

# 氣鐸能力本位訓練教材 認識鐸接非破壞性檢驗方法

編號：PFG-PFW0103

編著者：古錦松

審稿者：田振榮、陳燦錫

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 PFG-PFW0103 學習指引

當你學習本單元前，你必須認識非破壞性檢測：要藉著某種媒介物來進行間接檢測，再依據法規行事，切勿斷章取義。假如你能瞭解上列之涵意，請翻至第 1 頁開始學習本單元，假如你自認無法勝任，則請按下列之指示進行學習：

- (1)你無法勝任上列非破壞性檢驗之定義，請將本教材放回原位，並取出編號 PFG-PFW0105 教材開始學習，或請教你的老師。
- (2)閱讀非破壞檢測概論 董純夫編著 中華民國非破壞檢測協會出版 p.1-5。

## 引言

在現代先進的工業國家裏，如美國、德國、日本、法國、英國、加拿大，都已經廣泛地使用非破壞性檢驗方法，也不斷研發及改進。為了配合日新月異、求新求變的工業產品，以便達到品質的要求。現代的工業產品結構複雜精細，且價格昂貴，若內部產生微小缺陷或品質不良，往往會造成嚴重的傷害，如飛機、太空船、核能反應器、人造衛星等等，所需要的材料及零件都要求非常嚴格，所以檢驗的要求更不用說。總之，一個國家的工業水準與非破壞性檢驗運用多寡息息相關，工業水準越高，其非破壞檢驗就越廣泛應用，這也是國內工業在邁向高科技化、高級化及精密化的目標中，所追求的一個無缺陷產品的境界。因此從事銲接工作的人員，更加須要瞭解銲接檢驗方法，以期待銲後產品品質優良，而能經得考驗。

## 定義

**缺陷**：為將危害物件或材料使用時的瑕疵，一般是指超過接受標準的瑕疵。

**瑕疵**：指材料上不連續的地方。

**接受標準**：決定瑕疵將危害物件或材料所使用的界限。其接受標準在一般非破壞性檢驗法規中，包括靈敏度、檢驗方法、瑕疵形狀大小、瑕疵位置、瑕疵分佈及種類...等。

**顯示**：一般指非破壞檢驗方法對瑕疵呈現出來的反應。

## 學習目標

- 一、你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出非破壞性檢驗方法之種類。
- 二、你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出銲接常用之五種非破壞性檢驗方法的原理與目的。
- 三、你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出銲接常用之五種非破壞性檢驗方法的分析比較。
- 四、你能夠在不使用參考書籍下，正確地說明銲接常用之目視檢測法的原理與應用。

---

假如你認為能夠勝任學習目標一.的能力，請翻至第 9 頁做學習評量。

假如你認為能夠勝任學習目標二.的能力，請翻至第 19 頁做學習評量。

假如你認為能夠勝任學習目標三.的能力，請翻至第 29 頁做學習評量。

假如你認為能夠勝任學習目標四.的能力，請翻至第 43 頁做學習評量。

假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

## 學習活動

本單元之學習活動為認識銲接檢驗方法之非破壞性檢驗方法，而我們學習與銲接檢驗方法有關之知識，你可以由下列二條途徑中選擇其一途徑去學習。

- 一、閱讀本教材之第 5 頁至第 46 頁
- 二、閱讀非破壞性檢測概論 黃純夫編著 中華民國非破壞檢測協會出版  
p.1-30
- 三、閱讀熔接學 陳志鵬著 全華科技圖書出版 p.200-209

本單元的第一個學習目標是：

你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出非破壞性檢驗方法之種類。

### 一、非破壞檢驗方法之認識

在前述破壞性檢驗單元中得知，大多數須要將材料破壞後才能檢驗。然而新購入的成品或生產線上的構造物，不能每一次都破壞成品來檢測，這樣費時又耗材且可能造成無法彌補的損傷。因此應運而生的各種非破壞性檢驗方法 (Non-Destructive Test, 簡稱 NDT)，其利用任何有效的自然界定律，盡可能地量度是以不破壞材料、零組件或成品的性能及完整性而檢驗其瑕疵的方法。因為非破壞檢驗所使用的方法非常多，但是其基本的模式如圖 1 所列方塊圖來說明之：

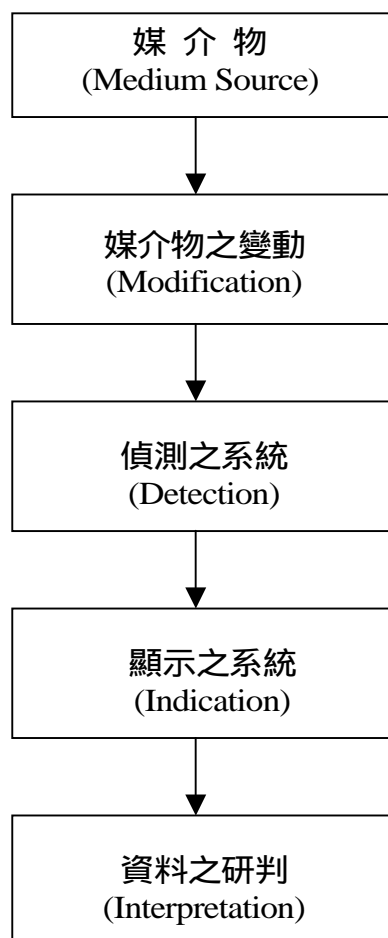


圖 1 非破壞性檢驗方法之簡單方塊圖

(一) 媒介物

- (1) 波動的： $\chi$  射線、 $\gamma$  射線、紫外線、紅外線、光、微波聲波、超音波及渦電流等。
- (2) 物質的：螢光或染色滲透劑、液晶及磁鐵粒等。
- (3) 質點的：中子、離子、電子及氦等。

(二) 媒介物之變動

受檢驗的金屬或非金屬材料，若其物理性質、幾何性質或完整性改變，將導致媒介物之有所變動。

(三) 偵測之系統

非破壞檢驗儀器具有系統重要部份，可以將變動之媒介物偵測出來，除了儀器本身已包括訊號整理分析外，也有感測部份如超音波之探頭、射線照相檢測之底片感光劑及紫外線燈等。

(四) 顯示之系統

非破壞檢驗儀器具有系統之一部份，將所得訊息及信號顯示出來，如示波器、記錄器、計數器、螢光顯示劑、螢光、照片、染色及感光底片等。

(五) 資料之研判

經由非破壞檢驗方法所顯示之資料，均由合格的非破壞檢驗人員，根據即有之知識，並按照各種法規及規範之標準，加以研判或作取捨之決定。



## 二、非破壞檢驗方法之種類

非破壞性檢驗這名詞，原來 Nondestructive testing, 簡稱 NDT, 使用至今已有很久的時間了，也有人稱它為 NDI (Nondestructive Inspection) 或者 NDE (Nondestructive Examination), 原因 NDT 比較偏重於適當方法的選用, NDI 則較偏重於正當程序的應用, 而 NDE 則較偏重於正確資料的研判, 這種不同的名詞都符合非破壞檢驗重要的步驟, 而缺一不可。所以說非破壞檢驗方法之種類眾多, 且融合了材料、物理、機械、冶金、電子等學科, 其應用更包羅萬象, 就以接檢驗目來說, 主要是利用檢驗方法及儀器, 來檢驗出氣孔、龜裂、夾渣、銲蝕及穿透不足等銲接缺陷, 進而針對缺陷做補救或改進, 以確保銲後銲件的品質完美無缺。

非破壞性檢驗是以不破壞材料、零組件或成品的功能及完整性而檢驗出其不好的方法。因目前所應用的種類繁多, 比較重要者如下所列：

- (一) 超音波檢驗 (Ultrasonic Test)
- (二) 射線檢驗 (Radiography Test)
- (三) 液滲檢驗 (Liquid Penetrant Test)
- (四) 磁粒檢驗 (Magnetic Particle Test)
- (五) 渦電流檢驗 (Eddy Current Test)
- (六) 目視檢驗 (Visual Test)
- (七) 探漏檢驗 (Leak Test)
- (八) 中子照相檢驗
- (九) 紅外線照相
- (十) 音洩 (Acoustic Emission)
- (十一) 全像攝影術 (Holography)
- (十二) 電化粒子測試 (Electrified Particle Test)
- (十三) 過濾粒子測試 (Filtered Particle Test)
- (十四) 微波檢驗 (Microwave Test)
- (十五) 液晶測試 (Liquid Crystal Test)
- (十六) 脆膜層測試 (Brittle Coating Test)
- (十七) 光彈性膜層測試 (Photoelastic Coating Test)
- (十八) 電阻應變計測試 (Resistance Strain Gage Test)

由上述繁多的檢驗方法中，前五種為常用的基本方法，而銲接常用的非破壞性檢驗方法也是這五種，另外再加上目視檢驗方法，這六種檢驗方法簡稱名詞如下：

超音波檢驗：UT

射線檢驗：RT

液滲檢驗：PT

磁粒檢驗：MT

渦電流檢驗：ET

目視檢驗：VT

在各種不同的非破壞方法中，它們不是互爭長短，反而是互相輔助幫忙，所以任何一種檢驗方法不一定能完全勝任這種任務，或許要運用其他方法。而上述檢驗方法會在教材中，做比較深入的探討，以讓你得知其不同方法的優缺點。

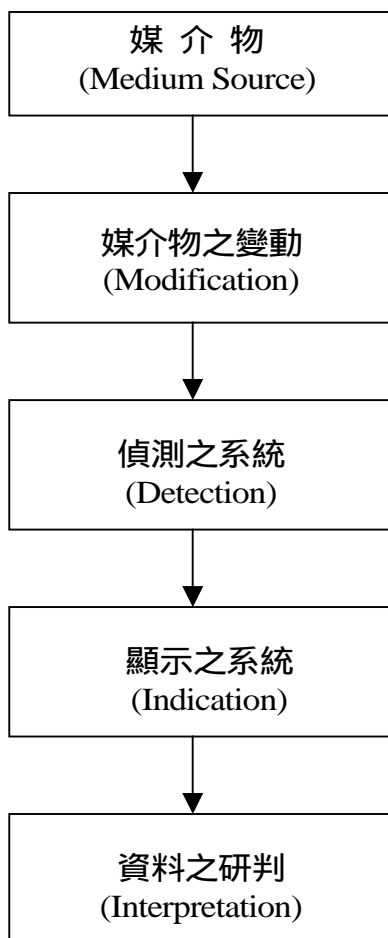
**學習評量一：**

一、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出非破壞性檢驗方法之簡單方塊圖。

二、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出非破壞性檢驗方法常用的五種檢驗方法。

答案：

一、方塊圖如下：



二、超音波檢驗：UT

射線檢驗:RT

液滲檢驗：PT

磁粒檢驗：MT

渦電流檢驗：ET

---

假如你的答案與上述之重點相符，請翻至第 11 頁，假如你的答案不與上述之重點相符，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 5 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 9 頁上的錯誤改正，然後翻至下一頁。

本單元的第二個學習目標是：

你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出銲接常用之五種非破壞性檢驗方法的原理與目的。

選擇非破壞性檢驗法應用於鋁接工程時，有以下重點要注意，可供你選用非破壞性檢驗法時有所依據。

#### 一、檢驗方法的適用範圍

在各種不同的檢驗方法裏，都有它的限制或解析度及靈敏度的範圍。例如磁粒檢驗法只能針對有磁性的材料，液滲檢驗法只能針對表面氣孔、表面開口缺陷及裂紋等加以顯現出來。

#### 二、目標缺陷

沒有一種非破壞性檢驗方法能檢測出鋁接產品之所有缺陷，只能針對材料及製造過程中，或是使用時有危害功能特性之缺陷時，才選擇適當的檢驗法來測試它。例如軋鋼時有可能的夾層缺陷，在鋁接時可能引起的層狀撕裂，這些缺陷可以選擇超音波檢驗方法，至於鋁件夾渣、氣孔及滲透不足等現象，可以選擇放射線檢驗方法來加以檢驗。

#### 三、接受標準

工件接受鋁接時，不管用任何鋁接方法，多多少少都會造成材料上的不連續，如材料的成份、晶粒、金相組成、形狀變化以及應力、應變的情況等。然而出現以上不同的缺陷時，必須針對不同工件的使用要求來找出其可接受標準，並對缺陷予於定義，而非破壞性檢驗所顯示的標準都根據此缺陷定義而訂定。這些接受標準的規範，可在各種工件適用範圍的規範中找到。例如壓力容器可參考 ASME 的鍋爐與壓力容器規範，鋼結構可以參考 AWS D1.1 規範等...

#### 四、檢驗成本

檢驗成本有設備及操作等兩項成本，例如工件體積小數量少，以目視檢查其外表，就可看出其表面缺陷。若工件體積龐大時將耗時又費力，而以液滲檢驗法就可直接對大面積的表面缺陷加以顯示，不過滲透劑、清洗劑耗費的設備成本較大。在製造大量有縫鋼管的製造時，可運用高度自動化的渦電流檢驗方法，雖然設備成本較高卻是最經濟的方法。

總之，因鋁件不同的要求，選擇適用的規範，而列出檢驗方法與接受標準，再參考操作成本及設備作本，便可做非破壞性檢驗鋁件的工作方案。以下就常用的檢驗方法其原理與應用目的的介紹：

## 一、超音波檢驗法(UT)

在超音波的傳遞裏，人們耳朵可聽見的波動頻率約在 16Hz 到 20KHz，倘若波動的頻率超過此一範圍內，就稱所謂的超音波。而超音波檢驗的應用上，儀器常用的頻率約在 0.5MHz 到 25MHz 之間，其中又以 1MHz 到 5MHz 為最常用的範圍。使用超音波檢驗時其波形種類可分為表面波、橫向波及縱向波等三種。

### (一) 目的：

超音波檢驗法是利用超音波高頻率（波長小）的特性，可以靈敏的檢測出鋼鐵材料中，裂痕、孔洞、夾層、夾雜物、熔合不良或製品內部缺陷的種類、大小、位置等，也可測定鋼料厚度。

### (二) 原理：

利用壓電效應將電能轉換為機械能，產生應變而發出超音波，也可將機械能轉換為電能而產生訊號。然而以 0.5~25MHz 之超音波做為媒介，在材料或製品內以類似光線照明之相同原理，接收探頭偵測，送到示波器顯示，由訊號資料計算出被檢物缺陷或物理上的性質，其基本方法如圖 1 所示。

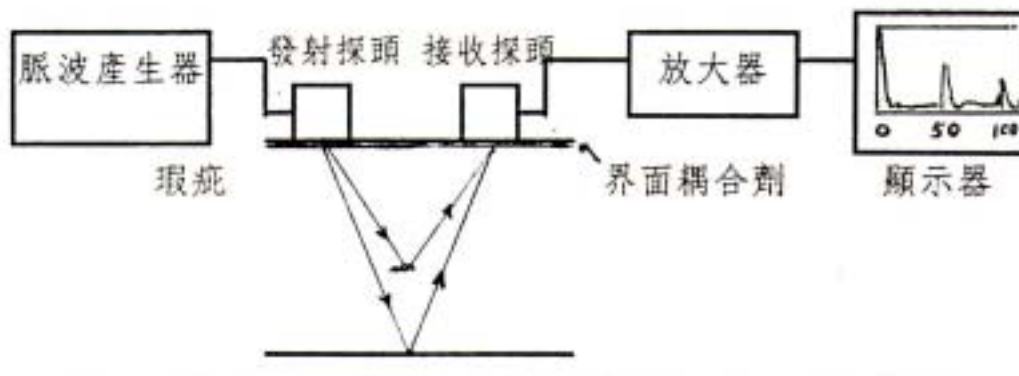


圖 1 超音波檢驗基本方法(1)

### (三) 歷史背景

超音波檢驗法在非破壞檢驗中發展算是較晚的，1930 年在實驗室完成超音波穿透的傳送，1940 年完成脈波回波。在第二次世界大戰後，迅速成為工業界品管主要方法之一，尤其以航空工業應用最多。

## 二、射線檢驗法 (RT)

### (一) 目的：

射線檢驗法的目的是對任何材料或製品內部進行探測，尤其是銲接之銲道檢驗等用的最多。

### (二) 原理：

是以具有穿透能力的 X 光、伽馬、中子、電子或質子等射線來穿透待測試件，當產生射線源時，能因試件內部有缺陷或厚度不同時，因致射線強度發生不同之異，在底片或螢光板、螢光幕留下記錄，如圖 2 所示，其底片上之黑暗區域表示易被射線所透部份，較淡之區域表示不易被射線透部分，這如同人體 X 光照相一般，只是人體吸收射線源能量小。

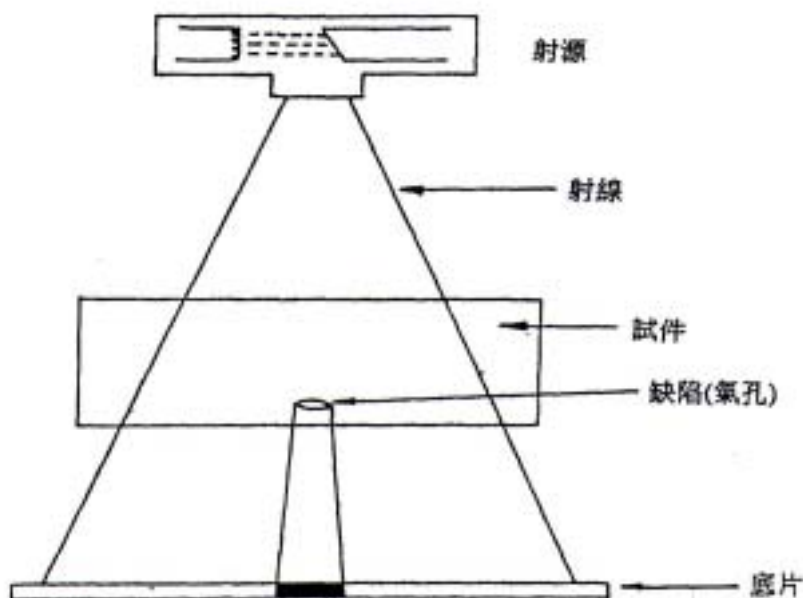


圖 2 放射線檢驗之基本簡圖 (2)

### (三) 歷史背景

在 1895 年首先由德國物理學家倫琴先生(W. K. Roentgen)發現 X 射線，隔一年後法國物理學家貝克勒爾先生(A. H. Becquerel)發現伽馬射線，而這些射線皆能穿透物質。直到第二次世界大戰後，因人工同位素核種的大量生產，使得放射線檢驗法在工業及醫學上廣被應用。



### 三、液滲檢驗法 (PT)

#### (一) 目的：

液滲檢驗的目的為檢測表面開口的瑕疵，得知瑕疵大小、位置等，如裂紋、表面孔洞、銲淚。

#### (二) 原理：

係在被測物表面施加滲透液（通常為紅色或含螢光劑），如圖 3 所示，以滲透的方式進入物件表面空隙或裂縫等之缺陷位置，等到滲透時間足夠後將表面多餘的滲透液清除，再施加顯劑，使它形成明顯之瑕疵顯示出來，以肉眼觀察其對比色，或在紫外線燈（黑光燈）的輔助下來觀察，如圖 4 所示。



圖 3 液滲探傷劑 (歐測股份有限公司提供)

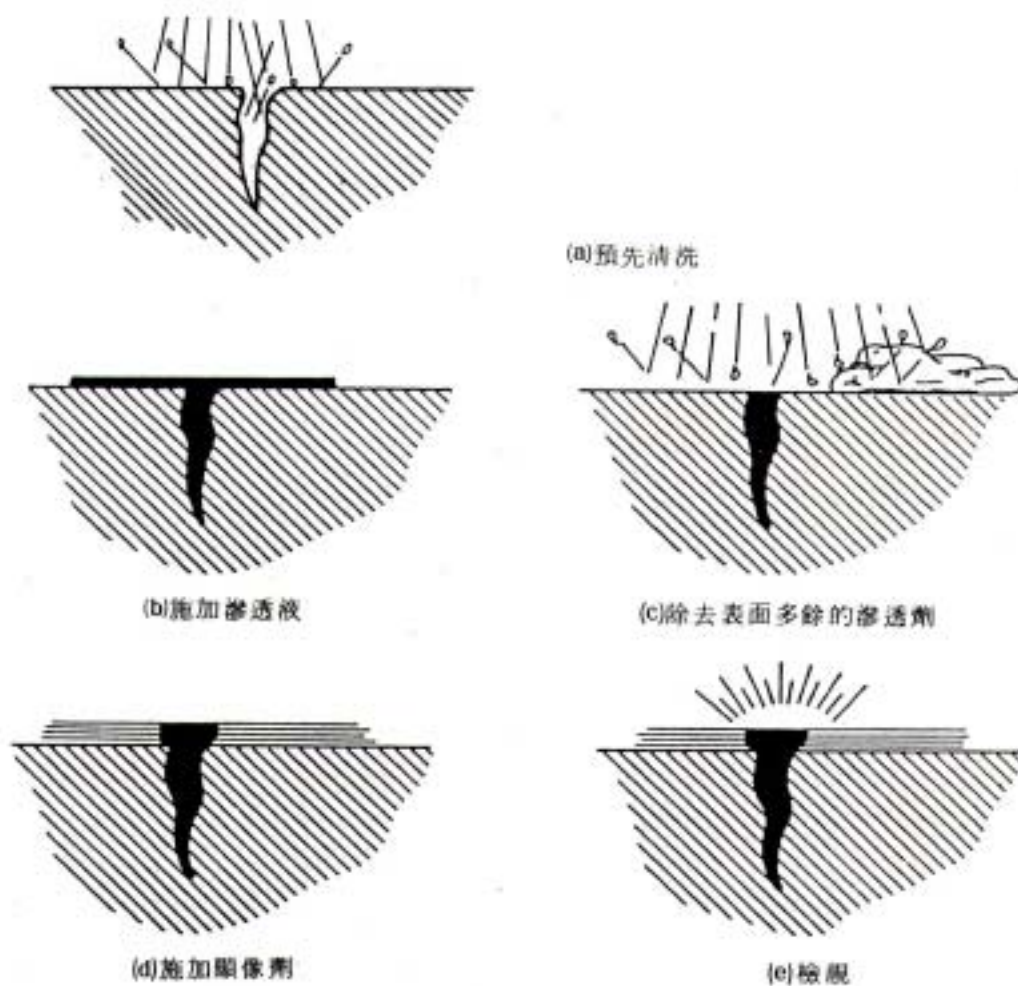


圖 4 液滲檢測基本方法(3)

### (三) 歷史背景

液滲檢驗法為非破壞檢驗法中最古老及最簡便的方法,早期應用於檢查鐵路機車等鑄造零件上。至 1942 年蘇威徹(R. C. Switzer 及 J. L. Switzer) 兩兄弟一同研發成功螢光液滲檢驗,使得本法在工業界更廣泛被應用。

#### 四、磁粒檢驗法 (MT)

##### (一) 目的：

磁粒檢驗法的目的是，檢驗被檢物或製品表面形成的瑕疵及次下表面瑕疵等，此檢驗法只適用於磁性材料，如鋼鐵材料。

##### (二) 原理：

利用被測物通電成磁場，利用磁場受瑕疵影響如氣孔、龜裂或夾渣，使得磁力線會產生曲折的漏磁現象，漏磁的位置便成為一個小型的磁鐵，當瑕疵處形成局部南、北極時，在被測物上鋪灑鐵磁性粒子，則粒子聚集之處即為瑕疵之部份，如圖 5 所示。

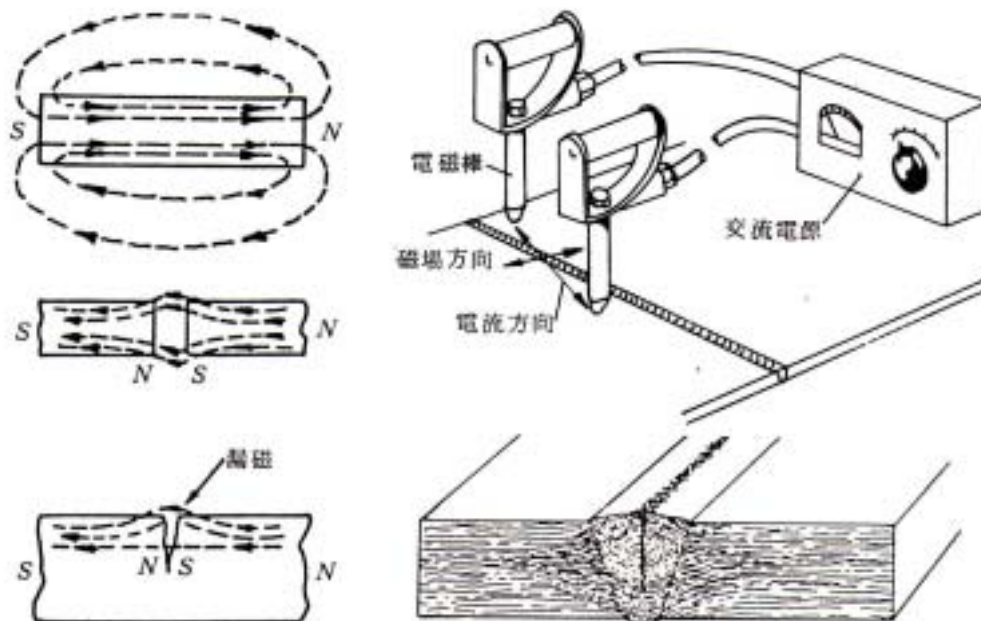


圖 5 磁粒檢驗基本方法 (4)

##### (三) 歷史背景

在 1920 年美國霍克生 (W. E. Hoke) 首先發現磁粒可以作表面檢驗用，到 1934 年美國 Magnaflux 公司研究開發磁粒與交流電的應用，致使磁粒檢驗重新受到大家的注目，尤其在 1934 年至 1940 年為蓬勃發展的階段，目前磁粒檢驗可加上電腦的配合使用，就可獲得永久性記錄的檢驗結果。

## 五、渦電流檢驗法 (ET)

### (一) 目的：

渦電流檢驗的目的是，檢驗被檢物表面及次下表面之缺陷、缺陷深度及膜層厚度的量測。此檢驗法常用於非磁性或非鐵類金屬，尤其沃斯田鐵系不銹鋼或鋁。

### (二) 原理：

將交流線圈靠近於待測物，使其內部感應而產生渦電流，並形成反方向的磁場，此時也改變了交流線圈的電抗，若待測物的表面或次下表面有缺陷，則可從儀器螢幕中顯示出渦電流大小不同，如此便可檢驗判別出缺陷的大小、深度等，如圖 6 所示。

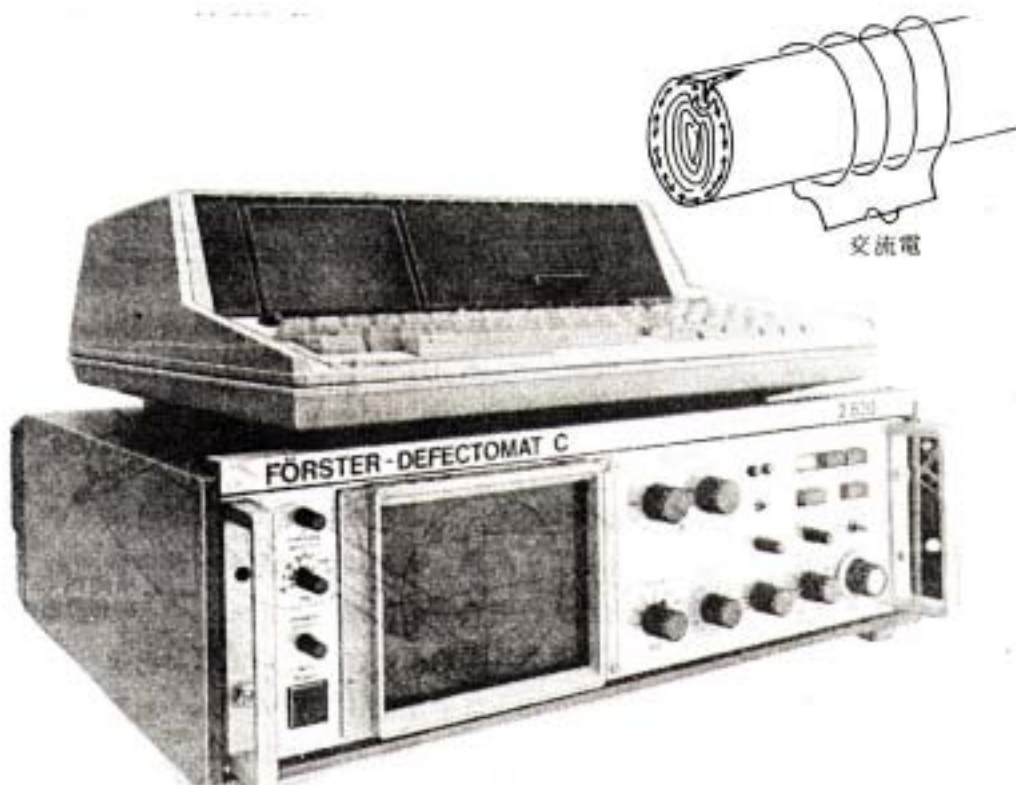


圖 6 渦電流檢驗法及檢驗儀器 (4)

### (三) 歷史背景

1925 年阿拉哥 (Arago) 在鋼盤作實驗時發現渦電流，二次大戰時由弗士特 (Forster) 領導研究，才逐漸建立渦電流檢測之技術基礎，後來被尊稱為近代渦電流檢測之父。

**學習評量二：**

一、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出液滲檢驗法之目的。

二、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出磁粒檢驗法之原理。

**答案：**

- 一、液滲檢驗的目的為檢測表面開口的瑕疵，得知瑕疵大小、位置等，如裂紋、表面孔洞、銲淚。
- 二、利用被測物通電成磁場，利用磁場受瑕疵影響如氣孔、龜裂或夾渣，使得磁力線會產生曲折的漏磁現象，漏磁的位置便成為一個小型的磁鐵，當瑕疵處形成局部南、北極時，在被測物上鋪灑鐵磁性粒子，則粒子聚集之處即為瑕疵之部份。

---

假如你的答案與上述之重點相符，請翻到第 21 頁，假如你的答案不與上述之重點相符，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 12 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 19 頁上的錯誤改正，然後翻至下一頁。

本單元的第三個學習目標是：

你能夠在不使用參考書籍下，正確地列舉出銲接常用的五種非破壞性檢驗方法之分析比較。



為使每一種非破壞性檢驗法達到預期理想的要求，所以不同的應用標準、使用環境、材料或不同的位置，都必須了解其優缺點及應用範圍，方能作有效的運用，現將五種常用檢驗方法來作分析比較。

#### 一、五種常用檢驗方法之優點及缺點

檢驗方法	優點	缺點
超音波檢驗法 (UT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.可使用於多數材料</li> <li>2.可檢測出瑕疵之位置、深度及長度。</li> <li>3.可測很厚的材料，因其穿透力強。</li> <li>4.檢測速度較快，並可立即研判。</li> <li>5.輕便，並可保有永久記錄。</li> <li>6.對人體無害。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 裝備昂貴。</li> <li>2. 操作、判讀較難，需要經驗豐富人員。</li> <li>3. 不適用於結晶顆粒粗大及表面粗糙之材料。</li> <li>4. 需要耦合劑及參考標準塊。</li> <li>5.不適用於薄件、小件或試件表面瑕疵之檢測。</li> </ol>
射線檢驗法 (RT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.可使用於任何材質及任何金屬。</li> <li>2.可同時作內部及表面瑕疵檢測。</li> <li>3.測量試件密度變化、厚度變化。</li> <li>4.底片可作永久良好記錄。</li> <li>5.容易研判瑕疵種類與形式。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 裝備昂貴笨重。</li> <li>2.操作、判讀人員需要加強訓練。</li> <li>3.人體易受輻射線傷害。</li> <li>4.易受材料形態限制，不易檢測。</li> <li>5.伽瑪射線源易衰減及 X 射線需要電源。</li> <li>6.試件兩面都要能接觸到。</li> </ol>
液滲檢驗法 (PT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.可使用於多數材料。</li> <li>2.操作及研判簡單。</li> <li>3.檢測人員受訓時數較少。</li> <li>4.攜帶方便，價格便宜。</li> <li>5.不需要任何電源及特別儀器。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.檢測僅限於表面及通往表面開口之缺陷。</li> <li>2.不易保有永久記錄。</li> <li>3.不適用於疏孔性材料。</li> <li>4.檢測試件前後，其表面必須徹底清潔。</li> <li>5.檢驗時的環境必須通風良好。</li> <li>6.適用溫度受到限制。</li> </ol>



檢驗方法	優點	缺點
磁粒檢驗法 (MT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可使用於磁性材料。</li> <li>2. 可作試件表面或接近表面之檢測。</li> <li>3. 使用簡單及攜帶方便，且價格比較便宜。</li> <li>4. 檢測速度較快及善後清理容易。</li> <li>5. 適用溫度範圍較廣。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不能做深入內部缺陷之檢測。</li> <li>2. 複雜形狀之試件檢測較難。</li> <li>3. 不易保有永久記錄。</li> <li>4. 檢測試件後，需要消磁並清潔。</li> <li>5. 只能檢測鐵磁材料。</li> <li>6. 大多需要電源。</li> </ol>
渦電流檢驗法 (ET)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可對金屬材料作表面或接近表面之檢測。</li> <li>2. 可測出很小尺寸與瑕疵。</li> <li>3. 檢測速度較快，可應用於自動化。</li> <li>4. 線圈探頭可以不接觸試件。</li> <li>5. 可適用於高壓、高溫、形狀不規則及輻射區之試件。</li> <li>6. 可保有永久記錄。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 試件厚度受限制，通常不超過5mm 以下。</li> <li>2. 磁性材料及材料內部瑕疵較難檢測。</li> <li>3. 只能檢測導電體。</li> <li>4. 需用參考標準塊。</li> <li>5. 不對稱及曲折多的試件，其表面檢測不容易。</li> </ol>

## 二、五種常用檢驗法之應用範圍及所需器材

## (一) 應用範圍

檢驗方法	應用範圍
超音波檢驗法 (UT)	1. 金屬及非金屬產品。 2. 鍛件、板件、鋁件、貼合件等內部狀況之檢測、厚度之量測。 瑕疵如：氣孔、夾渣、裂縫、夾層、熔合不良、滲透不足等。
射線檢驗法 (RT)	應用於電子業、金屬業、機械業、化工業、航空、兵器、核能、船艦等各業，尤以鋁接瑕疵、物件內部狀況等之鑑定，應用最廣。 瑕疵如：氣孔、夾渣、裂縫、溶合不良、滲透不足等。
液滲檢驗法 (PT)	物件表面開口瑕疵之檢測。
磁料檢驗法 (MT)	1. 鐵磁性材料之鍛造、鋁件及擠型之物件。 2. 大部份在表面或次表面的瑕疵，主要是裂縫等。量測。
渦電流檢驗法 (ET)	1. 大多為表面開口瑕疵（如裂縫、氣孔等）與次表面融合狀況。 2. 合金成份。 3. 熱處理狀況。 4. 腐蝕深度。 5. 薄層厚度。 6. 導磁率及導電率。

## (二) 所需器材

檢驗方法	所需器材
超音波檢驗法 (UT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 超音波檢測機 (含電池或接電線)。</li> <li>2. 探頭 (換能器)。</li> <li>3. 參考標準塊規。</li> <li>4. 耦合劑。</li> </ol>
射線檢驗法 (RT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. X 射線：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) X 光機，(2) 電源，(3) 底片套、增感屏、沖片設備、像質劑、安全防護設備及判片燈。</li> </ol> </li> <li>2. 伽瑪射線：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 伽瑪射源及屏體，(2) 遙控設備，(3) 其餘同 X 射線。</li> </ol> </li> </ol>
液滲檢驗法 (PT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 滲透劑 (染色型或螢光型)。</li> <li>2. 清洗劑</li> <li>3. 顯像劑</li> <li>4. 若採螢光型，則需黑光燈。</li> </ol>
磁料檢驗法 (MT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使試件感應磁場之器材，如磁棒、磁軛、電極棒、線圈等。</li> <li>2. 電源 (永久磁鐵例外)。</li> <li>3. 磁粒 (濕式或乾式)。</li> <li>4. 有時運用需要特殊裝備或黑光燈。</li> </ol>
渦電流檢驗法 (ET)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 渦電流檢測機。</li> <li>2. 參考標準塊規。</li> </ol>



**學習評量三：**

你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出超音波檢驗方法之優點為何。

**答案：**

- 1.可使用於多數材料
- 2.可檢測出瑕疵之位置、深度及長度。
- 3.可測很厚的材料，因其穿透力強。
- 4.檢測速度較快，並可立即研判。
- 5.輕便，並可保有永久記錄。
- 6.對人體無害。

---

假如你的答案與上述之重點相符，請翻到第 29 頁，假如你的答案不與上述之重點相符，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 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，然後翻至下一頁。

本單元的第四個學習目標是：

你能夠在不使用參考書籍下，正確地瞭解銲接常用的目視檢驗法之基本項目與應用。

目視檢驗法 (Visual Inspection, VT) 是由檢驗人員以目視配合量具及儀器 (如放大鏡與照明燈)。直接或間接的來針對銲道外表檢驗的一種銲接檢驗法。其必須根據有經驗的檢驗人員來判斷各種缺陷，如觀察表面、腐蝕情況、銲接補強高度、銲淚、銲蝕、龜裂、滲透不足及表面處理等。在本教材所介紹過的非破壞檢驗方法中，此種方法是最方便、最經濟的。然而在銲接目視檢驗裏，包括一切銲接相關的人、時、地、物、事都包括在內。從進行銲接檢驗作業之、前、中、後，以至於使用中、使用後等都是檢驗的執行時機。而執行的人包括施銲人員、承包商、監工、業主、品保、檢驗人員等。由於目視檢驗的應用範圍太廣了，所以在許多的規範中，都可以找到對目視檢驗的判斷及要求基準，如 CNS 13021，ASME B31.1、B31.3，AWS D1.1 等規範中可找到有關銲接品質方面。以下就針對目視檢驗法作概括性介紹：

#### 一、目視檢驗的優缺點、應用範圍及所需器材

- (一) 優點：
  1. 對檢查位置比較不受限制。
  2. 可以立即得知結果。
  3. 簡便、快速，成本低廉。
  4. 大多數不需特別的儀器。
  
- (二) 缺點：
  1. 只僅限於檢測外在或表面瑕疵的狀況。
  2. 容易受檢測人員的人為因素影響。
  
- (二) 應用範圍：限於測試件表面狀況。
  
- (三) 所需器材：
  1. 通常不需特別器材。
  2. 有時可能使用照明燈具、放大鏡、反射鏡、內視鏡、量尺、量規等。



## 二、目視檢驗量測銲道時主要之裝備(5)

### (一) 銲道規

1. 構造：其由銲道規四分儀、滑尺及本體所組合而成的，如圖 7 所示。

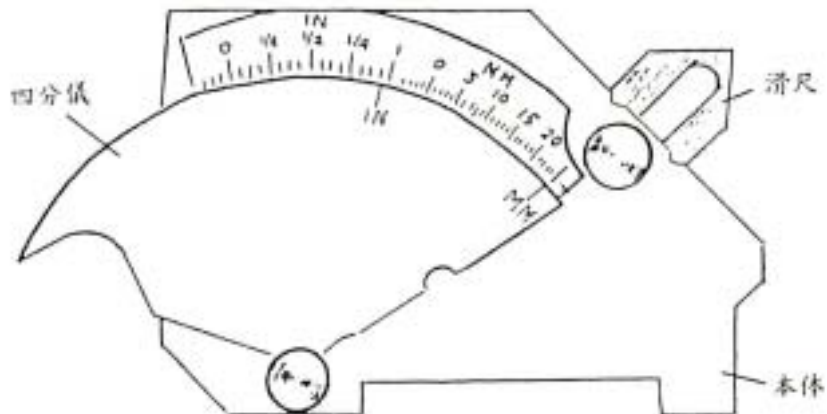


圖 7 銲道規全貌

2. 刻度：(1) 在銲道規本體上分別有直線量測、直角量測及圓弧直線量測等三種不同量測刻度，其有公制與英制之區別。  
(2) 四分儀只具有公制與英制之兩種指示刻度。  
(3) 滑尺上只有直線量測之刻度。
3. 應用：(1) 銲道規本體與四分儀兩者配合之應用，例如圖 8 至圖 12 所示。  
(2) 銲道規本體與滑尺兩者配合之應用，例如圖 13 所示。

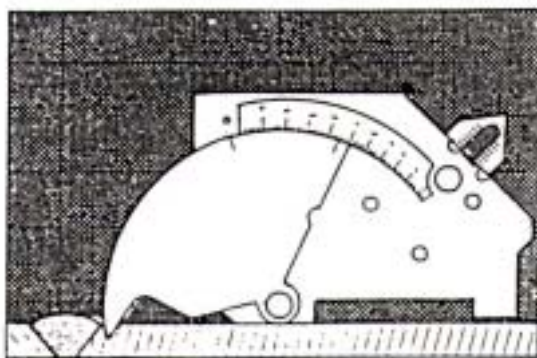


圖 8 銲蝕深度之量測

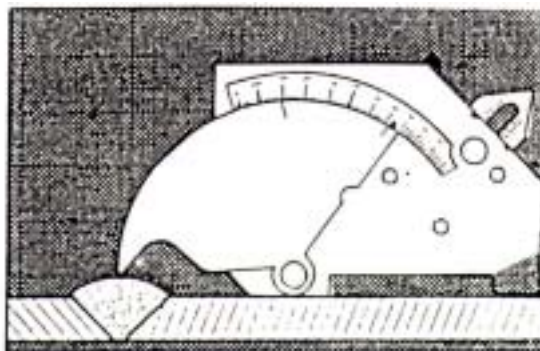


圖 9 對接銲道補強層厚度之量測

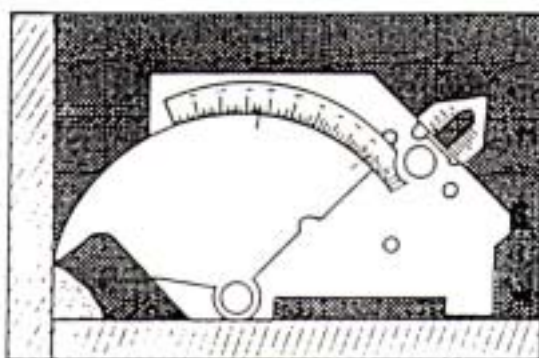


圖 10 填角銲腳長之量測

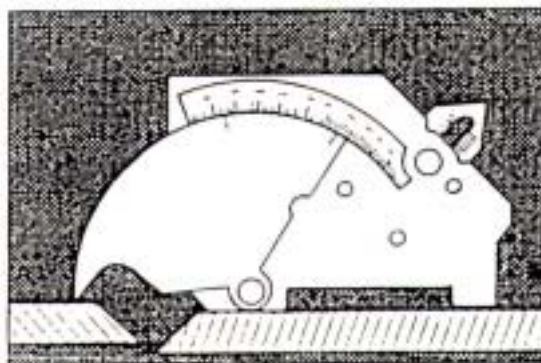


圖 11 厚薄板高度差之量測

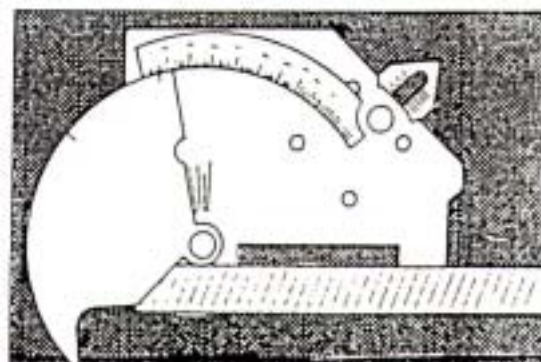


圖 12 傾斜角或開槽角度之量測

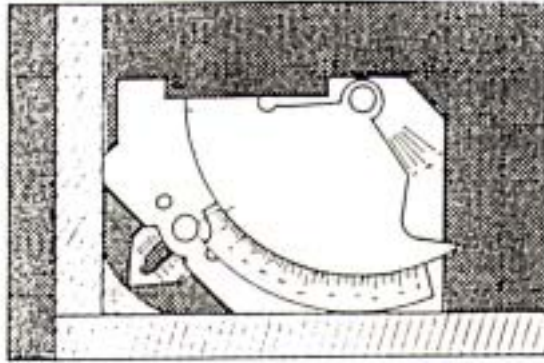


圖 13 填角銲道喉深之量測

(二) AWS 銲道規 (為 AWS D1.1 之法規設計出來的)

1. 構造：其由銲道規本體與滑尺所組合而成的，如圖 14 所示。

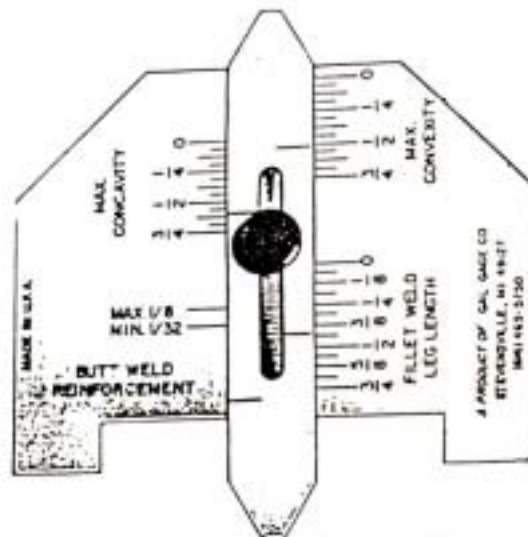


圖 14 AWS 銲道規全貌

2. 刻度：(1) 銲道規本體具有量測填角腳長、凹面填角銲喉深、凸面填角銲喉深及銲道補強層厚度等功能之刻度。  
(2) 滑尺上具有四個刻劃 分別做為上述四種功能之刻度的指示線。
3. 應用：(1) 對接銲道的補強層厚度其是否超出最大值或低於最小值之量測，如圖 15 所示。  
(2) 針對填角銲腳長之量測，如圖 6 所示。  
(3) 填角銲的有效喉深其是否超出或不足之量測，如圖 17 所示。

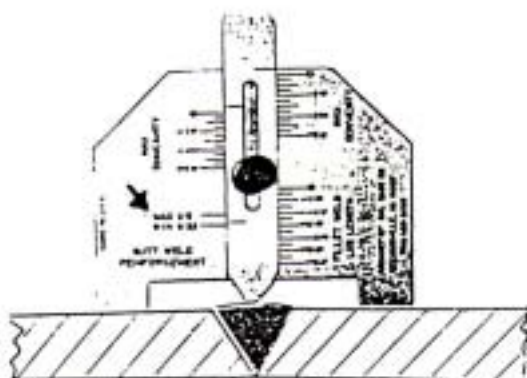


圖 15 對接銲道補強層厚度之量測

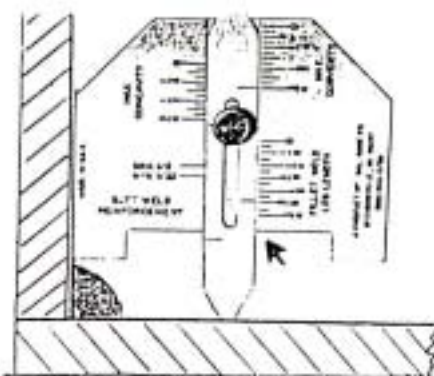


圖 16 填角銲腳長之量測

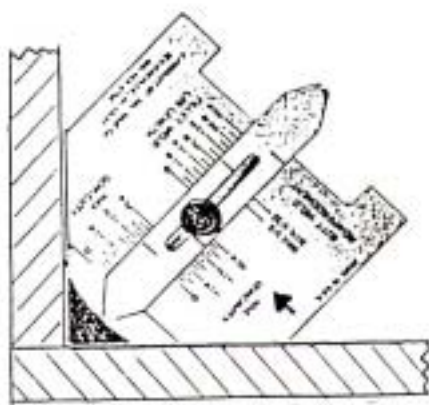


圖 17 填角銲有效喉深之量測

### (三) 填角銲道規

1. 構造：是由數片可量測凹面及凸面填角銲腳長之規片所組成，其每片規片都有對應之腳長尺寸，如圖 18 所示。

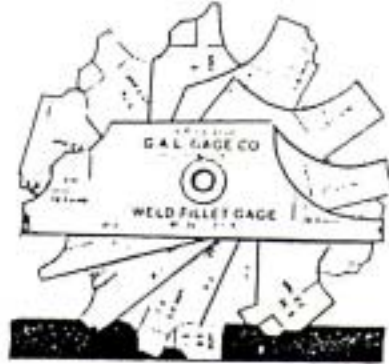


圖 18 填角銲道規全貌

2. 應用：其應用如圖 19 至圖 20 所示。

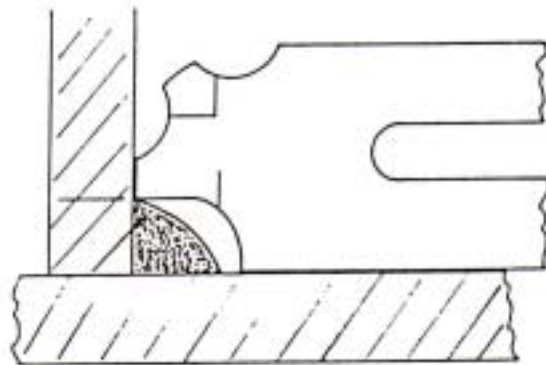


圖 19 凸面填角銲腳長之量測

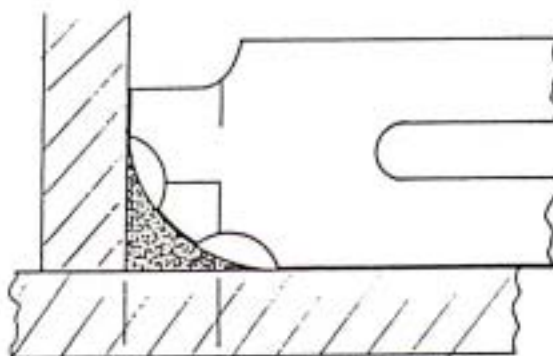


圖 20 凹面填角銲腳長之量測

#### (四) 高低銲道規

1. 構造：是由一移動框架與兩個可以相對滑移的 L 型尺所組合而成的，如圖 21 所示。

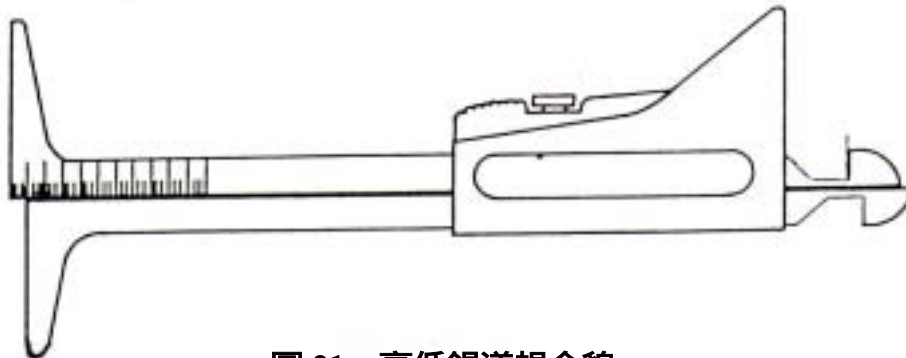


圖 21 高低銲道規全貌

2. 刻度：L 型尺可量測工件厚度、工件高低差及標距線間距等三種功能之刻度。
3. 應用：其應用如圖 22 至圖 27 所示。

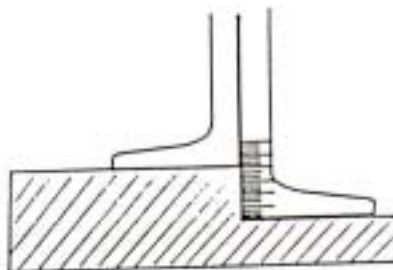


圖 22 工件厚度之量測

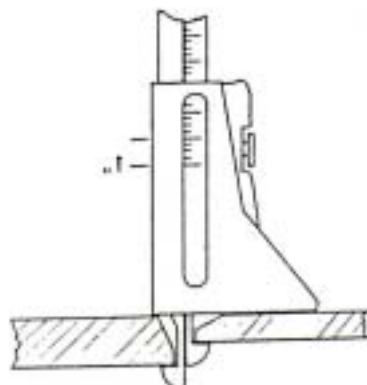


圖 23 銲件內側錯位所致高低差值之量測

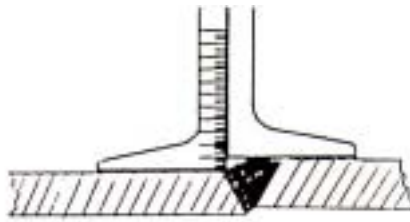


圖 24 對接銲件外側高低差之量測

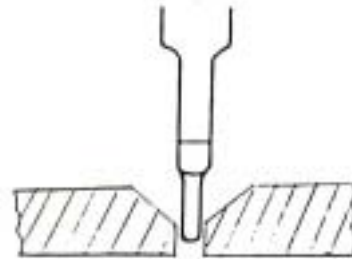


圖 25 根部間距值之量測



圖 26 標記線間距之量測



## (四) 高低規：

在高低規的功能上相似於高低銲道規，只是此高低規主要應用於小管徑的管線量測，其應用例如圖 27 及圖 28 所示。

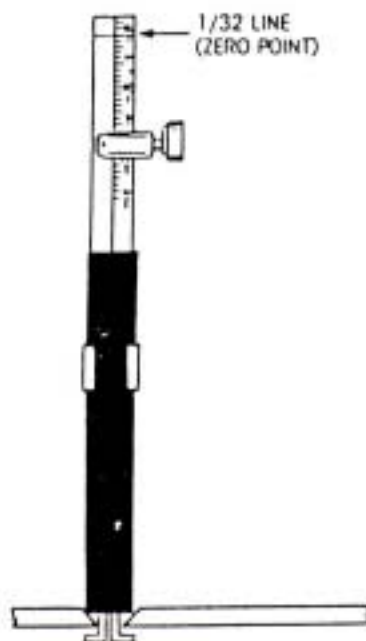


圖 27 管內壁錯位所致高低差值之量測

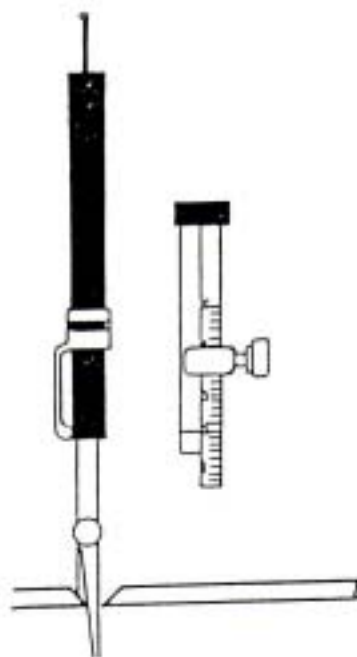


圖 28 跟部間距值之量測



### 三、目視檢驗的基本項目

應用在銲接部份的工程非常廣泛，而銲接製品是否能使用，必須經過多種檢驗，而最簡便、最快速的目視檢法，可從銲接工作者先檢查，而此方法的費用可說是很少的。然而對目視檢驗法的必要考慮，須有三個基本項目為銲接前的過程、銲接中的過程、銲接後的過程，其介紹如下：

#### (三) 銲接前的過程

1. 裝備的檢查：銲接機裝備及週遭的安全衛生裝備等。
2. 文件的檢查：規範說明、藍圖、銲接順序規範書、銲接程序之資格檢定書、銲接工作者資格檢定書等。
3. 材料的準備：銲接材料的清潔、填料的搭配是否正確、接頭的準備、假銲、預熱等。
4. 輔助的裝置：夾具的設計、參數的設定、輔助氣體的裝置等。

#### (四) 銲接中的過程：

1. 銲接程序與方法。
2. 層間溫度之保持。
3. 裝置器具的穩定操作。
4. 銲接材料的保存。
5. 每一道銲接完成後的表面檢視及研磨。
6. 挖補後之檢視。
7. 決定是否進行銲接中之檢驗。

(五) 銲接後的過程

1. 檢視銲道尺寸及周圍表面。
2. 後熱及後熱處理之實施。
3. 若銲後有熱處理時，須經一定時間後再觀察，尤其是冷裂的問題。

**學習評量四：**

一、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出目視檢驗法的優點及缺點。

二、你能在不翻閱參考資料或書籍的情況下，正確地寫出目視檢驗法的三個基本項目。

**答案：**

- 一、優點：
1. 對檢查位比較不受限制。
  2. 可以立即得知結果。
  3. 簡便、快速，成本低廉。
  4. 大多數不需特別的儀器。

- 缺點：
1. 只僅限於檢測外在或表面瑕疵的狀況。
  2. 容易受檢測人員的人為因素影響。

- 二、鐸接前、鐸接中、鐸接後等過程。

---

假如你的答案與上述之重點相似，請翻到第 44 頁做學習後總評量，假如你的答案不與上述之重點相似，則請讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 30 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 41 頁上錯誤改正，然後翻到第 44 頁，做非破壞性檢驗方法學後評量。

現在你已認識銲接檢驗方法之非常破壞性檢驗法，假如你仍未完全熟悉，請重覆學習本教材第 5 頁到第 42 頁，直到熟悉為止，若有困難去請教你的老師，直至完全熟悉到你能勝任學習目標所列之能力為止。

假如你能勝任學習目標所列之能力，請準備參加學後評量。

## 學後評量

一、你在不翻閱參考資料或書籍下，正確地寫出非破壞檢驗方法常用的五種基本檢驗方法。

二、你在不翻閱參考資料或書籍下，正確地寫出射線檢驗法應用在檢測銲接瑕疵時有那些。

三、你在不翻閱參考資料或書籍下，正確地寫出目視檢驗法的優點及缺點。

### 四、選擇題

請不要參閱資料或書籍，在下列各題之括弧內寫出正確答案。

- ( ) 1.下列有關超音波檢驗法的敘述，何者錯誤？(1) 較適於細小的銲件 (2) 檢驗結果可以立即獲知 (3) 透能力頗高 (4) 屬於非破壞性檢驗法
- ( ) 2.下列那一種是金屬材料之非破壞性檢驗法 (1) 抗拉 (2) 硬度 (3) 衝擊 (4) 磁粉檢驗法
- ( ) 3.下列何種不屬於非破壞性材料試驗(1) 目視檢查 (2) 衝擊試驗 (3) 超音波檢驗 (4) 液滲試驗
- ( ) 4.非破壞檢驗法簡稱 (1)DT (2)NDI (3)NDT (4)NDE
- ( ) 5.銲接工作之內部是否有缺陷，可用下列何種方法檢驗最精確 (1) 磁粉檢驗 (2) X 光檢驗 (3) 液滲檢驗 (4) 目視檢驗

## 參考文獻

1. 銲接工程管理基礎課程，許偉勳編著，中華民國銲接協會，P.432。
2. 射線檢測法 (初級)，鄭銘文、紀隆盛編著，中華民國非破壞檢測協會，P.1。
3. 機械工程實驗 (I)，陳長有、許振聲、陳伯宜編著，全華科技圖書，P.247。
4. 熔接學，陳志鵬編著，全華科技圖書，P.201- P.202。
5. 目視檢驗法 (初級)，許世希、余坤城、吳學文編著，中華民國非破壞檢測協會，P.24-30。