

陸、非破壞性檢驗

四、磁化檢驗

講解討論

講解討論時數：2 小時

參考資料：

- 一、技令 33B1-1，第二篇
 - 二、中華民國非破壞檢測協會訓練教材
 - 三、美國電力研究學會非破壞性檢驗訓練教材
 - 四、中國國家標準磁化檢測法通則
 - 五、美國非破壞檢測協會訓練教材
- 講授內容：

壹、概述：

磁化檢驗係藉由磁力線於物件內外分佈之情況，吸引磁粒於物件表面形成顯示，能迅速、有效地檢驗出物件表面及次表面瑕疵，其原理簡單，並不需要高深之學問與技術，檢驗結果又能直接顯示於物件表面，因此，為一客觀可靠之檢驗方法。

磁化檢驗通常分為下列四個主要步驟：

- 一、檢驗前，被檢物表面需充份清潔乾淨，不得有鬆脫之鏽皮、油污或其它雜物。
- 二、對被檢物施加適當方向和強度

之磁場。

- 三、將磁粒均勻施佈於被檢物表面上。
- 四、觀察磁粒分布情況並加以判別及評估。

貳、基本原理：

每一種材料均有其飽和磁通密度（即單位截面積所容許通過之磁力線數目最大值），當作用於被檢物之磁場強度一定，則在被檢物上所建立之磁通量也一定，亦即單位截面積所通過之磁力線數目一定；惟當被檢物上有瑕疵，則瑕疵處之截面積減少，因磁力線有尋求最低磁阻特性，磁力線會自行扭曲變形，但仍沿被檢物內部通過，使得瑕疵處被檢物單位面積之磁力線數目增力，即磁通密度增加，假如所作用之磁場強度夠強，而使磁力線數大於瑕疵處被檢物所容許通過之磁力線數目時，則多餘之磁力線便被排擠而冒出被檢物表面，造成磁漏（如圖6-4-1），若在被檢物表面施加磁粒，則磁粒將聚於瑕疵處形成指示。

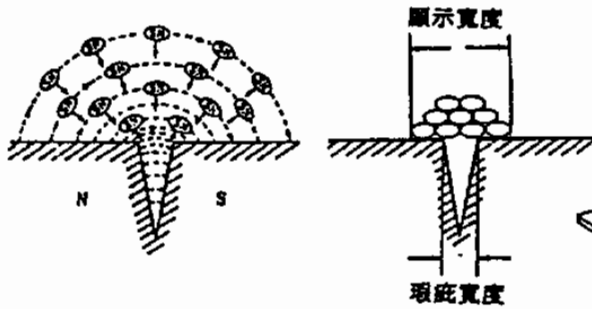


圖 6-4-1 磁漏現象與磁粒顯示之示意圖

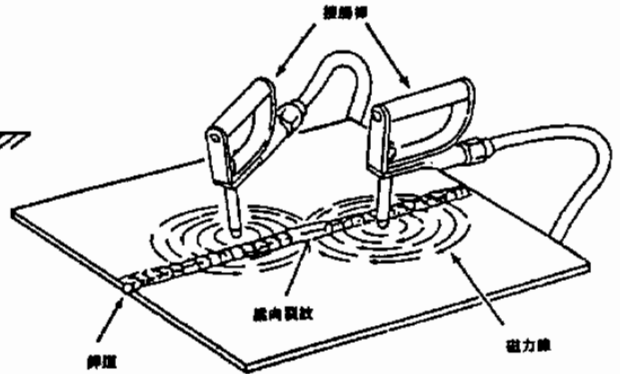


圖 6-4-3 接觸棒磁化及其所產生圓周磁場

參、分類與運用要領：

一、分類：

磁化檢驗可依磁化磁場特性、施加磁粒是否有磁力存在、磁化電流種類和磁粒種類等四種方式分類。

(一) 依所使用之磁化磁場特性可分為圓周磁化法和縱向磁化法等兩種。

● 圓周磁化：

將電流直接通過被檢物或經由中心導體，產生圓周磁場

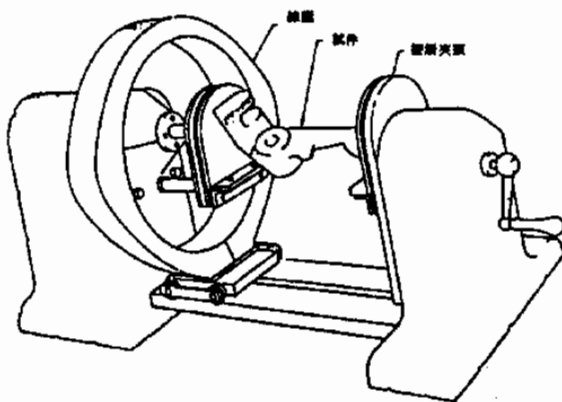


圖 6-4-2 頭射法

之一種磁化方法。

又可分為直接磁化法和間接磁化法。

1. 直接磁化法：

(1) 頭射法如圖 6-4-2

(2) 接觸棒磁化法如圖 6-4-3

2. 間接磁化法又稱之為中心導體法如圖 6-4-4

● 縱向磁化法：

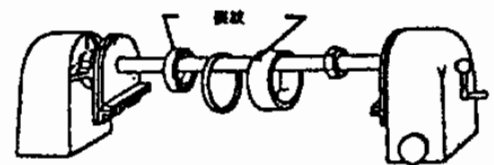
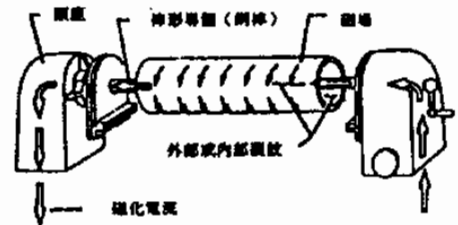


圖 6-4-4 中心導體法及其所產生圓周磁場

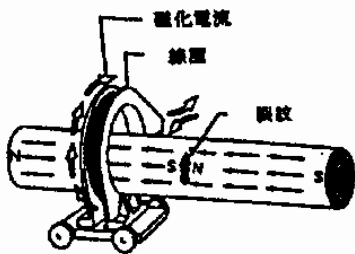
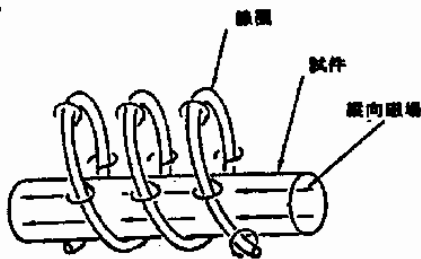


圖 6-4-5 線圈法及其所產生的縱向磁場

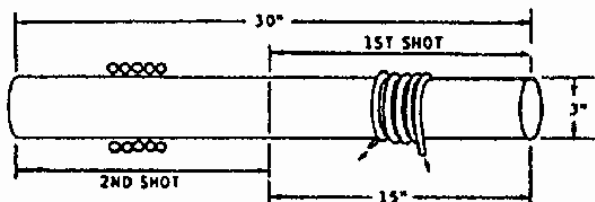
縱向磁化法係使電流通過線圈或磁軛，產生縱向磁場，可分為線圈法和磁軛法。

1. 線圈法如圖 6-4-5，6-4-6
2. 磁軛法如圖 6-4-7

(二) 依施加磁粒時是否有磁力存在可分為連續法和剩磁法兩種：

● 連續法：

不論是乾式磁粒或濕式磁粒，當磁化電流通過之同時，施加磁性介質於被檢物



二次磁化 一次磁化
圖 6-4-6 利用線圈法分段磁化

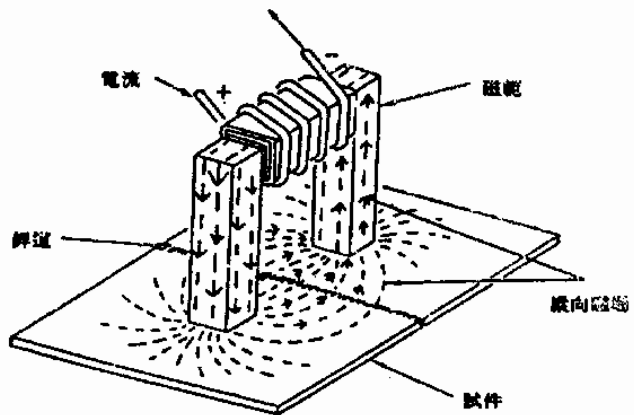


圖 6-4-7 磁軛法

表面之檢測方法，稱之為連續法。

● 剩磁法：

磁化檢驗時，當磁化電流中斷後，才施加磁性介質於被檢物表面之方法，稱之為剩磁法。剩磁法係利用被檢物本身之剩磁在瑕疵處產生磁漏，吸引磁粒附著於該處形成顯示。

(三) 依磁化電流種類可分為交流電、直流電、半波半流電等三種。

(四) 依磁粒之種類區分可分為濕式法和乾式法兩種。

二、運用要領：

(一) 圓周磁化及縱向磁化運用要領：

● 圓周磁化：

1. 直接磁化法：

(1) 直接磁化法，係由電極與被檢物直接接觸，所以要求具

有良好之接觸面，以免產生火花，電弧或過熱現象。

- (2) 若電極與被檢物接觸面接觸不良，可在電極覆加銅網，改善其接觸情況。
- (3) 大而重之物件應採用適當夾具，以確定其磁化方向。

2. 間接磁化法：

- (1) 主要用於檢查中空材料之瑕疵。
- (2) 導體應儘量接近被檢物內壁，以提昇檢驗靈敏度。
- (3) 當中心導體穿過多件物品同時檢驗時，各物品間不可互相摩擦，以免造成錯誤指示。

● 縱向磁化法：

1. 線圈法：

- (1) 受檢物長度若超過 18 吋，則應分兩次或兩次以上充磁，以提昇其靈敏度。
- (2) 檢物 L/D (長度/直徑) 比值，應在 2 至 15 範圍，若不在此範圍，應分段磁化或改用圓周磁化法。
- (3) 充磁時，受檢物應儘量靠近線圈內側壁，以提昇檢測靈敏度。
- (4) 受檢物置放於線圈內時，應考量缺陷可能之走向(與磁場方向成 90°)，方可提昇檢

驗之靈敏度。

2. 磁軛法：

- 使用磁軛法時，其雙軛應與受檢域區成垂直。
- 定期依技令規定實施靜重試驗，交流電磁軛在兩極間隔為 3 至 6 吋時，至少須有 10 磅之升舉力；而真流電磁軛在兩極間為 2 至 4 吋時，至少應有 30 磅之升舉力；間距為 4 至 6 吋時，則應有 40 磅之升舉力。

(二) 連續法和剩磁法之運用要領：

● 連續法：

1. 適合於檢驗低碳鋼及低保磁性材料。
2. 施加電流不宜過高，否則易產生不適切指示，掩蓋正常顯示。
3. 操作時應留意不要沖洗或震動被檢物，以免破壞顯示。

● 剩磁法：

1. 剩磁法只適合於檢驗高碳鋼或保磁性高之材料。
2. 此法由於剩磁較弱，靈敏度亦差，不適合於檢驗次表面瑕疵。

(三) 磁化電流之運用要領：

● 交流電：

1. 交流電壓易以變壓器調整，

- 可運用於檢驗不同大小或形狀之之物件。
2. 交流電所感應之磁場集中於物件表面區域，使其對表面瑕疵檢驗具有最佳效果。
 3. 剩磁集中於物件表面去磁容易。
 4. 穿透能力差，對於次表面瑕疵檢驗靈敏度較差。
- 直流電：
 1. 無法隨物件尺寸變化調整電壓、電流。
 2. 直流電源一般來自蓄電池，因蓄電池維護保養困難，目前很少使用，均由半波直流電所取代。
 - 半波直流電：
 1. 穿透力較強，可用來檢測距表面較深處之缺陷。
 2. 半波直流電之脈動效果佳，可增加磁粒流動性，易於形成顯示。
 3. 所使用之交流電易於取得，同時可藉變壓器調整電壓高低。
- (四) 濕式法和乾式法之運用要領：
- 濕式法：
 1. 對於細微缺陷靈敏高度。
 2. 能迅速覆蓋各種不規則形狀工件表面。

3. 適用於檢驗大量小零件。
 4. 磁性介質溶液之濃度容易量測及控制。
 5. 溶液易受污染須經常檢查受污染程度；對於次表面缺陷檢驗效果差。
 6. 不適用於高溫區域檢查：附著於被檢物表面之磁粒難較清除。
- 乾式法：
 1. 適合於檢驗次表面缺陷。
 2. 易於配合輕便型裝備使用於現場檢驗。
 3. 乾式磁粒不易受污染。
 4. 適用於高溫區域檢驗。

肆、檢驗裝具：

一、裝備選擇應考量之因素：

- (一) 被檢物之形狀和尺寸。
- (二) 缺陷之種類、位置與方向。
- (三) 磁化電流之種類及其電流之強弱。
- (四) 自動化程度。
- (五) 輸入電源之要求。
- (六) 檢驗靈敏度之要求。
- (七) 退磁裝備。

二、磁化裝備：

- (一) 便式裝備如圖 6-4-8
- (二) 活動型裝備如圖 6-4-9
- (三) 固定型裝備如圖 6-4-10

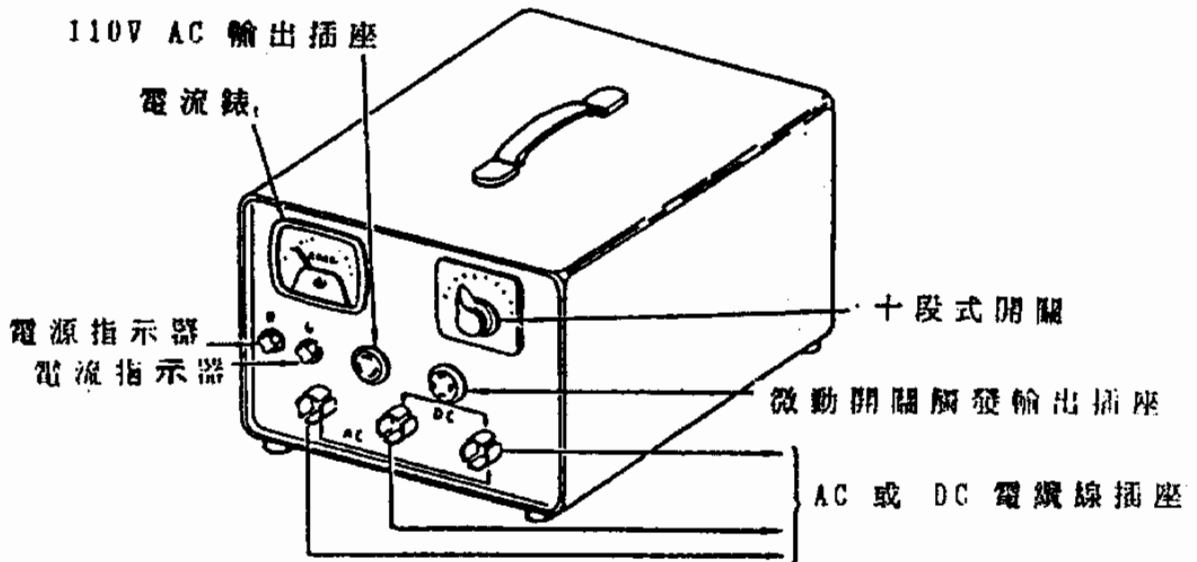


圖 6-4-8 攜帶型磁化檢驗設備

(四) 退磁裝備如圖 6-4-11

(五) 其它附件：

● 沈澱管：

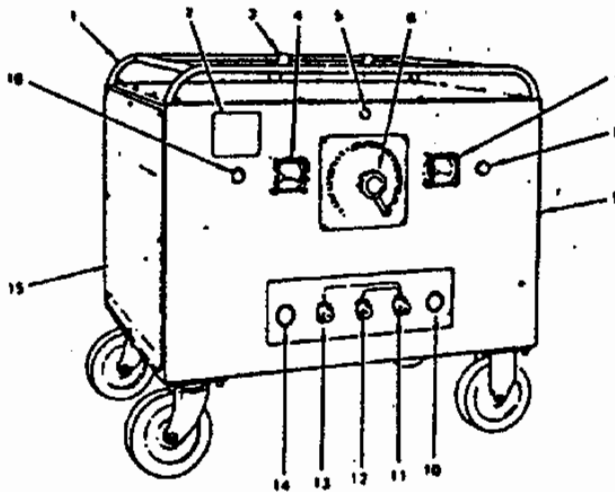
濕式磁粒檢驗中，用於量測
磁性介質之濃度如圖 6-4-

12。

● 磁場指示器：

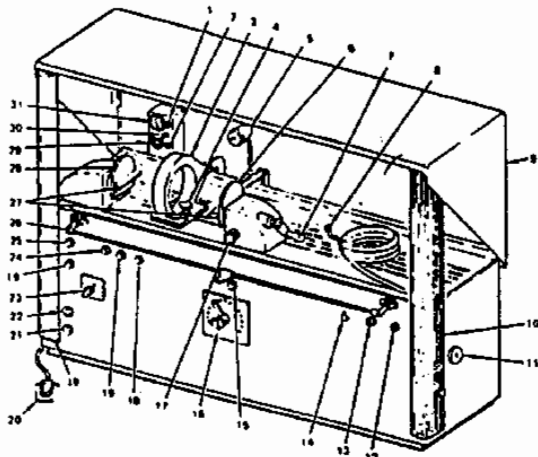
用以量測被檢物之剩磁如圖
6-4-1329

● 磁場指示標準塊：



- | | | | |
|-----------|---------------------|-----------------|------------------|
| 1. 置物架 | 2. 識別牌 | 3. 電纜線掛勾 | 4. DC 安培錶(輸出) |
| 5. 退磁按鈕 | 6. 電流值選擇鈕 | 7. AC 安培錶(輸出) | 8. 電源指示燈(ON為紅色) |
| 9. 檢查門 | 10. 接觸棒微動開關插座 | 11. 電纜線插座(接地電纜) | 12. 電纜線插座 |
| 13. 電纜線插座 | 14. 110V AC 延長電纜線插座 | 15. 冷卻入口 | 16. 電流指示燈(ON為紅色) |

圖 6-4-9 活動型磁化檢驗設備



- | | | | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|
| 1. DC指示燈 | 2. AC指示燈 | 3. 線圈 | 4. 線圈固定把手 |
| 5. 黑光燈 | 6. 夾頭墊片 | 7. 天鋼移動插柄 | 8. 噴嘴 |
| 9. 頂蓋 | 10. 布罩 | 11. 流量控制閥 | 12. 退磁電流指示燈 |
| 13. AC轉換開關 | 14. 磁化電流控制鈕 | 15. 30點退磁開關 | 16. 電流調整開關 |
| 17. 夾頭固定手柄 | 18. DC轉換開關 | 19. DC-AC選擇開關 | 20. 聯動開關 |
| 21. 110AC輸出插座 | 22. 電流控制鈕 | 23. 電流控制鈕 | 24. 指示燈 |
| 25. 氣嘴開關 | 26. 取動器 | 27. 夾頭前墊 | 28. 夾頭墊片 |
| 29. AC電流錶 | 30. 磁化電流指示燈 | 31. DC電流錶 | |

圖 6-4-10 固定磁化檢驗設備

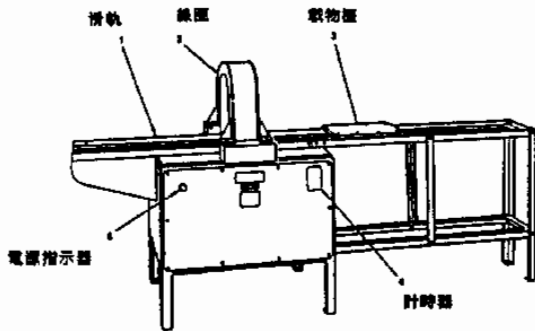


圖 6-4-11 退磁裝備

用以確認磁場強度和方向是否適當如圖 6-4-14

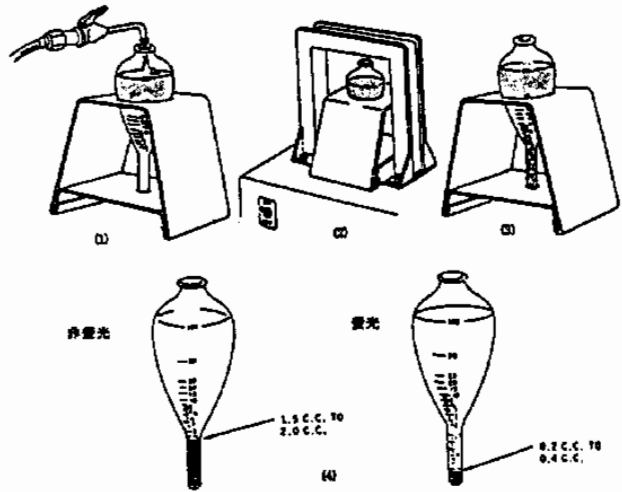


圖 6-4-12 磁浴濃度測試圖

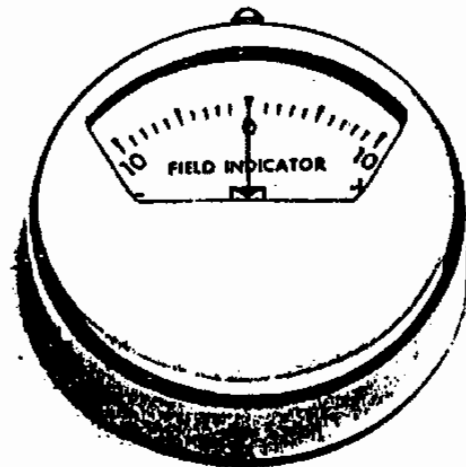


圖 6-4-13 典型之磁場指示器

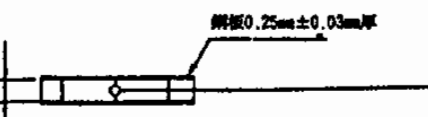
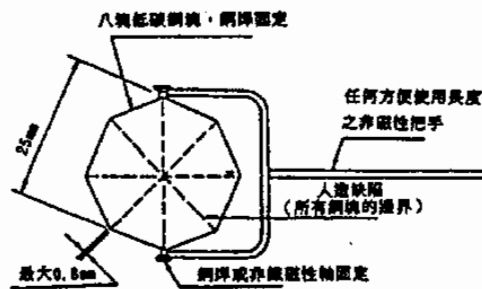


圖 6-4-14 磁場指示標準塊

伍、結論

- 一、磁粒檢驗只適用於檢測鐵磁性材料（如鐵、鈷、鎳）：對於非鐵磁性材料（如鋁、鎂、銅、鈦或奧斯田鐵系不鏽鋼）則無法檢測。
- 二、電磁線路中之磁場方向，係由通過被檢物之磁化電流方向決定，磁場方向通常與電流行進方向成垂直。
- 三、使用直接磁化法時，由於電極與被檢物直接接觸，所以要求須有良好之接觸面，以免產生火花、重弧或過熱現象，甚至損害到被檢物表面。
- 四、中心導體法係用以檢驗中空被檢物之瑕疵，其導體宜儘量接近中空被檢物之內壁，以提高檢測靈敏度。
- 五、使用電磁軛，應定期依據技令或操作手冊規定實施靜重試驗，以確保符合檢測需求。
- 六、磁粒檢驗裝備之選擇除應考量裝備本身能力外，尚須考量瑕疵之種類、位置、方向、被檢物形狀以及對檢驗要求程度而定。

習題：

- 一、磁化檢驗通常分為那幾個步驟？
- 二、請簡述磁化檢驗之基本原理。
- 三、試述依施加磁粒時是否有磁力存在可分為那些方法？
- 四、縱向磁化法之運用要領為何？