)、CNS3034 G2023 金屬材料衝擊試驗法。85 年 7 月 25 日修訂公布。
- (三)、CNS8768 B6068 愛曹特衝擊試驗機。
- (四)、CNS10424 B6082 沙丕衝擊試驗機
- (五)、CNS10425 B7255 沙丕衝擊試驗機檢驗法。

### 二、Charpy 衝擊試驗法介紹

#### (一)、Charpy 衝擊試驗

Charpy 衝擊試驗機 (Charpy impact testing machines) 依 CNS 規範稱之為沙丕衝擊試驗機，是專用於檢查材料是否具有充分的韌性，也有人用以研究拉張衝擊或扭曲衝擊試驗，但較少採用。依試片材料種類之不同，區分為很多等級，圖 4 為 30kg-m 之試驗機種，其擺錘重量 (W) 25.78kg，擺錘迴轉中心至擺錘重心距離 (R) 為 659.5mm，試片座寬  $40 \pm 0.2\text{mm}$ ；並有指針及刻度盤，刻度盤上的指針與擺錘會同步迴轉。沙丕衝擊試驗的實施，須先精密測定試片尺寸 ( $10 \times 10 \times 55\text{mm}$ ) 及 V (或 U) 槽底部圓弧直徑 ( $45^\circ$ , 0.25mm Rad.) 等各尺寸，標準沙丕衝擊試驗片尺寸分為 3、4、5 號三種型式，詳細尺寸於后節說明，而不同型式之試片會有不同的試驗結果。試驗時將擺錘舉至規定的位置 (如圖 2 提昇角  $\alpha$ )，該位置在試驗機上為固定，其次將指針移至刻度盤歸零處，再取出試片置於支持台上，試片之凹槽須對準支持台之中心，而凹槽之中心與支持台之中心，偏差宜在 0.4mm 之內。然後放鬆擺錘使其落下，擺錘向下作迴轉動作，撞擊試片中央，試片破斷時擺錘使試片破斷會失去部份能量，但剩餘的能量仍會使擺錘繼續往上迴轉，刻度盤上的指針因與擺錘同步迴轉，指針產生一擺上角 ( $\beta$ ) 表現於刻度盤上。沙丕衝擊值的計算方式，是以試片破斷時所需之能量除以試片凹槽處之斷面積，所得的商即稱為沙丕衝擊值 (Charpy V-notched number, 簡寫為 CVN)，單位為  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ ， $\text{CVN} = E/A$ 。



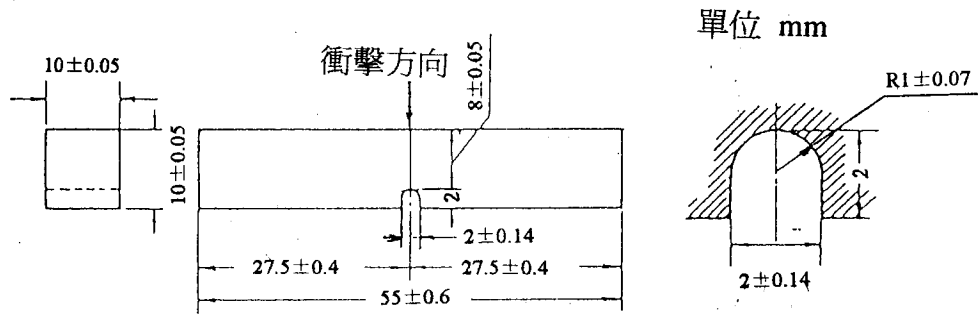


圖 4 Charpy 衝擊試驗機

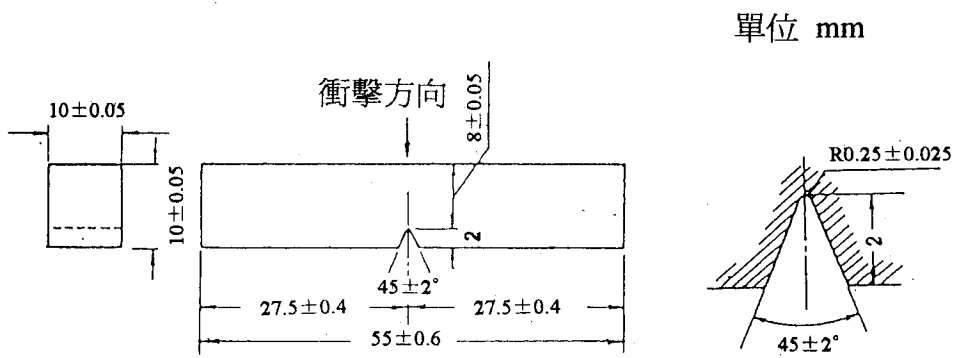
(二)、Charpy 衝擊試驗機之標準衝擊試片

Charpy 衝擊試驗機使用之標準衝擊試片可區分為 3、4、5 號試片（如圖 5）。至於使用那種試片則取決於材料規範或客戶之採購規範。但不同的試片則有不同的衝擊值，一般鑄鋼件之衝擊試片皆以 4 號（V-Notch）試片為主。其規格如下：

3 號試驗片



4 號試驗片



5 號試驗片

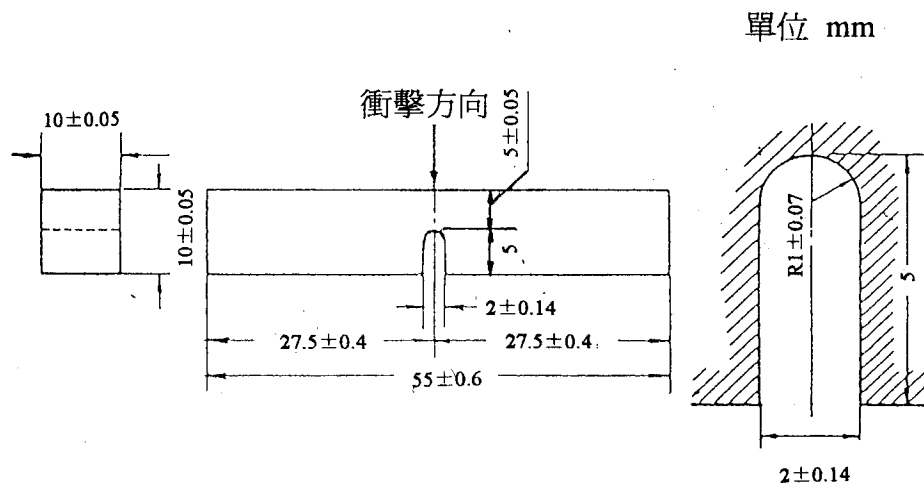


圖 5 Charpy 衝擊試驗試片規格

### (三)、Charpy 衝擊試驗之試片夾持方式

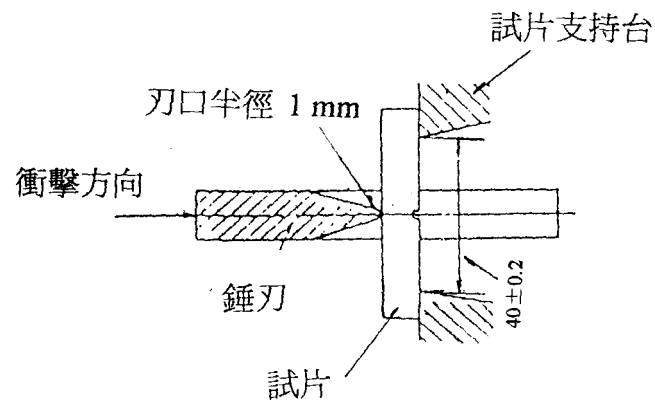


圖 6 Charpy 衝擊試驗之試片夾持方式

### 三、Izod 衝擊試驗法

#### (一) Izod 衝擊試驗

Izod 衝擊試驗機 (Izod impact testing machines) 依 CNS 規範稱之為愛曹特衝擊試驗機如圖 7，構造如圖 8。其試驗之方法與 charpy 衝擊試驗一樣，但衝擊值的計算是直接採用試片破斷時的吸收能，不再除以試片面積，因而其單位 kg-m。

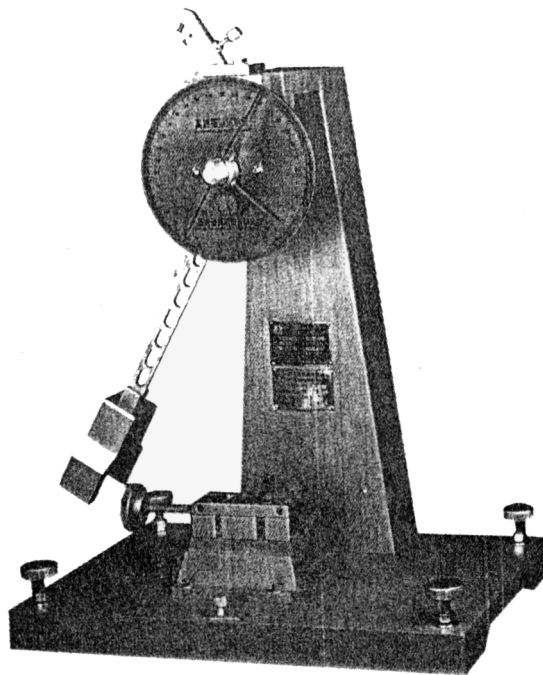


圖 7 Izod 衝擊試驗機

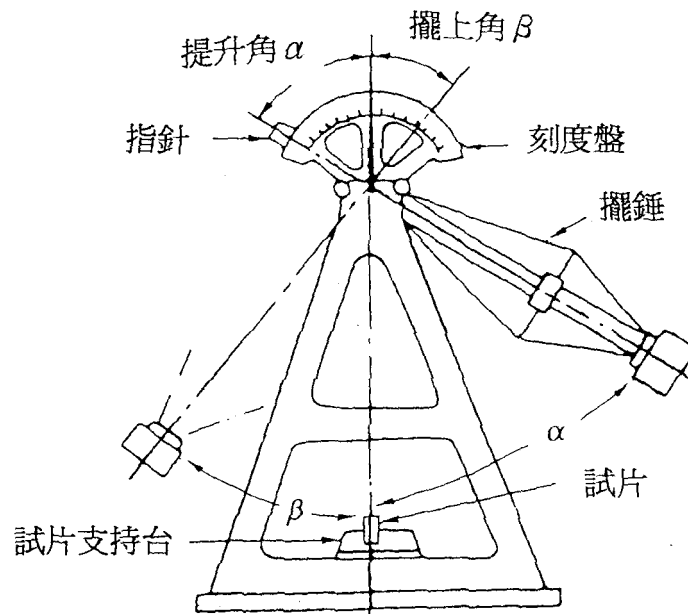


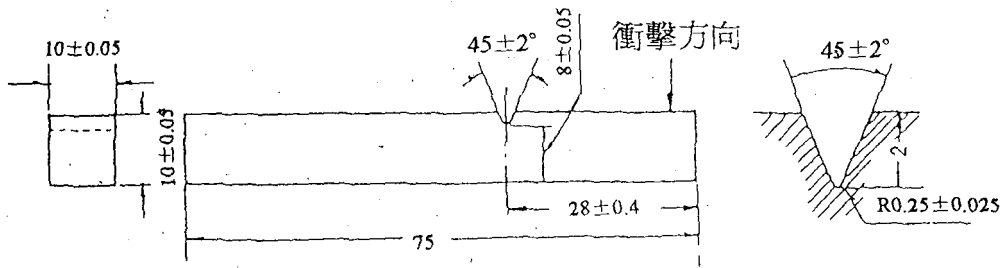
圖 8 Izod 衝擊試驗機構造

### (二) Izod 衝擊試驗機之標準試片

Izod 衝擊試驗機之試驗原理與 Charpy 衝擊試驗機相同，衝擊之吸收能計算亦與 Charpy 衝擊試驗機完全相同，唯其試片之固定方式及試片之形狀、尺寸有所差異，只要更換試片之支持台及錘刃即可做 Izod 衝擊試驗，因此 Izod 衝擊試驗機之標準試片可分為 1、2 號試驗片（如圖 9）。其規格如下：

1 號試驗片

單位 mm



2 號試驗片

單位 mm

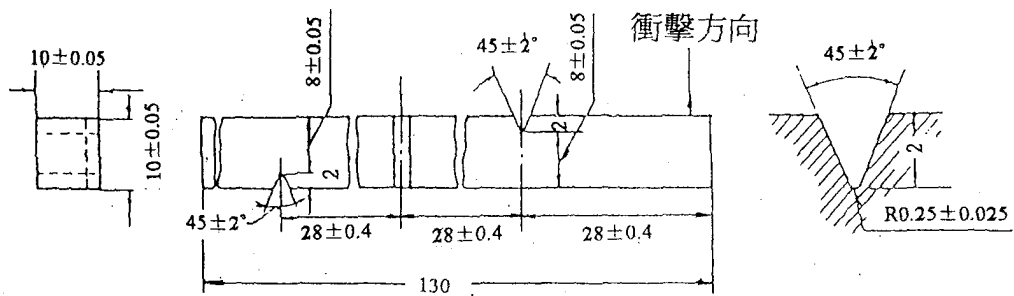


圖 9 Izod 衝擊試驗試片規格

(三) Izod 衝擊試驗之試片夾持方式

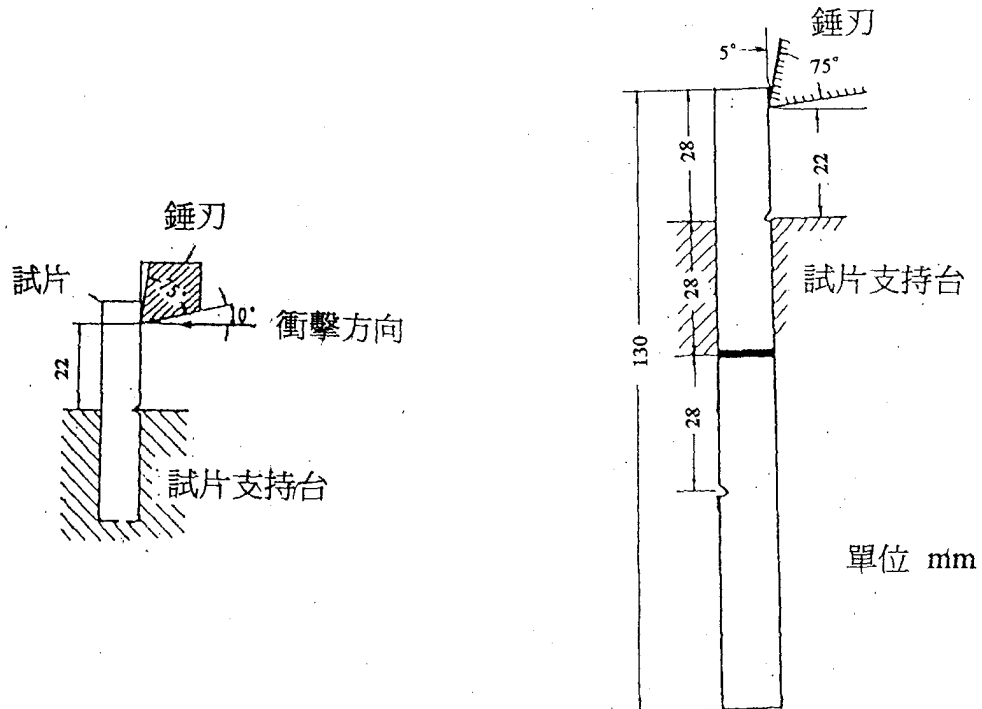


圖 10 Izod 衝擊試驗之試片夾持方式

#### 四、試片之製作要點

- (一)、Charpy 衝擊試驗標準試片之尺寸為長 55mm、寬度、高度各 10mm 之正方形斷面，若由於材料本身因素，致無法取得標準試片時，可採用寬度 7.5mm、5mm 或 2.5mm 之小試片。
- (二)、試片需在儘可能不受加工軟化及硬化影響之情形下，進行機械加工。
- (三)、用以評估熱處理材料之試片，應於熱處理後進行機械加工。
- (四)、試片除端面外之四個面必須平滑，凹槽部份須小心加工，不得存有有害之切削痕跡。且試片任意相鄰兩面彼此間須成直角。
- (五)、試片之鑑別號碼須標示在不影響試驗的位置。
- (六)、Charpy 衝擊試驗試片之形狀、尺度及其許可差如表 2 所示。

表 2、Charpy 衝擊試驗試片之形狀、尺度及其許可差

名 稱	V 形凹槽試片		U 形凹槽試片		
	標準值	許可差	標準值	許可差	
長度	55mm	±0.60 mm	55 mm	±0.60 mm	
高度	10 mm	±0.05 mm	10 mm	±0.05 mm	
寬度	10 mm	±0.05 mm	10 mm	±0.05 mm	
寬度 (小試片)	7.5 mm	±0.05 mm	7.5 mm	±0.05 mm	
寬度 (小試片)	5 mm	±0.05 mm	5 mm	±0.05 mm	
寬度 (小試片)	2.5 mm	±0.05 mm	2.5 mm	±0.05 mm	
V 形凹槽角落/U 形凹寬度	45 <sup>0</sup>	±2 <sup>0</sup>	2 mm	±0.14 mm	
凹槽下高度	8 mm	±0.05 mm	8 mm	±0.05 mm	
	—	—	5 mm	0.05 mm	
凹槽底部半徑	0.25 mm	±0.025 mm	1 mm	±0.07 mm	
凹槽對稱面 與端面之距 離	不使用自動定 位裝置時	27.5 mm	±0.40 mm	27.5 mm	±0.40 mm
	使用自動定位 裝置時	27.5 mm	±0.165 mm	27.5 mm	±0.165 mm

#### 五、低溫、高溫試驗

- (一)、衝擊試驗應依客戶需求在指定溫度實施。
- (二)、在室溫實施試驗時，除特別指定外，其試驗溫度應保持在 10~30<sup>0</sup>C 之範圍內，且宜記錄其試驗溫度。試驗結果可能受溫度影響之材料，原則上其試驗溫度為 23±2<sup>0</sup>C，若該材料有特別指定試驗溫度時，則依其規定。

- (三)、實施低溫試驗時，試片須置放於維持在指定溫度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之液槽、氣槽或低溫箱中。低溫箱、液槽至少 10 分鐘，氣槽至少 20 分鐘，試片在設定溫度保持一段時間後，取出試片置於試驗機之支持台上，依試驗機試驗步驟衝擊之。液槽或氣槽中之試片，須能充分侵漬於冷卻用液體或充分接觸氣體。液槽或氣槽之溫度測定須置於試片附近。且試片由液槽、氣槽或低溫箱中取出須在 5 秒內衝擊。
- (四)、試片浸於液槽時，宜置於格子架上，勿使試片接觸槽底，且沉浸於液面下至少 25mm 之處。
- (五)、實施  $200^{\circ}\text{C}$  以下之高溫試驗時，試片須置放於維持在指定溫度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之液槽中至少 10 分鐘；實施  $200^{\circ}\text{C}$  以上之高溫試驗時，試片須置放於維持在指定溫度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之氣槽中至少 20 分鐘後，取出試片置於試驗機之支持台上，依試驗機試驗步驟衝擊之。液槽或氣槽中之試片，須能充分浸漬於液體或充分接觸氣體。液槽或氣槽之溫度測定須置於試片附近。且試片由液槽、氣槽中取出須在 5 秒內衝擊。
- (六)、實施低溫或高溫試驗時，試片之冷卻或加熱所用之介質大致如下：

試驗溫度	介 質
$500 \sim 200^{\circ}\text{C}$	氣體（使用加熱爐）
$200 \sim \text{常溫}$	高溫油（使用油浴）
$0^{\circ}\text{C}$	冰加水
$0 \sim -70^{\circ}\text{C}$	酒精或丙酮加乾冰粒
$-70 \sim -155^{\circ}\text{C}$	以液態氮冷卻之異戊烷
$-196^{\circ}\text{C}$	液態氮

- (七)、室溫以外之衝擊試驗，當試片從液槽、氣槽或低溫箱中取出置於試驗機之支持台上時，為使試片於試驗時能快速定位，應使用試片定位器，防止溫差過大造成衝擊值的差異。
- (八)、衝擊試驗值之試片數，依個別材料標準之規定。除非特別指定，原則上同一受檢材料取 3 個試片試驗所得的平均值為該試片的衝擊值。但若試驗變異小時，亦可使用 2 個試片。

## 學習評量二

請不要參閱任何資料或書籍，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

## 一、是非題：

- ( ) 1、Charpy 衝擊試驗機是專用在檢查材料是否具有充份的韌性。
- ( ) 2、衝擊試驗材料能在常溫測試，也可以測試材料之低溫脆性。
- ( ) 3、Charpy 衝擊試驗之標準試片其尺寸分爲 1、2 號二種型式。
- ( ) 4、Izod 衝擊試驗之標準試片其尺寸分爲 3、4、5 號三種型式。
- ( ) 5、衝擊試驗之實施所用的標準試片 V 或 U 槽尺寸不須太精密，不會影響試片試驗之結果。
- ( ) 6、Charpy 衝擊試驗之標準試片除 2 號試片爲 V-Notch 型式，其餘爲 U-Notch。
- ( ) 7、不同型式之標準試片在同一部衝擊試驗機試驗，其試驗結果各不相同。
- ( ) 8、Charpy 衝擊試驗其衝擊值之計算乃是試片衝擊時所吸收之能量除以試片凹槽處之斷面積所得的商。
- ( ) 9、Izod 衝擊試驗其衝擊值之計算乃直接採用試片衝斷時所吸收之能量爲其衝擊值。
- ( ) 10、Charpy 衝擊試驗時，其試片缺口需位於正中央，且缺口需正對擺錘刃口。
- ( ) 11、Izod 衝擊試驗時，其試片缺口需背對擺錘刃口。
- ( ) 12、試片由液槽或氣槽中取出，需在 5 秒內衝擊完成。
- ( ) 13、在高溫、常溫及低溫中，皆可作衝擊值的試驗。

## 二、請正確的劃出 4 號衝擊試驗片之尺寸。





## 學習評量答案

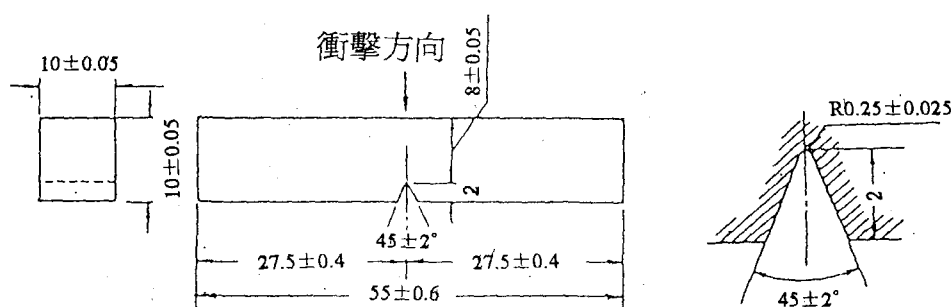
你的答案應該包含下列要點

## 一、是非題：

- 1、(○)
- 2、(○)
- 3、(×) Charpy 衝擊試驗之標準試片其尺寸分爲 3、4、5 號三種型式。
- 4、(×) Izod 衝擊試驗之標準試片其尺寸分爲 1、2 號二種型式。
- 5、(×) 試片 V 或 U 槽尺寸須精密，改處尺寸會影響試片試驗之結果。
- 6、(×) 4 號試片爲 V-Notch 型式，其餘爲 U-Notch。
- 7、(○)
- 8、(○)
- 9、(○)
- 10、(×) 其試片缺口需背對擺錘刃口。
- 11、(×) 其試片缺口需正對擺錘刃口。
- 12、(○)
- 13、(○)

## 二、劃出 4 號衝擊試驗片之尺寸。

答：



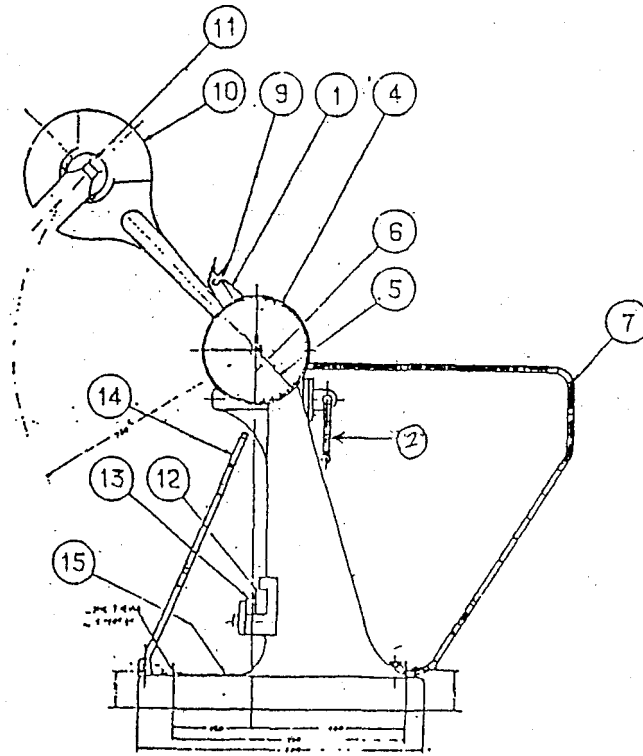
好極了，如今你能充分瞭解 Charpy 衝擊試驗機各部位名稱及 Charpy 衝擊試驗之試片尺寸。接下來將進行實作。本教材第三部份讓你瞭解低溫衝擊試驗之操作步驟。

### 本教材第三個學習目標

給你三個衝擊試驗片，在無人幫助下，你能於 30 分鐘內利用 Charpy 衝擊試驗機，正確的測出三個衝擊試驗片在 $-20^{\circ}\text{C}$ 之衝擊值。

低溫衝擊試驗操作程序說明：

一、Charpy 衝擊試驗機各部位名稱：

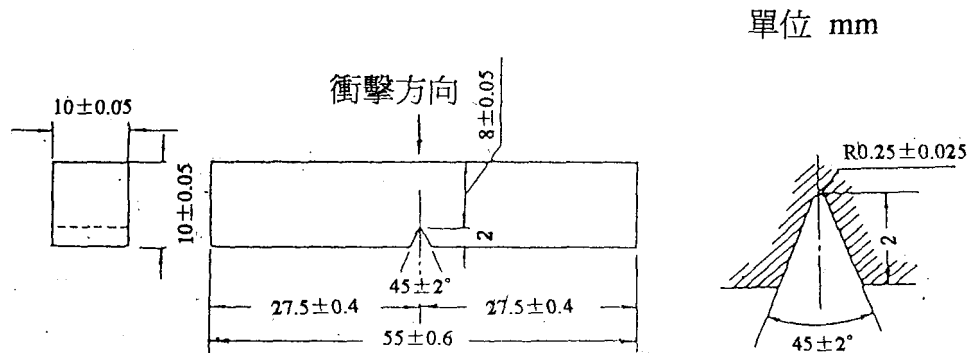


- |         |              |
|---------|--------------|
| 1.鎖扣    | 10.擺錘        |
| 2.鎖扣搖桿  | 11.刃口        |
| 4.刻度盤   | 12.試片支持台（垂直） |
| 5.重錘指針  | 13.試片支持台（水平） |
| 6.擺上角指針 | 14.剎車桿       |
| 7.護架    | 15.剎車皮帶      |
| 9.鎖扣鬆桿  |              |

圖 11 Charpy 衝擊試驗機各部位名稱

## 二、試片準備

### (一)、試片規格：4 號試驗片



### (二)、試片加工：

1. 利用刨床加工製作
2. 利用專用拉槽機製作
3. 凹槽需小心加工，不得存在有害之切削痕跡，且試片任意相鄰兩面彼此間須成直角。

### (三)、試片編號

1. 每支試棒可製成三個衝擊試片，為防止數量過多時造成混亂，故以鋼印將每組衝擊試片釘上相同的記號。
2. 將衝擊試片表面殘留之毛邊，以砂布研磨惕除。

### (四)、試片檢查

1. 準備量規檢查試片外觀尺寸。
2. 試驗開始時，須先精密檢查試片尺寸及 V（或 U）槽底部圓弧直徑等尺寸，因尺寸之差異將影響試驗之結果。
3. V（或 U）槽底部圓弧直徑等尺寸最簡單之檢查方式即用治具檢查（如圖 12）。
4. 最精密檢查試片尺寸乃用投影機檢查。



圖 12 簡單試片之檢查治具

### 三、其他器材準備

- (一)、溫度計 (-50°C~+50°C) 一支。
- (二)、試片夾一支。(低溫衝擊試驗用，防止人員凍傷。如圖 13)。
- (三)、試片定位器。(試片作低溫衝擊試驗時能快速定位，防止溫差過大造成衝擊值的差異如圖 14)。
- (四)、手套。(防止人員凍傷)



圖 13 試片夾



圖 14 試片定位器

(五)、衝擊試驗用低溫冷卻箱體積小，且廠牌甚多。圖 15 為多功能用冷卻、加熱裝置。（各公司條件不同，所需低溫冷卻箱溫度亦不相同，其中包括 200°C、100°C、25°C、0°C、-21°C、-50°C、-196°C 等數種，一般鑄造界要求最少需能達到-60°C）



圖 15 低溫冷卻箱

#### 四、試片冷卻

- (一)、將試片置於試片裝置盤內。
- (二)、裝置盤內裝冷卻液（酒精溶液），須將試片完全覆蓋（如圖 16）。
- (三)、將試片裝置盤放置於低溫冷卻箱內。
- (四)、啓動低溫冷卻箱。





圖 16 試片裝置盤及冷卻液（酒精溶液）

#### 五、低溫冷卻箱操作

- (一)、將漏電斷路器開啓，按下啓動開關，將溫度調整至所需之溫度。
- (二)、為避免試驗時試片自冷卻液取出時溫度升高，一般將冷卻溫度設定比預定值再調降 2°C，如冷卻溫度設定-22°C（試驗溫度-20°C）或-42°C（試驗溫度-40°C時）
- (三)、待溫度達-22°C或-42°C時，試片在此溫度中保持約 15 分鐘（最少需 10 分鐘以上），使試片冷卻均勻，再取出開始進行試驗。

#### 六、搖下鎖扣

逆時針方向搖動鎖扣搖桿，將鎖扣搖至最低端，使鎖扣扣住擺錘掛鉤。

#### 七、搖起擺錘

順時針方向搖動搖桿，提起擺錘至刻度盤擺錘指針指於 140 的位置即停止，此時擺錘之提升角度（ $\alpha$ ）為 140 度，刻度盤之刻度為紅字。

#### 八、調整擺上角指針

順時針方向撥動擺上角指針，指於刻度盤上角度 140 度（黑色），此時擺上角指針底部左側緊貼於擺錘指針底部右側。（如圖 17、18）。



圖 17 試驗機之刻度盤

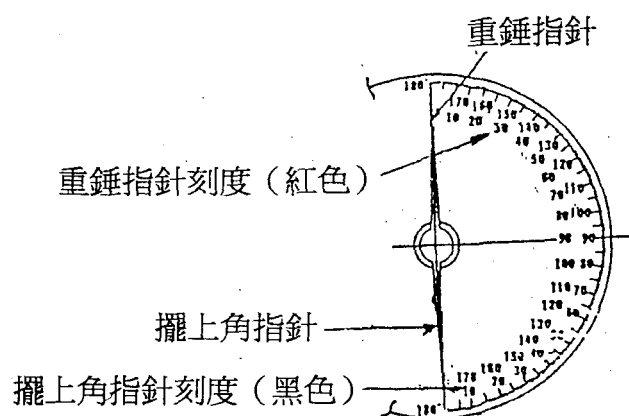


圖 18 試驗機之刻度盤

## 九、試驗

- (一) 確認達到冷卻溫度及保持時間，打開低溫冷卻箱。
- (二) 右手拿試片夾於試片裝置盤內夾取冷卻後之試片。
- (三) 左手接過試片，將試片位置於試片支持台，左手扶著。
- (四) 同時右手取試片定位器，經過試驗機前伸入伸片支持台（如圖 19、20），校正試片凹槽之中心位置。上述動作要快，以免試片溫度下降太多。

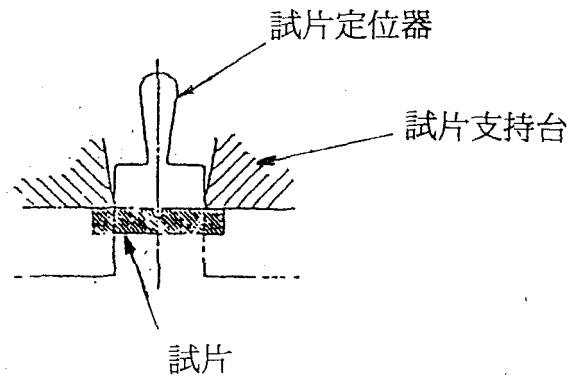


圖 19 使用試片定位器定位試片



圖 20 使用試片定位器定位試片

- (五)試片定位後，試驗者立於試驗機護架側邊，並確定試驗機前後均沒有人員。
- (六)輕敲鎖扣鬆桿（電動控制用按鈕操作），釋放擺錘使之自由落下衝擊試片。
- (七)衝擊試片後，待擺錘上升至最高點，下降後拉緊剎車桿，使擺錘停止運動。（如圖 21）
- (八)讀取擺上角指針角度  $\beta$ （ $\beta < \alpha$ ），即為擺錘衝擊試片後，剩餘能量上升之角度。
- (九)計算試片衝斷時吸收之能量（或查表）

$$E = E_1 - E_2 = WR (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ kg-m}$$

W：擺錘重量（kg）

R：擺錘重心至迴轉中心之距離

$\alpha$ ：擺錘高舉與試片所產生之角度

$\beta$ ：衝擊試片後擺錘上升之角度



圖 21 衝擊後拉剎車桿

#### (十)計算衝擊值

- 1.依客戶規範要求，若試片為 4 號（V-Notch），衝擊值單位為 kg-m 時，試片衝斷時吸收之能量即為所求之衝擊值。
- 2.依客戶規範要求，若試片為 4 號（V-Notch），衝擊值單位為  $\text{kg-m/cm}^2$  時，其衝擊值為試片衝斷時吸收之能量除以試片凹槽斷面積（即  $E \div 0.8$ ）。
- 3.衝擊值單位換算（ $1\text{ft-1b}=0.138\text{kg-m}=1.355\text{J}$ ）。

## 十、記錄

作衝擊試驗需逐一記錄，試片多時編號不能混亂，且至少要在同一受檢材料上，取三片試片試驗所得的平均值為該試片的衝擊值。記錄表如表 3 所示。

表 3 衝擊試驗記錄表

材 料 種 類	試 片 編 號	試片斷 面 積	擺上角度	吸收能量	衝擊值	平 均 衝 擊 值
				kg-m	kg-m/cm <sup>2</sup>	

## 十一、操作時注意事項

- (一) 試片尺寸須正確，且試驗時須放置於支持台中央。
- (二) 試驗時須檢查擺錘刃口，並定期用治具校正。
- (三) 擺錘上升後須扣上鎖扣，始可放置試片，防止擺錘突然下降，打斷人員手臂。
- (四) 鬆開擺錘時，試驗者應立於試驗機護架側邊，並確定所有人員均已離開擺錘的擺動範圍及試片斷裂後之飛行方向，以免造成意外傷害。
- (五) 操作低溫衝擊試驗時須戴手套，防止操作人員手部凍傷。
- (六) 試片斷裂後，應拉緊剎車皮帶，待擺錘靜止後，始可檢視試片。
- (七) 衝擊試驗機應定期保養及校正。

現在你已熟悉低溫衝擊試驗之操作程序，假如你仍未安全熟悉，請重覆學習第 25 頁至第 35 頁，直到完全熟悉為止，若有困難去請教你的老師。

當你認為自己已經熟練後，請你進行第 37 頁之學習評量三，並依據自我評量表做自我評量，如果你對自我評量的結果不滿意，你可再多練習，直到你能勝任本學習目標為止。

#### 工作指示：

請你將以下 4 號試片，依照低溫衝擊試驗操作程序，練習低溫衝擊試驗的工作。

#### 材 料：

4 號 (V-Notch) 試片三個

#### 工具及量具：

項次	名稱	單位	數量	規格	備註
1	試片檢查治具	支	1	略	
2	試片夾	支	1	略	
3	試片定位器	個	1	略	
4	低溫冷卻箱	個	1	-60°C	
5	試片裝置盤	個	1	略	
6	酒精溶液	瓶	1	略	
7	手套	雙	1	略	



### 學習評量三

請在 30 分鐘內完成以下指示的工作，並依據自我評量表，檢查自己的工作成果。

#### 工作指示：

請你依照低溫衝擊試驗之操作程序，完成三個衝擊試片之衝擊試驗，並求得在-20°C時之平均衝擊值。

材 料：4 號（V-Notch）試片三個

衝擊試驗機：30kg-m Charpy 衝擊試驗機

自我評量表：通過者打（√），不通過者打（×）

- 1、安全習慣：工作中有無不當操作而受傷。
- 2、工具使用規則：工具有無不當操作而損壞。
- 3、時間：是否依規定於 30 分鐘內完成。
- 4、結果：是否完成記錄表，求得平均衝擊值。

評分標準：你必須達到每個項目都是（√），才算合格。如果有一個（×）代表不合格。那麼請你繼續練習，直到合格才繼續練習下個學習目標。

---

假如你能夠熟練上列工作的話，請翻至下一頁，完成學後評量。如果你不能勝任的話，那麼請你繼續練習，直到完全熟練為止，然後翻至下一頁。

## 學後評量

一、筆試：請不要參閱任何資料或書籍，在寫出正確的答案。

## (一)、是非題：(30%)

- 1.材料被衝斷時所吸收之能量稱為衝擊值。
- 2.衝擊值愈大，材料之韌性愈小，衝擊值愈小，材料之韌性愈佳。
- 3.Charpy 衝擊試驗與 Izod 衝擊試驗其試驗原理都不相同。
- 4.衝擊值不會隨材料溫度之變化而改變。
- 5.衝擊值試驗之基本原理主要是利用擺錘動能之改變而求得。
- 6.各個材料可藉由衝擊試驗求得材料變脆之轉變溫度。
- 7.衝擊試驗適合各種金屬材料。
- 8.衝擊試驗材料只能在常溫試驗，不能測試材料之低溫脆性。
- 9.衝擊試驗之基本原理是能量不滅定律，將動能改變為位能。
- 10.衝擊試驗之實施所用的標準試片 V 或 U 槽尺寸須精密，否則會影響試片試驗之結果。

## (二)、選擇題：(30%)

- 1、衝擊試驗機是專用在檢查材料是否具有充分的(1)韌性(2)強度(3)硬度。
- 2、衝擊試驗主要是求得材料被衝斷時(1)吸收之能量(2)釋放之能量(3)以上皆非。
- 3、Charpy 衝擊試驗之標準試片為 V-Notch 型式者為(1)3號試片(2)4號試片(3)5號試片。
- 4、韌斷比為多少之溫度，也常被定為材料轉脆溫度(1)45%(2)50%(3)60%。
- 5、V-Notch 型式之標準試片其底部圓弧直徑為(1)0.15mm(2)0.25mm(3)0.35mm。
- 6、在同一衝擊試驗機中，衝擊值計算之公式中，何者不是定值(1) $\beta$ 之角度(2) $\alpha$ 之角度(3)W 擺錘之重量。
- 7、船舶業所採用的衝擊值為多少的溫度為轉脆溫度(1)20ft-1b(2)20kg-m(3)20joule。
- 8、衝擊值的單位為(1)kg-m(2)ft-1b(3)kg-m/cm<sup>2</sup>(4)以上皆是。
- 9、Charpy 衝擊試驗其試片凹槽與擺錘刀口應如何相對(1)背對(2)側對(3)正對。
- 10、Izod 衝擊試驗其試片凹槽與擺錘刀口應如何相對(1)背對(2)側對(3)正對。



## 二、實作測驗（40%）

請你到工具室管理員處領取操作低溫衝擊試驗所需之工具及材料，然後依下列指示求得三個試片在 $-20^{\circ}\text{C}$ 之平均衝擊值。在工作之前，請你先填好工作計劃，並送給老師認可。

### 工作指示

- (一)請你依照低溫衝擊試驗操作程序，冷卻試片，並保持恆溫 15 分鐘。
- (二)請你依照低溫衝擊試驗操作程序，完成三個試片在 $-20^{\circ}\text{C}$ 之衝擊試驗，並一一記錄及求其平均衝擊值。

### 我的工作計畫

工作名稱：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

操作時間：\_\_\_\_\_ 教師簽名：\_\_\_\_\_

完成衝擊試驗所需的儀器、配件及材料：

- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| 1、_____ | 5、_____ | 9、_____  |
| 2、_____ | 6、_____ | 10、_____ |
| 3、_____ | 7、_____ | 11、_____ |
| 4、_____ | 8、_____ | 12、_____ |

### 我計畫如何做衝擊試驗作業

操作步驟：

注意事項：

※1、現在你已完成你的工作計畫，請不要馬上工作，再檢查一遍，是否有遺漏？若覺得很完整，請將你的工作計畫送交老師認可，然後在開始操作。工作時間為 30 分鐘。

※2、試驗結束後，請將試驗結果填入試驗記錄表中，再送老師評分。

## 學生自我評量

## 一、我對我學後評量之評分

(一)筆試：是非與選擇題每題 3 分，共 60 分。總得分\_\_\_\_\_分

(二)實作：自我評量 40 分。總得分\_\_\_\_\_分

## 實作自我評量表

操 作 項 目	評 量 結 果	得 分
1、試片尺寸是否檢查並記錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
2、試片表面殘留毛邊是否惕除	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
3、冷卻液是否將試片全部覆蓋	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
4、冷卻溫度是否設定到需求溫度	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
5、擺錘上升後鎖扣是否扣緊	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
6、擺上角指針是否調整	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
7、試片放置於支持台是否對正中央	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
8、試驗方法與操作步驟是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
9、試驗過程中是否熟練	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
10、試驗後之數據與單位是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
每項 4 分，共得 _____ 分		

A=90 分以上    B=80 分以上    C=70 分以上

D=60 分以上    E=60 分以下

學後評量評分=筆試+實作=\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_等

## 二、我的工作計畫，得分\_\_\_\_\_分，屬\_\_\_\_等。

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- 材料及配件是否準備周詳
- 工作計畫是否周詳
- 是否重視安全事項
- 是否依照操作步驟
- 工作計畫及試驗記錄是否書寫清晰
- 是否再檢查以求更完善之工作計畫
- 老師是否做很多更正

三、安全習慣：得分\_\_\_\_\_分，屬\_\_\_\_等

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- 安全用具是否準備周全
- 操作時是否配帶及使用安全用具
- 是否注意操作過程各項安全事項
- 是否遵守設備操作規則
- 是否瞭解試驗機之操作程序
- 試驗過程中是否有材料脫落之情形
- 是否養成正確、安全、良好的工作習慣
- 試驗過程中是否注意周遭人員及試驗設備之安全

四、敬業精神與學習態度：得分\_\_\_\_\_分，屬\_\_\_\_等。

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- 使用工具是否排放整齊
- 工作環境是否清潔
- 操作時是否專心一致
- 工作態度是否有耐心及敬業精神
- 學習態度是否積極而有完整記錄
- 是否樂於與他人合作學習
- 是否虛心接受老師指導
- 是否主動向老師請教問題

## 老師評量

一、學後評量評分：

(一)、筆試得分\_\_\_\_\_

(二)、實作得分\_\_\_\_\_

## 實作評分

操 作 項 目	評 量 結 果	得 分
1、試片尺寸是否檢查並記錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
2、試片表面殘留毛邊是否惕除	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
3、冷卻液是否將試片全部覆蓋	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
4、冷卻溫度是否設定到需求溫度	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
5、擺錘上升後鎖扣是否扣緊	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
6、擺上角指針是否調整	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
7、試片放置於支持台是否對正中央	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
8、試驗方法與操作步驟是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
9、試驗過程中是否熟練	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
10、試驗後之數據與單位是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
每項 4 分，共得 分		

A=90 分以上    B=80 分以上    C=70 分以上

D=60 分以上    E=60 分以下

學後評量評分=筆試+實作=\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_等

## 二、工作計畫評分

工作計畫評分表

工 作 計 劃 評 量 項 目	分 數					
	優	良	中	可	差	劣
	10	8	6	4	2	0
1、材料、試驗工具之準備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、工作計畫考慮周詳	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、依照操作步驟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、工作時間安排適宜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、試驗過程未遺漏細節	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、試驗機之使用注意事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、工具使用注意事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、工作安全注意事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、試驗結果之檢討及改進	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10、工作計畫及試驗記錄書寫清晰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分						

A=90 分以上    B=80 分以上    C=70 分以上

D=60 分以上    E=60 分以下

工作計畫得分\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_等

## 三、安全習慣評分

安全習慣評分表

安 全 習 慣 評 量 項 目	是	否
1、安全用具是否準備周詳	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、工具及材料是否置於正確位置並擺放整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、是否依規定佩戴個人安全用具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、試驗機操作前是否做事前檢查	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、是否依試驗機操作步驟作業	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、作業時是否注意周遭人員安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、獨立操作機器，是否能集中精神，不玩笑嬉戲	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、機器運轉時不擅離工作崗位	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、不以任何物品或肢體接觸運轉中之機械	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10、工作環境周圍保持整齊、清潔	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11、依規定對設備作清潔及維護保養工作	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分		

A=90 分以上    B=80 分以上    C=70 分以上

D=60 分以上    E=60 分以下

工作計畫得分\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_等

## 四、學習態度評分

學習態度評量表

學習態度評量項目	分 數					
	優	良	中	可	差	劣
	10	8	6	4	2	0
1、服裝儀容整齊清潔、言行舉止合宜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、按時上下課，不遲到早退	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、守秩序，不吵鬧喧嘩	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、服從教師指導，進行學習	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、上課專心認真	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、愛惜教材及設備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、樂於與他人合作學習	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、有疑問主動要求協助	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、主動參閱相關資料	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10、參與班級教學的討論活動	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分						

A=90 分以上    B=80 分以上    C=70 分以上

D=60 分以上    E=60 分以下

工作計畫得分\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_等



## 五、總評量表

評分項目	單項得分	單項等第	比率	單項分數	總分	等第
1、學後評量			50%			<input type="checkbox"/> A
2、工作計畫			20%			<input type="checkbox"/> B
3、安全習慣			15%			<input type="checkbox"/> C
4、學習態度			15%			<input type="checkbox"/> D
						<input type="checkbox"/> E
總評	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格					
備註						

## 參考書目

- 一、1977年9月，賴耿陽譯著「鑄物之試驗檢查」復漢出版社。
- 二、雷添壽編著，七十三年初版大專用書，「機械工程實驗（一）」，全華科技圖書股份有限公司。
- 三、1985年6月，中國鋼鐵股份有限公司與中華民國品質管制學會聯合舉辦「煉軋鋼業全面品質管制技術實務講座」。
- 四、謝耀民、陳炫成編著，1986「鑄件檢驗」，全華科技圖書股份有限公司。
- 五、詹添印、廖德潭、周漢標編著，八十三年最新部訂專科課程標準「機械材料試驗」，全華科技圖書股份有限公司。
- 六、1998年9月，方治圖、江可達、林本源、林啓端、林進誠、謝忠祐等編著，「機械材料實驗」，新科技書局。