

# 鑄品檢測能力本位訓練教材 磁粒檢測 (MT)

編號：PMF-CQC0402

編著者：李士人

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-CQC0402 學習指引

學習本單元前，你可先學習鑄品檢測職類之單元 PMF-CQC0101「介紹鑄品品質規範」、單元 PMF-CQC0103「認識鑄造品質管制」等有關鑄造品質的概念，及各種檢測在鑄造品質中的角色；而學習鑄品檢測職類各單元教材的先後順序，可參考背面之能力目錄。

在非破壞檢測中，磁粒檢測只是其中的一個單元項目，可獨立學習，假如你想學習本單元，即可翻到第 1 頁開始學習。

## 引言

磁粒檢測是一種相當簡單又容易操作的檢驗方法，能迅速、有效的檢驗鑄件的缺陷，可應用於不同階段的製造或加工過程中。而其原理簡單，不需要高深學問與技術，檢驗結果可直接顯示，所使用的設備花費又少。雖然有這麼多優點，磁粒檢測也有使用上的限制，如只適合於鐵磁性的材料檢驗，距離鑄件表面太深的缺陷無法檢測出來。因此學習本單元，你可以認識簡便的非破壞檢測方法，了解其特性與使用上的限制，進而能夠運用這種方法在以後的檢測工作上。

## 定義

**非破壞檢測 (nondestructive testing)**：是利用物理或機械方法或技術，在不破壞材料的情況下，檢測材料的缺陷。

**右手安培定則**：將一導線通以電流，則由電流所感應的磁場方向，可以用一個簡單的方法求出。即將右手大姆指指向電流方向，則其餘四指握拳時的方向，就是圍繞導體的磁力線方向，也是磁場方向。如圖 1 所示。

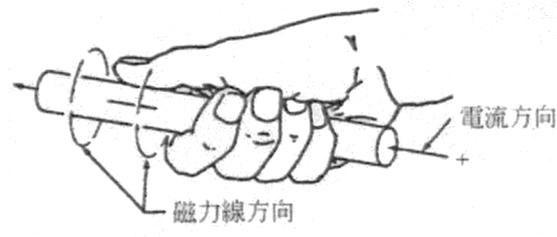


圖 1 電流與磁場（磁力線）方向

**磁動勢**：相對於電動勢，在電路上要使電流在電路上流動，就要加上一電動勢，同樣的要線路（線圈）上使電流流動，而在導體上產生磁場，就要加一磁動勢。

## 學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料下，你能正確地寫出磁粒檢測的基本原理。
- 二、給你一件鑄品，不需他人協助，你能利用磁粒檢測儀器，準確的檢測出鑄品的缺陷。

## 學習活動

本單元的學習活動包含相關知識的閱讀及實際操作之練習。先認識磁粒檢測的基本原理，再了解各式的磁粒檢測儀器，進而能操作簡單的磁粒檢測儀器做鑄品的檢測。要達到這些目標，學員可經由下列途徑學習：

一、閱讀本教材第 5 頁至第 29 頁。

二、閱讀下列參考書籍：

- 1.陳長春（民 75）：磁粒檢測。中華民國非破壞檢測協會。
- 2.陳永增、鄧惠源（民 88）：非破壞檢測。全華科技圖書股份有限公司。頁 3-1~3-86。
- 3.謝耀民、陳炫成（民 85）：鑄件檢驗。全華科技圖書股份有限公司。頁 33-44。

本教材的第一個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能正確地寫出磁粒檢測的基本原理。

---

假如你認為能勝任以上學習目標的能力，請翻至第 11 頁做學習評量；如你要做更多的學習，請翻至下一頁或閱讀參考書籍。

## 一、磁的性質

古代即已發現有種鐵礦，具有吸引鐵屑的特性，這種特性叫做磁性。磁具有下列之特性：

- (一)磁鐵具有兩極，靜止時一定指著南北，指向北方的是北極（N），指向南方的是南極（S）。
- (二)磁具有同性相斥，異性相吸的作用力。
- (三)磁鐵的強弱，以發射出來的磁力線多少來表示。而磁力線的方向，在磁鐵內部是由 S 極到 N 極，而外部是由 N 極到 S 極，構成一個封閉的迴路，如圖 2 所示。如果我們把鐵屑散放在條形磁鐵上，鐵屑會自動排列成圖 3 的圖形，可見磁鐵周圍有磁力線的存在。
- (四)磁鐵的磁性以兩端最強，中間最弱。

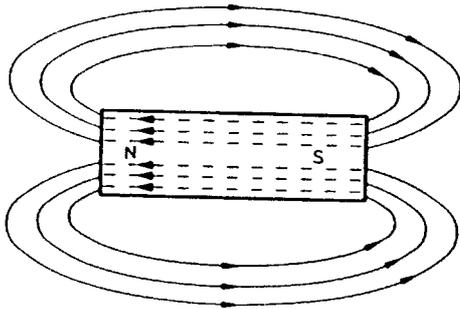


圖 2 磁力線方向

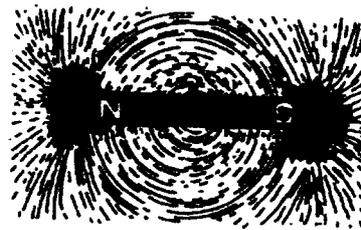


圖 3 拍攝磁力線情形

磁鐵磁性的強弱，以發射出來的磁力線多少表示。磁力線的數量稱為磁通量（ $\phi$ ），其單位是韋伯（Wb）。而磁力線所能達到的空間，就有磁場存在，磁力線愈多、愈密，表示磁場強度愈強；反之，磁力線愈少愈疏，表示磁場強度愈弱。所以把磁場強度定義成：將一單位磁極置於磁場中某點所受的力，稱為該點的磁場強度。磁場強度（H）= $F/m$ （牛頓/Wb）

F：為兩磁極間的作用力。

m：表示置於磁極中，某點的磁極強度，單位是韋伯。

另外每單位面積垂直通過的磁通量，我們稱為磁通密度，其公式是  $B = \phi / A$ （Wb/m<sup>2</sup>）

$\phi$ ：磁通量（Wb 韋伯）

A：面積（m<sup>2</sup>）

## 二、磁化

簡單的說，要使一塊不帶磁性的鋼或鐵，變成帶有磁性，這種過程稱為磁化。磁化的方法，一般都用電磁感應法，即將要磁化的物體繞上線圈，線圈上再通過電流，就可以使這物體帶有磁性。電流感應磁場所形成的電磁效應，是磁粒檢測最基本的相關知識。

對磁性材料加上電流或磁場，導致電偶極的形成與運動。電偶極是具有不平衡電荷的原子或原子團。在電流或磁場的作用下，材料內的電偶極將呈平行排列，這就是磁化。當一材料受電場（電流）作用，材料的原子結構或分子結構會感應形成電偶極，電偶極順著電場方向排列。此外，任何原已存在材料內的電偶極也會順著電場方向排列，這時該材料已被磁化。

磁化的觀念也可用磁田來解釋，磁田是磁的最小單位，包含數百萬個原子的小範圍內，原子的自旋角動量和磁矩皆自動指向同一方向，稱為一磁田。常溫下，每個磁田磁矩方向並不相同，分佈雜亂且不規則，如圖 4 所示；但磁化後磁田之磁矩會如圖 5 將沿一定方向整齊排列。

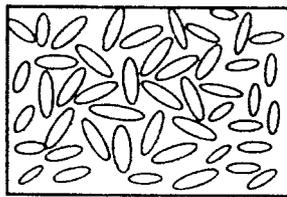


圖 4 不規則的磁田

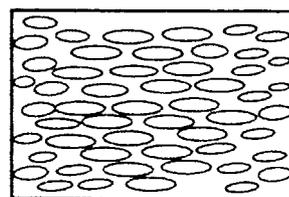


圖 5 規則的磁田

如圖 6 所示，VR 是個可變電阻，可控制電流的大小，E 是直流電源。

磁化力 (H) 的強弱，和磁動勢 (F) 成正比，而與磁路長度 (L) 成反比。有一個公式： $H = F / L$

F：磁動勢， $F = NI$ （安匝），N 是線圈的匝數，I 是通過線圈的電流。

H：磁化力，單位是安匝／米。

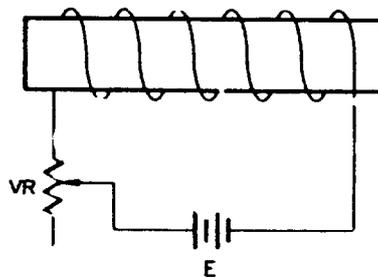


圖 6 電磁感應

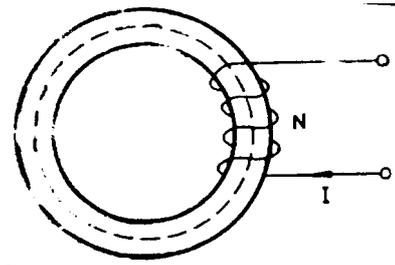
來看一個例子：

如右圖， $N=100$  匝， $I=10A$ ，磁路長度為  $10cm$

求(1)鐵芯的磁動勢(2)磁化力

解：(1) $F=NI=100\times 10=1000$  (安匝)

(2) $H=F/L=1000/0.1=10^4$  (安匝/米)



在圖 6 中，將 VR 逐漸調小，則 H 會逐漸增大，中間的鐵芯之磁通密度(B)也跟著增加，但不是成比例增加，如圖 7 所示，B 達到 P 點後，H 再增加，B 均不會增加，P 點是這個鐵芯的磁通密度飽和點，這個曲線就是這個鐵芯磁化過程的 B-H 曲線（又稱磁化曲線）。

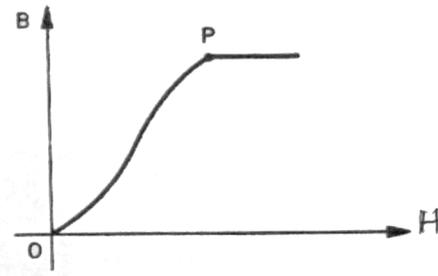


圖 7 B-H 曲線

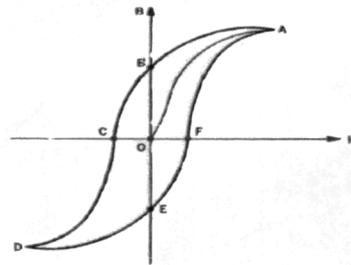


圖 8 磁滯迴路

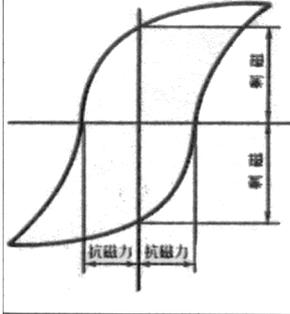
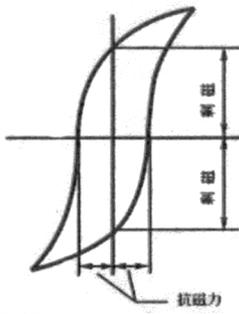
現在假設有一鐵芯，其磁化的 B-H 曲線是如圖 8 中的 OA，當 B 到達飽和點 A 後，將 H 逐漸減少，它的磁通密度 B 並不是沿著原來的 OA 曲線下降，而是沿著 AB 曲線，H 到 0，磁通密度 B 不是 0，而是 OB。OB 稱為鐵芯的剩磁。要使剩磁消失，就要加上一個反向的磁化力(H)， $H=OC$  時  $B=0$ ，所以 OC 叫做抗磁力。

反向磁化力繼續增加，鐵芯的磁通密度往相反極性增加，即 CD 這一段。當反向的 B 達到飽和，再度將 H 減到 0，則 B 沿著 DE 下降。H 沿正方向增加，B 又沿著 EFA 增加，這樣構成 OABCDEF 的迴路，稱磁滯迴路（又稱磁滯曲線）。在整個磁化過程中，B 總是落後 H，所以稱磁滯。

用交流電磁化的電磁鐵，應選擇剩磁較小的材料比較好。如用於製造永久磁鐵，則應選剩磁較大的材料，否則在外在磁化力消失，磁通密度也就隨之消失。

由材料的磁滯曲線，可以看出材料的特性，如果磁滯曲線較寬，較不易被磁化，但其剩磁與保磁力較高，適合做為永久磁鐵的材料。磁滯曲線較窄，則相反，如表 1 所示。

表 1 各種材料的磁滯曲線寬窄與磁特性

磁滯曲線	寬 	窄 
磁特性	低導磁力 (不易被磁化) 高磁阻 高保磁力 高抗磁力	高導磁力 (易被磁化) 低磁阻 低保磁力 低抗磁力
常見材料	高碳鋼、硬鋼	低碳鋼、軟鋼、鑄鐵、鈷、鎳

磁滯曲線的斜率又稱導磁率、導磁係數，是材料導磁能力的強弱，也是材料被磁化的難易程度。若把材料依對磁性感應的情形來分類，可分成鐵磁性材料與非鐵磁性材料，非鐵磁性材料又分成抗磁材料與順磁材料，如表 2 鐵磁材料的導磁率極大，被磁場吸引力強，當磁場移開時，仍能保持相當強度的磁力。

表 2 材料之導磁係數

非 鐵 磁 性 材 料				鐵 磁 材 料	
抗磁材料		順磁材料			
材 料	導磁係數	材 料	導磁係數	材 料	導磁係數
銅	0.99999	鋁	1.000022	鐵	7000
銻	0.999952	鉬	1.00289	鈷	170
水	0.999992	空氣	1.0000029	鎳	1000

### 三、磁粒檢測原理

磁粒檢測是利用磁漏現象，檢測出材料內磁力線不連續間斷部份。所謂磁漏現象是由於檢測物有瑕疵或斷面積改變，造成磁力線受阻，而進出檢測物表面的現象。以棒形磁鐵為例，正常情況下，其磁場分佈如圖 9，磁鐵兩端是北極（N）與南極（S）。如果把棒形磁鐵折成兩半，在折斷的地方會產生新的磁極，就像圖 10 這樣。如果把折斷的地方再接合起來，接合的地方會如圖 11 產生磁力線外漏現象。若將一個磁棒切槽，切槽端也會如圖 12 所示產生兩個磁極，且有磁力線外漏，把磁粒撒在這個地方，磁粒便會沿著新磁極的邊緣呈現，由此即可判斷斷面的位置與形狀，這就是磁粒檢測的基本原理。

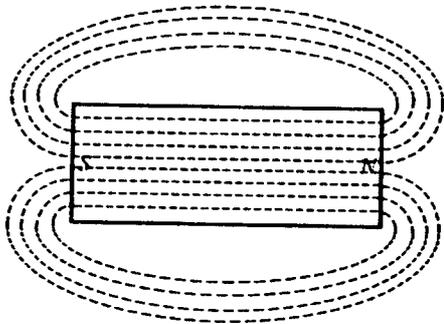


圖 9 完好的磁棒

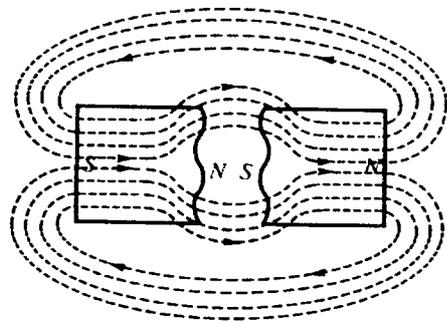


圖 10 折斷的磁棒

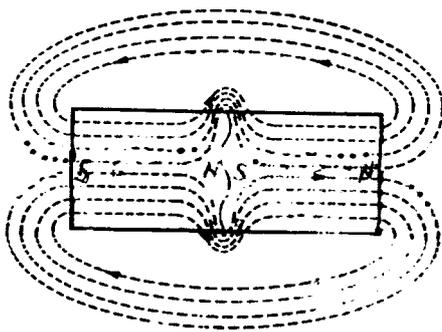


圖 11 折斷又接合的磁棒

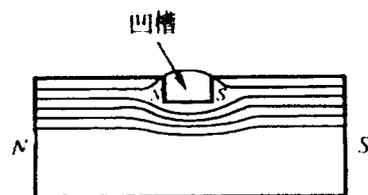


圖 12 磁棒切槽

## 學習評量一

請不要參考其他資料，將正確的答案填在括弧內。

## (一) 是非題 (60%)

- ( ) 1.磁鐵具有二極，指著北方的是 S 極。
- ( ) 2.磁鐵內部之磁力線是由 S 極到 N 極。
- ( ) 3.不帶磁性的鋼或鐵，使用電磁感應，可以使其具有磁性。
- ( ) 4.B-H 曲線又稱磁化曲線，B 是指磁化力。
- ( ) 5.在磁滯迴路中，OC 是抗磁力。
- ( ) 6.磁滯迴路較寬的材料，保磁力與剩磁較低。
- ( ) 7.鑄鐵的磁滯迴路是屬於較寬的材料。
- ( ) 8.材料被磁化的難易，可以由導磁係數大小來看。
- ( ) 9.鋁是一種抗磁材料。
- ( ) 10.鈷的導磁係數很大，是屬於鐵磁材料。

## (二) 選擇題 (40%)

- ( ) 1.有關磁的敘述，那個是錯的？(1)磁具同性相吸，異性相斥的作用  
(2)磁鐵外部的磁力線是由 N 極到 S 極(3)磁性強弱以磁通量表示(4)  
磁力線的數量就是磁通量。
- ( ) 2.每單位面積所通過的磁通量，稱為(1)磁場(2)磁力線(3)磁通密度(4)  
磁場強度。
- ( ) 3.磁化力和(1)磁動勢成反比(2)磁動勢成正比(3)磁路長度成正比(4)  
磁動勢無關。
- ( ) 4.下列那個材料較不易被磁化？(1)軟鋼(2)鑄鐵(3)鈷(4)高碳鋼。
- ( ) 5.磁粒檢測主要是利用(1)剩磁(2)抗磁力(3)磁漏(4)磁滯 現象。

### 學習評量(一)答案

#### (一) 是非題

1. (X) 是 N 極。
2. (O)
3. (O)
4. (X) B 是指磁通密度。
5. (O)
6. (X) 較高
7. (X) 較窄
8. (O)
9. (X) 順磁材料
10. (O)

#### (二) 選擇題

1. ( 1 )
2. ( 3 )
3. ( 2 )
4. ( 4 )
5. ( 3 )

好極了！如今你已能了解磁粒檢測的基本原理，接下來要進行實作的練習。首先認識磁粒檢測之儀器設備，再了解磁粒檢測的操作程序，這是本教材的第二部份，希望你能依正確的方法操作磁粒檢測儀器，檢測鑄品之缺陷。

### 本教材的第二個學習目標是

給你一件鑄品，在不需他人協助下，你能利用磁粒檢測儀器，準確的檢測出鑄品的缺陷。

## 一、磁粒檢測的設備

在實施磁粒檢測之前，應先對檢測設備有一個概括性的認識。磁粒檢測所使用的設備雖然比較簡單，但其種類也是不少。主要的有手提式、活動式及固定式，使用那一種，端看檢測時的條件，如檢測物的材質、形狀，缺陷的大致位置、方向、製造程序、場地等因素。現就各種磁粒檢測設備說明如下：

### (一) 手提式

手提式的磁粒檢測儀器，如圖 10 所示，主要的有磁軛機。磁軛是利用兩磁極間感應縱向磁場之軛狀磁鐵，磁鐵可以是永久磁鐵、交流或是直流的電磁鐵。這種型式的磁粒檢測儀器攜帶方便，容易變換不同磁化方向，配合可調整的磁極套，可適用不同形狀大小的鑄品檢驗。一般均用於較小範圍的檢測。

磁場指示器一般又稱高斯計，用於磁化磁場中，磁通密度的量測。磁粒測試棒是一種測試塊規，塊規上製作特定的人工瑕疵，其兩面分別加工成粗糙與光滑表面，並在側面鑽不同深度的孔，模擬次表面的缺陷，經磁化後觀察顯示狀況，以評估磁化參數的選用是否正確。



圖 10 手提式磁粒檢測儀器

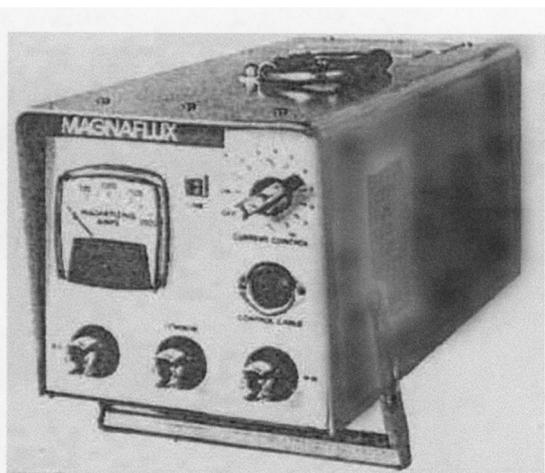


圖 11 攜帶型磁粒檢測儀器

### (二) 活動式

活動式可分為攜帶型磁粒檢測儀器及移動式磁粒檢測儀器。攜帶式磁粒檢測儀器輸出電流小，體積、重量均小，攜帶方便適合現場檢測。如圖 11 所示為攜帶型，使用 110V 或 220V 的交流電，輸出電流為 500~1000 安培。移動式磁粒檢測儀器，一般使用 220V 電壓，這類的儀器附有自動調整電流控制及自動退磁裝置。

### (三)固定式

如圖 12 所示，此類機型較大，可配合不同長度調整夾頭或夾具做磁化。所以具有磁化及自動退磁裝置。

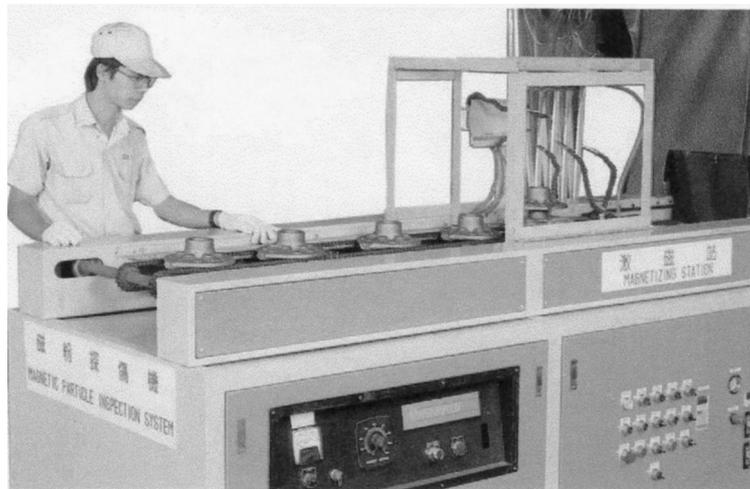


圖 12 固定式的磁粒檢測設備

另外，在移動式和固定式的磁粒檢測設備上，大多附有退磁設備，如圖 13 為退磁器。主要是經過磁化過的強磁材料，在移開磁場後，因保磁性而使鑄件仍具有磁性，這些磁性會妨礙以後的加工工作，如吸引鐵屑，所以退磁也非常重要。

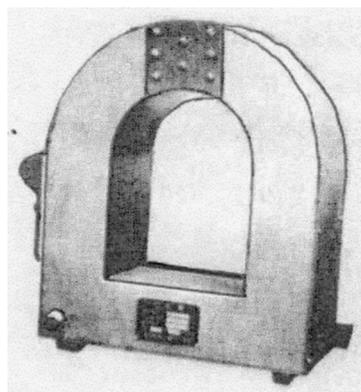


圖 13 退磁器

## 二、磁粒檢測的實施

學員在學習本單元的磁粒檢測原理、認識基本磁粒檢測儀器後，最重要的是運用磁粒檢測迅速、有效地檢測出鑄品的缺陷。對於一件鑄品，檢測人員應如何選擇最適當的磁化方法去進行檢測，所謂適當的方法就是講求最佳的檢驗靈敏度，並不一定需要最貴的設備。

磁粒檢測的標準流程如下：

- (一)試件前處理
- (二)校準
- (三)磁化
- (四)施加磁粒
- (五)檢視評估
- (六)退磁
- (七)後處理

茲分別說明：

### (一)試件前處理

試件的表面不規則狀況會遮蓋或干擾缺陷的顯示，須用研磨或機械加工方式，將表面加以處理，若有髒物、油漬、銹皮、油漆層等等，可用清潔劑或溶劑加以表面處理。

### (二)校準

要有良好的檢出效果，應先有準確的儀器。磁化裝備每年至少要校準一次，校準的項目包括磁化設備校準、磁浴校準及黑光燈強度校準。

#### 1.磁化設備校準

磁化設備的電流表取三點，校正電流輸出值和規定的標準電流表做比較，其讀數誤差不可超過 $\pm 10\%$ ，這是電流表的校準。而磁軛的校準則是交流電磁軛在其使用的最大磁極間距，至少能吸舉 4.5 公斤的試片，直流電磁軛或永久磁軛則要 18.1 公斤。

#### 2.磁浴濃度校準

磁浴濃度依規範調配，再用磁場指示標準塊規，要求在適當的方向上可以清晰看出磁粒的顯示。

#### 3.黑光燈強度之校準

校準或使用前須有足夠時間預熱，黑光燈的強度在檢測物上不得小於  $800 \mu\text{w}/\text{cm}^2$ ，每隔工作八小時或工作區域改變均需校驗一次。

### (三)磁化

鐵磁性材料放在外加磁場中，其磁通密度隨強度增加而增加，這就是磁化。

磁化檢測物時必須考慮使用的電源，一般有三種：交流電、直流電及半波整流電，較常使用的是交流電。依照磁化設備所產生的磁場方向，磁化的方法有兩種，即周向磁化法及縱向磁化法：

- 1.周向磁化法：直接在檢測體上通電磁化。也有用一個導體通電，再於感測物件上產生感應電流而加以磁化，如圖 14 所示。

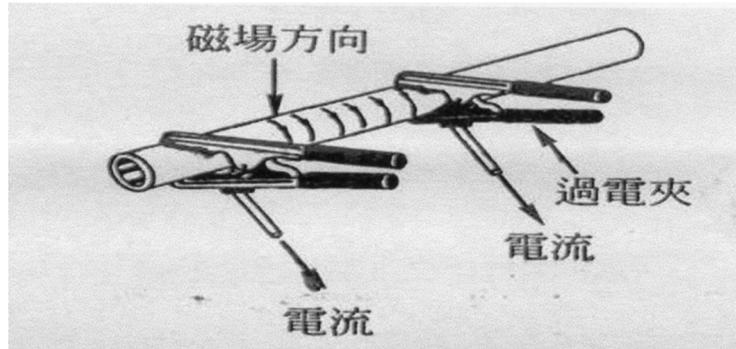


圖 14 周向磁化

- 2.縱向磁化法：是將電流通過線圈或磁軛，依右手安培定則（見定義），會產生縱向磁場，如圖 15 所示。

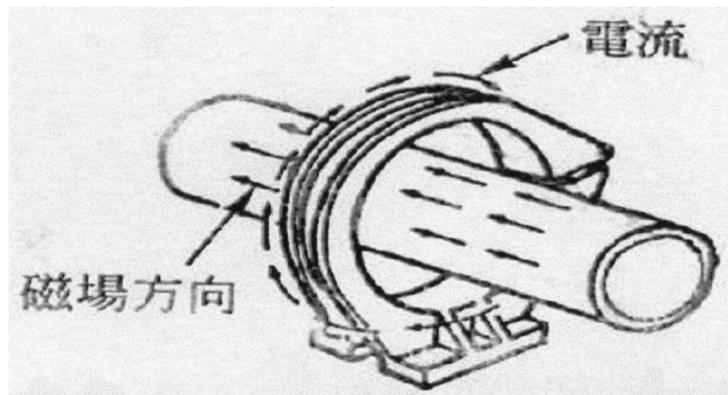


圖 15 縱向磁化

#### (四)施加磁粒（磁性介質）

磁粒檢測的程序中最重要的是適當的磁化，另外是磁粒。磁粒可分為乾式磁粒和濕式磁粒。磁粒應具有高導磁力及低保磁性，對磁漏有最大的感應，不會因剩磁而影響顯示，通常為鐵或其氧化物。磁粒也應具高度流動性和易受磁

力吸引的特性，流動性和磁粒形狀有關，細長型易受吸引，不易流動；球形易流動，不易吸引；多面塊狀是最理想的形狀。另外磁粒散佈在檢測物上時，為能清楚看出缺陷所在，所以須具可視性，一般磁粒顏色為灰、紅、黑，視檢測物本身顏色來選擇，以能看清楚為主。如果使用螢光磁性磁粒，則要用黑光燈。綜合而言，磁粒須具有高導磁力、低保磁性、良好流動性、易受吸引及可視性。

把磁粒均勻地噴灑在檢測物上，過多過少都不好。乾式磁粒使用橡皮球罐，（如圖 15、圖 16）將磁粒噴灑在檢測物上，或用空氣噴槍；濕式磁粒則用浸入或流注方式。



圖 15 乾式磁粒

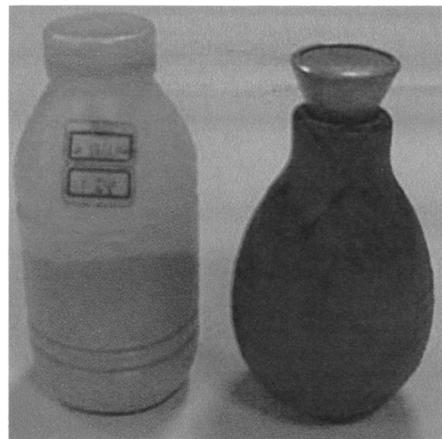


圖 16 磁粒與橡皮球罐

#### (五) 檢視評估

磁粒檢測所得的結果是一種直接顯示，檢測人員做完檢測後，觀察並將顯示結果記錄，且能判斷磁粒所顯示的是否適當，進而評估缺陷的等級，決定鑄品合格與否。正確的判斷，需要熟悉檢驗方法和檢驗過程實施情況、檢測物材料的特性、製程及瑕疵產生的原因。

#### (六) 退磁

檢測物經磁化後，會有剩磁殘留，尤其是高保磁性材料，剩磁更明顯，所以退磁就是將剩磁降低到可以接受的程度。因為剩磁會影響鑄品後續加工，造成使用上的干擾，如切削時會吸引鐵屑、電焊時造成偏弧、電子束加工造成電子束偏離……等等。

退磁的方法一般用縮減磁滯曲線法，是利用大於抗磁力的磁場將材料磁化，並將磁化磁場極性交迭更換，磁場強度遞減至零，這是退磁的基本原理。

利用交流電退磁是最方便的方法，主要是交流電造成自然交迭，由於集膚效應，造成退磁的穿透力較淺。

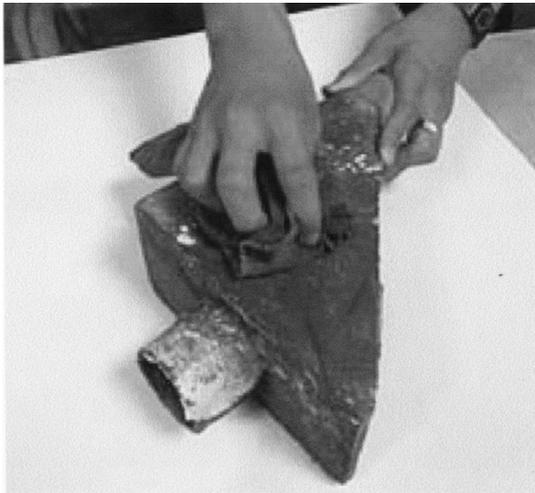
#### (七)後處理

鑄品檢測後應加以清洗，合格鑄品則加以組裝。除此之外尚須對檢查記錄結果，加以核對。

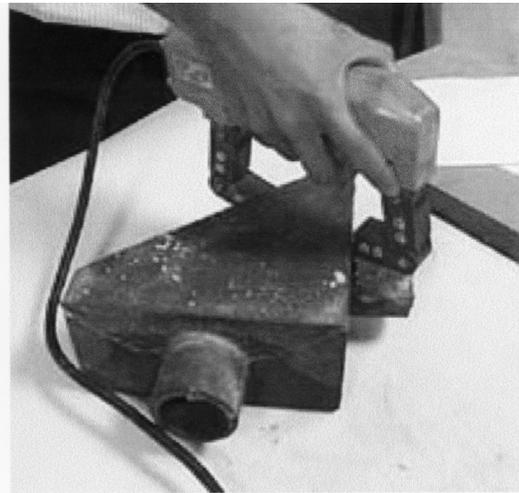
以上是磁粒檢測的標準流程，相關內容的詳細部份，可參考中國國家標準 CNS 磁粒檢測法通則（總號 11048）、鑄件及鍛件磁粒檢驗法（總號 11377）。磁粒檢測法通則中，說明適用範圍、一般要求、檢測前表面處理、磁粒、校準、檢測技術、適當磁場強度與方向、退磁、檢測程序、顯示評估及檢測記錄。

在實際的操作上，學員可依下列步驟來操作：

步驟一：將鑄品做簡易處理



步驟二：磁化檢測物



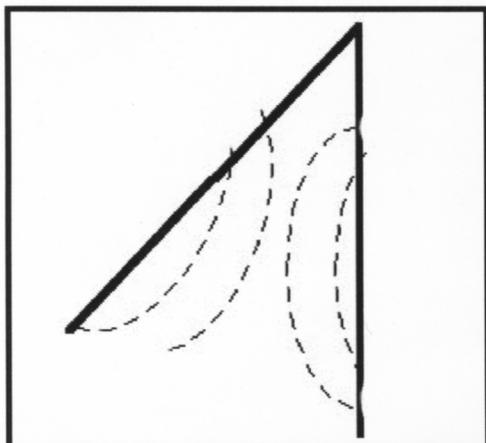
步驟三：在鑄品上噴灑磁粒



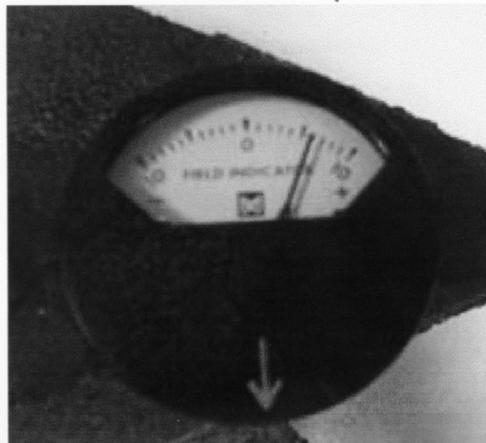
步驟四：磁粒會依缺陷排列顯示



步驟五：繪出圖形，進行判讀



步驟六：由磁場指示器，得知鑄品有剩磁



## 學習評量二

請不要參考資料或書籍，在下列各題前的空格，寫出正確的答案。

(一)、是非題：

1. ( ) 磁軛是利用兩磁極間感應周向磁場之軛狀磁鐵。
2. ( ) 手提式磁粒檢測儀器較適用於較小範圍檢測。
3. ( ) 磁粒 (磁性介質) 應具有高導磁力及高保磁性，對磁漏有最大的感應。
4. ( ) 一般做檢測時，所使用的儀器愈貴愈好。
5. ( ) 做磁粒檢測時，若所使用的磁粒具螢光性質，則檢視時要用黑光燈，才能看清楚。

(二)、試寫出磁粒檢測的流程。

(三)、如何做磁化設備之校準？

(四)、現在給你一件鑄品 (具有人工缺陷)，在無他人協助下，運用磁粒檢測儀器，你能準確的檢測出鑄品之缺陷，並能填寫一份磁粒檢測記錄。

## 磁粒檢測記錄表

學員姓名：		學號：	檢測日期： 年 月 日
工件名稱：			
檢測物材質：		表面處理：	
檢測規範：			
檢 測 條 件			
	廠牌規格	使用電流 安培	
磁化設備		<input type="checkbox"/> 直流電 <input type="checkbox"/> 交流電 <input type="checkbox"/> 半波整流電	
黑光燈		磁化方法：	
校準塊規		周向磁化法 <input type="checkbox"/> 直接接觸法 <input type="checkbox"/> 中心導體法	
磁粒	<input type="checkbox"/> 乾式 <input type="checkbox"/> 濕式	<input type="checkbox"/> 接觸棒法 間距 mm	
	<input type="checkbox"/> 磁浴濃度	縱向磁粒法 <input type="checkbox"/> 線圈法 <input type="checkbox"/> 電纜繞線法	
		<input type="checkbox"/> 磁軛法 間距 mm	
描繪敘述：			
檢測結果：			

審核人員： 日期： 年 月 日

筆 記 欄

## 學習評量二參考答案

### (一) 是非題

1. (×) 縱向磁場。
2. (○)
3. (×) 低保磁性。
4. (×) 講求最佳的檢驗靈敏度，並不一定需要最貴的設備。
5. (○)

### (二) 磁粒檢測的流程

試件前處理、校準、磁化、施加磁粒、檢視評估、退磁、後處理。

### (三) 磁化設備之校準

磁化設備的電流表取三點，校正電流輸出值和規定的標準電流表做比較，其讀數誤差不可超過 $\pm 10\%$ ，這是電流表的校準。而磁軛的校準則是交流電磁軛在其使用的最大磁極間距，至少能吸舉 4.5 公斤的試片，直流電磁軛或永久磁軛則要 18.1 公斤。

## 學後評量

學後評量分知識測驗及實務操作與學習態度道德評量，請學員依說明作答。

知識測驗部份（請不要參考資料或書籍，將正確的答案填寫在題前之括弧內）

### 一、是非題（每題 5 分，共 50 分）

1. ( ) 磁粒（磁性介質）應具有高導磁力及高保磁性，對磁漏有最大的感應。
2. ( ) 磁鐵具有二極，指著北方的是 S 極。
3. ( ) 磁鐵內部之磁力線是由 S 極到 N 極。
4. ( ) 鋁是一種抗磁材料。
5. ( ) 不帶磁性的鋼或鐵，使用電磁感應，可以使其具有磁性。
6. ( ) B—H 曲線又稱磁化曲線，B 是指磁化力。
7. ( ) 材料被磁化的難易，可以導磁係數大小來看。
8. ( ) 鑄鐵的磁滯迴路是屬於較寬的材料。
9. ( ) 磁滯迴路較寬的材料，保磁力與剩磁較低。
10. ( ) 鈷的導磁係數很大，是鐵磁材料。

### 二、選擇題（每題 5 分，共 50 分）

1. ( ) 一般磁化設備應(1)每日(2)每週(3)每月(4)每年 校準一次。
2. ( ) 磁粒檢測時，若使用黑光燈，其強度在檢測物上，不得小於(1)500(2)600(3)800(4)900  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 。
3. ( ) 磁化設備較常使用的電流是(1)交流電(2)直流電(3)半波整流電。
4. ( ) 退磁就是在做完磁粒檢測後，將(1)磁力線(2)磁漏(3)剩磁(4)磁場降低至可接受的程度。
5. ( ) 退磁時使用(1)交流電(2)直流電(3)半波整流電 是比較方便的方法。
6. ( ) 磁粒檢測主要是利用(1)剩磁(2)抗磁力(3)磁漏(4)磁滯 現象。
7. ( ) 下列那個材料較不易被磁化？(1)軟鋼(2)鑄鐵(3)鈷(4)高碳鋼。
8. ( ) 每單位面積所通過的磁通量，稱為(1)磁場(2)磁力線(3)磁通密度(4)磁場強度。
9. ( ) 磁化力和(1)磁動勢成反比(2)磁動勢成正比(3)磁路長度成正比(4)磁動勢無關。
10. ( ) 有關磁的敘述，那個是錯的？(1)磁具同性相吸，異性相斥的作用(2)磁鐵外部的磁力線是由 N 極到 S 極(3)磁性強弱以磁通量表示(4)磁力線的數量就是磁通量。

## 實務操作部份

請向教師領取磁粒檢測儀器及其配件，並領取一件鑄品，先寫下工作計劃，送給教師認可後實際操作，並加以記錄，完成記錄後交給教師評閱。（檢測記錄表如第 26 頁）

### 我的工作計劃

工作名稱：\_\_\_\_\_ 日期： 年 月 日

操作時間：\_\_\_\_\_ 教師簽名：\_\_\_\_\_

實施磁粒檢測時所用的儀器及配件：

1. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_ 7. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ 5. \_\_\_\_\_ 8. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_ 9. \_\_\_\_\_

### 我如何計劃磁粒檢測作業：

操作步驟：

注意事項：

※(1)完成這個工作計劃，請再檢查一遍，是否有遺漏，若覺得很完整，送交教師審核，再開始操作。

(2)操作中，將資料填入記錄表，檢測結果顯示描繪於記錄表中，並寫出檢測結果，再送請教師評分。

請翻到下一頁。

磁粒檢測記錄表

學員姓名：		學號：	檢測日期： 年 月 日
工件名稱：			
檢測物材質：		表面處理：	
檢測規範：			
檢 測 條 件			
	廠牌規格	使用電流_____安培	
磁化設備		<input type="checkbox"/> 直流電 <input type="checkbox"/> 交流電 <input type="checkbox"/> 半波整流電	
黑光燈		磁化方法：	
校準塊規		周向磁化法 <input type="checkbox"/> 直接接觸法 <input type="checkbox"/> 中心導體法	
磁粒	<input type="checkbox"/> 乾式 <input type="checkbox"/> 濕式	<input type="checkbox"/> 接觸棒法 間距 mm	
	<input type="checkbox"/> 磁浴濃度_____	縱向磁粒法 <input type="checkbox"/> 線圈法 <input type="checkbox"/> 電纜繞線法	
		<input type="checkbox"/> 磁軛法 間距 mm	
描繪敘述：			
檢測結果：			

審核人員：

日期： 年 月 日

請翻到下一頁

## 學員自我評量

### 一、我對我學後評量的評分

(一) 知識測驗：共得分\_\_

(二) 實務操作：共得分\_\_ (由教師評審)

學後評量分數 = 知識測驗分數\_\_ × 30% + 實務操作分數\_\_ × 70%；屬於\_\_等 (等第參考：A 等：90 分以上、B 等：80~89 分、C 等：70~79 分、D 等：60~69 分、E 等：60 分以下)

### 二、我對本單元的學習態度自我評量 (覺得有做到或表現良好，請勾選)

- |                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 工作計劃周詳      | <input type="checkbox"/> 態度積極有耐心   |
| <input type="checkbox"/> 工作計劃書寫整齊清晰  | <input type="checkbox"/> 穿著工作服     |
| <input type="checkbox"/> 能按照正確操作步驟來做 | <input type="checkbox"/> 能在規定的時間做完 |
| <input type="checkbox"/> 操作時專心一致     | <input type="checkbox"/> 按時上下課     |
| <input type="checkbox"/> 使用的物品隨時排放整齊 | <input type="checkbox"/> 守秩序、不吵鬧喧嘩 |
| <input type="checkbox"/> 能遵守儀器使用規則   | <input type="checkbox"/> 能主動請教問題   |
| <input type="checkbox"/> 工作環境隨時保持清潔  | <input type="checkbox"/> 樂於與他人合作學習 |
| <input type="checkbox"/> 遵守安全事項      | <input type="checkbox"/> 做好打掃工作    |

## 教師評量

一、實務操作的評量（教師視學員之操作狀況評分，並檢閱檢測記錄表）

## 二、學習態度評量

評 量 項 目	評 量 等 第
1.工作計劃周詳	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
2.工作計劃書寫整齊清晰	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
3.能按照正確操作步驟來做	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
4.操作時專心一致	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
5.使用的物品隨時排放整齊	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
6.能遵守儀器使用規則	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
7.工作環境隨時保持清潔	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
8.態度積極有耐心	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
9.穿著工作服	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
10.能在規定的時間做完	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
11.按時上下課	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
12.守秩序、不吵鬧喧嘩	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
13.樂於與他人合作學習	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
14.能主動請教問題	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
15.能主動參閱資料	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
16.能依規定保養機器	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
17.能注意安全事項	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
18.能做好打掃工作	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
19.工作時間內完成工作	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
20.不擅離工作崗位	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

## 學員總評量表

評分項目	實得分數	比 例	單項分數	總 分
1.知識測驗		20%		
2.實務操作		50%		
3.工作計劃		10%		
4.情意評量		30%		
總評 <input type="checkbox"/> 及格 <input type="checkbox"/> 不及格				
對學員的學習評語：				

請翻到下一頁

## 參考書目

- 一、陳永增、鄧惠源（民 88）：非破壞檢測。全華科技圖書股份有限公司。
- 二、謝耀民、陳炫成（民 85）：鑄件檢驗。全華科技圖書股份有限公司。
- 三、郭塗註、黃錦華（民 87）：電工大意。華興書局。
- 四、陳長春（民 75）：磁粒檢測。中華民國非破壞檢測協會。