

非破壞檢査情報

磁粉探傷

試驗

開發部

1. 磁粉探傷試驗이란

鐵鋼材料等の 強磁體는, 磁場에 의해 강하게 磁化가 되며, 材料中에는 非磁性材料에 比해서 수십 내지 수천倍 이상의 磁束이 생긴다. 圖1은 磁化한 鐵棒에서의 磁束의 모양을 나타낸것으로서 막대의 兩端부터 出入하는 磁束에 의해서 兩端部 부분에는 강한 磁場이 생겨 兩端에는 N. S의 磁極이 나타난다. 따라서 鐵粉등 強磁性粉末 (磁粉이라 함)을 막대에 뿌리면 磁粉은 磁場의 作用에 의해서 磁極部分으로 잡아당겨서 附着한다.

여기서, 圖2에와 같이 갈라짐(欠陷)이 있는 재료(強磁性體)를 이 갈라짐과 直角인 方向이라고 생각해 보자. 磁化된 재료는 작은 磁石의 모임이라고 생각할 수 있으며 갈라짐이나 막대의 兩端以外的 연속한 部分에서는 등을 마주면 N. S磁極이 서로 相殺해서 磁極은 나타나지 않는다.

한편, 갈라짐等 材料의 磁氣的으로 不連續한 部分에서는 圖2에와 같이 相對해서 떨어진 磁極이 생겨 磁粉은 欠陷部에 附着한다.

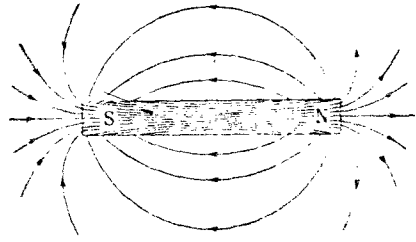


圖1. 棒磁石에 있어서의 磁束束

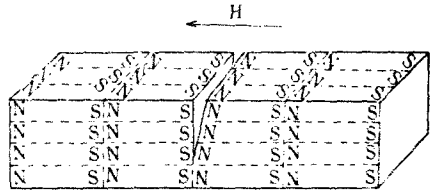


圖2. 棒磁石에 있어서의 磁極

圖3은, 圖2와 같이 磁化한 試製品의 갈라짐 部分에서의 磁束의 모양을 표시한 것이다. 갈라짐의 가까이에서는 磁束이 그림에서와 같이 空間 迂回해서 外部로 나타난다. 이 磁束을 欠陷漏洩磁束이라 하며, 또 결함의 근방에 생긴 磁場을 欠陷漏洩磁場이라고 한다.

欠陷漏洩磁場의 強度는 欠陷漏洩磁束의 密度에 比例하며 그 強度, 넓이는 欠陷의 寸수, 존재하는 位置 및 試驗品의 磁化 強度등에 依存하며 이것들이 클수록 磁粉은 欠陷部에 附着하기 쉽다. 圖3에서와 같이 内部欠陷의 欠陷漏洩磁場은 表面開口欠陷에 比하면 弱하다. 또 갈라짐과 平行한 方向으로 磁化한 경우에는 欠陷部에 磁極이 생기지 아니하므로 欠陷部에는 磁粉의 附着을 볼 수 없다.

이와같이 鐵鋼材料등 強磁性體를 磁化시켜 欠陷部에 생긴 磁極으로의 磁粉의 附着을 利用해서 欠陷을 檢出하는 方法을 磁粉探傷試驗이라 한다 또, 磁粉探傷試驗에서 관찰되는 欠陷에 附着한 磁粉을 「欠陷의 磁粉模樣」이라 한다.

2. 鐵鋼材料의 磁氣的性質과 磁化

2.1 鐵鋼材料의 磁氣的性質

欠陷部으로의 磁粉의 附着은, 磁粉의 特性 및 欠陷漏洩磁場에 支配된다. 欠陷 누설자장은 前述한바와 같이 欠陷의 형상, 크기 등 外에 試驗

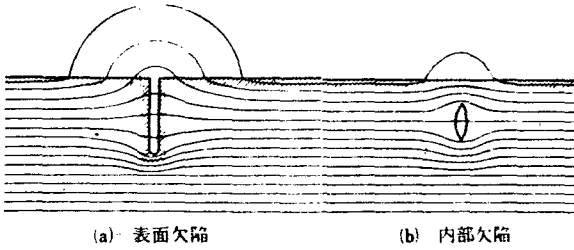


圖3 欠陥에 의한 漏洩磁束

品の 磁化의 정도에 依存한다. 따라서 시험에서 明瞭한 欠陥의 자분모양이 얻어짐에 필요한 磁化를 試驗品에 주기 위해서는 시험品の 磁氣의 特性을 알고 이것을 고려할 需要가 있다.

재료의 磁氣적 성질은, 일반적으로 磁化曲線 (B-H曲線)으로 표시된다. 圖4는, 鐵鋼材料의 磁化曲線의 一例로서 가로軸에 磁場의 強度 H (A/m), 세로軸에 磁束密度 B (Wb/m²)를 取하고 磁場을 증가·감소시켰을시의 재료의 磁化를 表示한 것이다.

圖4에서, 자장의 강도H를 0으로부터 증가시켰을 時의 磁化曲線 OA上의 點 P와 原點 O를 이은 直線 OP의 勾配는, 透磁率 μ (H/m)를 나타낸다. 透磁率 μ 를 사용하며는 磁束密度 B 및 자장의 強度 H와의 관계는 $B = \mu H$ 로서 표시할 수가 있다. 鐵鋼材料의 透磁率은 非磁性體에 比해서 材質에 따라 수십에서 數千倍 以上の 值이며 이 値는 材料의 磁化되기 容易을 나타낸다.

또, 충분히 강한 磁場을 주게한 A點 이상에서는 磁化曲線은 거의 水平에 가까워진다. 이 附近의 磁束密度를 飽和磁束密度 B_s (Wb/m²)라고 하며 재료가 도달할 수 있는 磁化의 크기를 나타낸다. 재료를 飽和磁化하는데 필요한 磁場의 強度는 殘留法에 의해 시험(3項參照)에서 重要하다.

다시 4圖에 있어서, 磁化가 飽和에 達한 後 磁場의 強度를 減해서 0로 하였을 時의 磁束密度 B_r 를 殘留束密度라고 하며 다시 逆方向으로 磁場을 걸어서 磁束密度를 0로 하는데 필요한 磁場의 強度 H_c (A/m)를 保磁力이라고 부르고 있다. 殘留磁束密度 B 및 保磁力 H_c 는 殘留磁氣의 程度의 눈금이 된다.

鐵鋼材料의 磁氣特性, 특히 透磁率 및 保磁力

은 材料의 化學成分(특히 炭素量), 冷間加工, 熱處理에 의한 殘留應力의 影響을 받아 變化한다. 일반적으로 딱딱한(硬) 鐵鋼材料에서는 透磁率이 적고 保磁力은 크다.

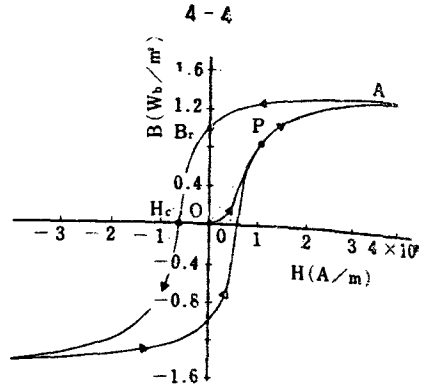


圖4 磁化曲線의 例 (鋼種SK5, 圖에서 矢印은 磁化의 增減의 方向을 표시함.)

2.2 磁化의 方法

1項에서 記述한 바와같이, 갈라짐과 磁化의 方向이 平行할 경우에는 欠陥의 磁粉모양이 얻어지지 못한다. 따라서, 磁粉探傷試驗에서의 試驗品の 磁化는 檢出해야 할 欠陥의 方向을 고려해서 여기에 直角을 方向의 磁場에 시험품에 加할 需要가 있다.

시험품에 자장을 주게하는 방법을 磁化方法이라 한다. 圖5에 實用化되고 있는 磁化方法을 표시한다. 이 圖에는 磁場의 方向을 磁力線(點線) 및 그 磁化方法에 의해 檢出하기 쉬운 欠陥(갈라짐)의 方向이 표시되어 있다.

磁化에 사용하는 電流에는, 交流 및 整流한 電流(直流)를 사용한다. 磁粉探傷시험에 의해서 재료의 内部欠陥을 檢출하는 것은 일반적으로 어렵다. 表面에 가까운 内部欠陥의 檢出에 대해서는 交流에 비교하며는 直流을 사용한쪽이 좋은 결과를 얻을 경우가 있다.

軸通電法, 直角通電法 및 프롯트(plot)法은 電流를 직접적으로 시험품에 흐르게 하며, 直流貫通法은 環狀시험품 또는 구멍(孔)을 관통한 導體에 電流를 흐르게 해서 磁化를 行한다. 어느 것이나 直線電流가 만드는 磁場을 이용하고 있다.

coil法, 極間法 및 磁束貫通法은, coil를 흐르는

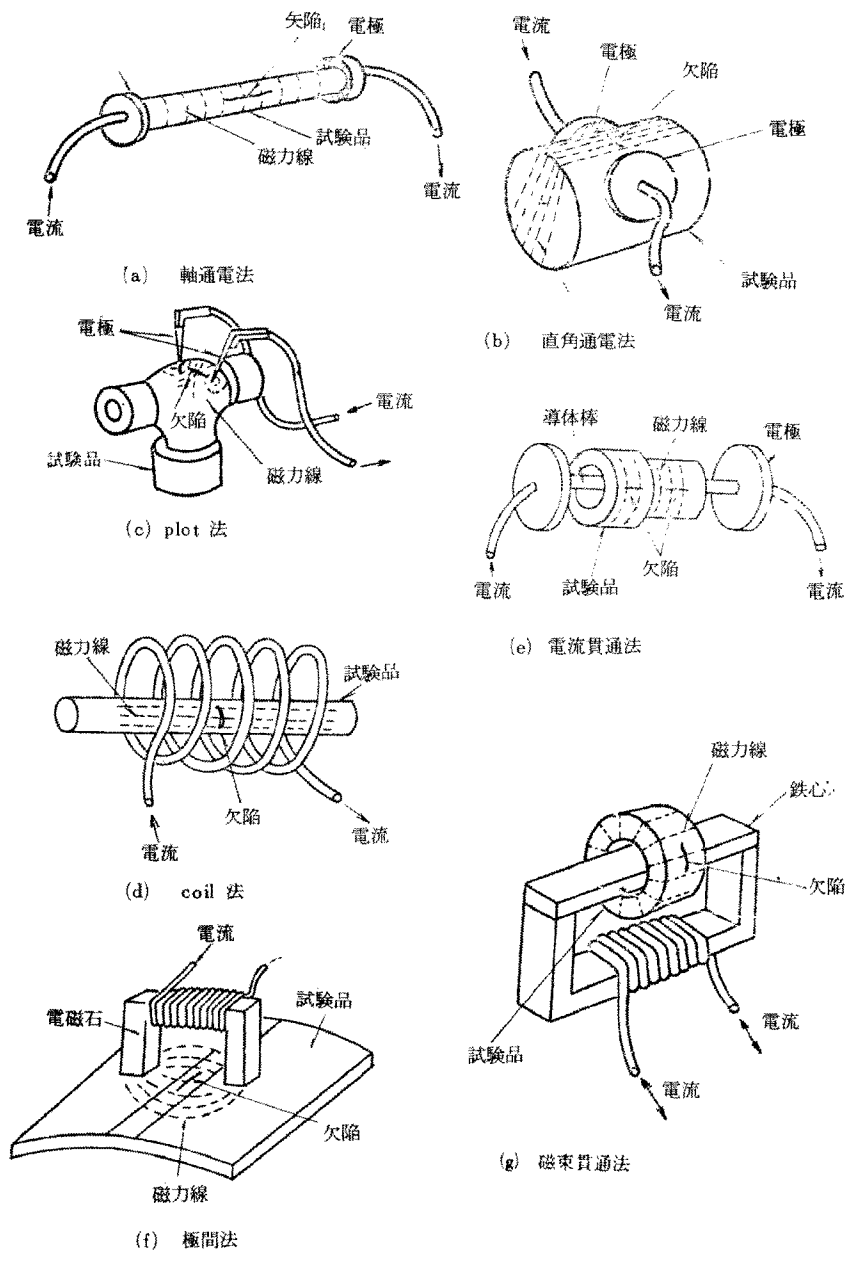


圖 5 磁化方法

電流에 의한 磁場은 利用하는데, 특히 磁束貫通法은 交流磁束에 의해 시험품에 誘起되는 環狀電流에 의한 磁場을 利用하고 있다.

軸通電法, 直爭通電法, 電流貫通法 및 磁束貫通法은, 비교적 작은 시험품에 적용된다. 한편, 極間法 및 plot法은 비교적 大形의 시험품의 부분, 예를 들면 溶接部 등의 探傷시험에 사용한다.

이들의 磁化方法은, 시험품의 形狀이나 예상되는 결함에 따라서 選擇한다. 일반적으로 全方向의 결함을 검출하는데는 서로 直角인 磁化가 얻어지는 磁化方法을 組合시켜서 사용한다. 예를 들면 軸通電流와 coil法에 의해서 丸棒의 軸方向 및 圓周方向의 결함을 검출할 수가 있다.

2. 3 磁化電流値의 設定과 A形 표준試驗片

磁粉探傷시험에 있어서, 결함의 검출에 필요한 시험품의 磁化의 程度 또는 磁化電流値는 磁化方法, 磁粉, 시험품의 성질·형상·치수등에 따라서 다르다. 일반적으로 시험품의 磁化의 정도를 推定하는 量으로서 시험品表面에서 面에 平行한 자장의 強度(表面有效磁場이라 함)가 사용되고 있다. 이 경우, 시험품의 磁氣特性을 고려해서 磁束密度가 飽和磁束 밀도의 80~90% (圖 4의 磁化曲線의 어깨 정도)가 되게 하는 表面有效磁場 혹은 이 磁場을 만드는데 충분한 磁化電流値를 選定한다.

軸通電法 혹은 電流貫通法을 丸棒, 管등에 적용시킨 경우의 表面磁場을 強度는 試驗品치수 및 電流値로부터 계산하여 구할수가 있다.

그러나, 시험품의 形狀이 복잡한 경우 또는 coil法, plot法, 極間法에서는 實際로 表面有效磁場의 強度 및 方向은 확인할 필요가 없다. 이 目的으로서는 일반적으로 JIS(G0565)에서 定해진 A形 標準試驗片을 사용한다.

A형표준시험편은 圖 6에서 표시하는것 같이 電極軟鉄板(20×20mm, 두께 0.05mm, 0.10mm)에 길이 7~60 μ m의 直線上 또는 圓形의 人工窩(溝)을 加工한 것으로서 窩의 面을 圖6A形 標準試驗片의 例試驗面에 맞추어서 粘着테이프를 발라서 사용한다.

A형표준시험편은, 連續法에서 磁粉을 적용(3項參照)하여 나타나는 磁粉모양 으로부터 磁場의 方向을 확인한다. 또, 자분모양이 나타나는 A形

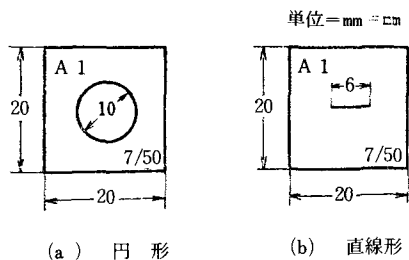


圖 6 A形標準試驗片의 例

표준시험편의 종류(板의 두께, 窩의 깊이등)로부터 磁場의 強度를 推定한다.

또, A형시험편은 장치, 자분, 檢査液의 性能 및 探傷擇作의 適否를 조사하는데 사용한다.

3. 磁粉探傷作業의 基本

探傷作業은 前處理, 磁化와 磁粉의 適用, 관찰, 기록 및 脫磁를 포함하는 後處理의 工程으로서 된다.

(a) 前處理

欠陥으로의 磁粉의 附着의 장애가 되는 시험品 표면의 油脂, 塗料, 녹은 용제등으로서 除去한다. 乾式의 磁粉을 사용하는 경우에는 試驗面을 건조시킨다. 油孔등은 마개를 한다.

組立品은 個個로 分解해서 시험을 행한다.

(b) 磁化

2項에서 記述한 各種의 磁化方法으로부터 適正한 磁化方法과 磁化電流値를 設定한다. 磁粉擇傷置에는 各種의 磁化를 實行할 수 있는 大型의 것으로부터 電流極間式에서와 같이 간단하게 사용하는것 까지 있다.

(c) 磁粉과 檢査液

磁粉에는 數 μ 로부터 수십 μ 의 미세한 鉄粉등이 사용되며 白色, 黑色등의 非螢光磁粉 및 螢光磁粉이 있다. 형광자분은 鉄粉등에 螢光體를 부착한 것으로서 紫外線下에서 명료한 콘트라스트가 얻어지므로 微細한 결함의 검출에 適合하다.

磁粉은 또 乾式用과 濕式用이 있으며 乾式用磁粉은 空氣中에 分散시켜서 뿌리며 濕式用자분은 물, 白灯油등에 分散시켜서 檢査液으로서 사용한다. 檢査液의 磁粉濃度는 通常 溶媒1 l 中에 포함되는 磁粉의 重量으로서 表示한다.

(d) 磁粉의 適用

磁化한 試驗品에 磁粉 또는 檢査液을 뿌리는

것은 磁粉의 適用이라하며 連續法과 殘留法이 있다. 連續法은, 試驗品에 磁場이 加해져 있는 상태에서 자분을 적용한다. 殘留法은 工具鋼등 保磁力이 큰 재료에 적용할수 있다.

(e) 磁粉모양의 관찰과 判定

자분모양의 관찰은 자분의 適用에 이어서 行한다. 非螢光 磁粉의 경우는 밝은 장소에서 행하며, 螢光자분을 사용한 경우에는 暗室등 어둡게 한 장소에서 紫外線燈(black light)를 사용해서 行한다.

材質變化의 境界, 断面척수의 急變部등에서는 결함이 없더라도 자분모양이 나타날 때가 있다. 이것을 凝似模樣이라 한다. 검출된 자분모양이 결함에 의한것인가 아닌가를 확인할때는 再試驗 또는 他의 시험方法에 의한다.

磁粉모양의 기록에는 사진 또는 粘着 테이프에 의한 부호를 사용한다.

(f) 後處理

探傷시험을 한 뒤 必要에 따라서 脫磁, 磁粉의 除去를 행한다

脫磁는 시험品の 殘留磁氣가 鐵粉을 吸着하여 마모의 원인이 되는 등 使用上의 지장이 될 우려가 있는 시험品에 대해서 행한다. 脫磁는 磁場을 反轉시키면서 弱하게 하면서 행하며, 直流 脫磁, 交流脫磁의 方法이 있다.

4. 磁粉探傷試驗의 적용과 특징

자분탐상시험은, 철강재료의 갈라짐 등 표면 결함의 검출에 適合하며 鑄鍛鋼品, 용접부, 기계가 공部品등의 결함검사에 사용된다. 그 특징으로 는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

1) 철강재료등 強磁體 表面欠陷의 검출에 뛰어나다.

2) 갈라짐이 開口하고 있지않은 内部의 틈과 같은 결함들도 검출할 수 있다.

3) 鑄鋼재료中에서도 오오스테나이트, 스텐레스鋼과 같이 非磁性的材料에는 적용할 수 없다.

4) 欠陷의 위치, 表面上의 길이는 알 수 있으나 깊이는 알 수 없다. 内部欠陷의 검출이 곤란하다.

5. 安全管理

방사선障害, 高電壓등의 현저한 危險性은 없으나 日常作業에서 주위해야 할 것 몇가지를 아래에 든다.

1) 螢光磁粉을 사용하는 시험에서는 紫外線燈의 빛이 직접 눈에 들어가지 않도록 하고 경우에 따라서는 포토안경을 사용한다.

2) 洗淨등 유기용매를 사용할 때는 換氣 및 火氣를 주의한다.

3) 時計 기타 計器를 강한 磁場가 사이에 가져가지 않도록 주의한다.

4) 장치, 케이블등의 漏電, 感電에 의한 사고를 일으키지 않도록 주의한다.

參 考 圖 書 案 內

알기 쉬운 原子力 이야기

原 子 爐

張基鎭 著 / 값 2,000원
4·6判 / 高級洋裝 / 191p.

原子의 構造로부터 시작하여 原子爐의 安全性에 이르기까지 우리가 알아 두어야 할 原子力에 關한 常識을 빠짐없이 가장 쉽고 재미있는 筆致로 엮었다.

原子力 關係 중사자는 勿論 原子力의 生活化時代를 앞두고 오늘을 사는 모든 生活人이 알아두어야 할 必讀書이다.

〈購讀問議：當會議振興課 794-4700〉