

電氣的 非破壞 試驗의 現況

◆ 技術資料

— 차 례 —

- 1. 序 論
- 2. 非破壞試驗의 原理
 - 2.1 放射線을 利用하는 方法
 - 2.2 超音波를 活用하는 方法
 - 2.3 電磁氣 其他를 利用하는 方法
- 3. 結 論
 - 參考文獻

1. 序 論

最近에는 製造機械, 輸送機關, 動力源等の 많은 機械나 構造物의 性能, 特히 安全性을 確保하기 위하여 工業의 各 分野에서 非破壞試驗을 많이 利用하고 있다. 材料나 製品에 欠陥이 없으면 無欠陥의 材料의 機械的 強度試驗에 의하여 얻은 資料에 따라서 設計된다.

그러나 實際로는 完全無缺한 材料는 期待할 수가 없다. 따라서 材料나 製品에 어느 程度의 欠陥이 包含되어 있는가를 實物에 대하여 調査하고 그 使用目的에 對하여 充分이 安全한가의 可否를 判斷할 必要가 있다.

즉 材料와 製品의 原形과 機能을 하나로 變化시키지 않고 이들에 內在하고 있는 欠陥의 有無와 그 程度를 調査하는 方法이 非破壞試驗法이다.

非破壞試驗은 最近에 急速히 普及하여 適用되고 있다. 이것은 工業界의 競爭이 熾烈해지고 보다 좋은 品質의 것을 速히 값싸게 만들 必要가 있기 때문인 것이다. 더욱이 最近의 構造物은 점차로, 高溫, 高壓 高速, 高負荷가 되고 使用條件도 엄하게 되고 內容物도 腐食性, 放射性, 引火性, 爆發性等的 危險性이 增加하고 있으므로 構造物의 事故防止를 위한 安全性의 確認이 重要하게 되었다. 이를 위하여 性能에 惡影響을 미치는 欠陥이 存在하는지의 여부를 重視하여 非破壞試驗에 의하여 調査할 必要가 생기게 된다. 또 工業製品은 반드시 經濟性이 要求되므로 非破壞試驗에 의하여 材料나 製品의 品質을 正確하게 評價한다면 使用目的에 對하여 過剩品質이 되지않게 할수없음과 同時에 逆으로 材料를 節約하기 위한 極限設計에 接近할 可能性도 있다.

그러나 現在에는 非破壞試驗의 檢出力에는 限界가 있고 또 그 結果에서 性能을 推定하는데에는 未知의 部分이 많으므로 今後의 研究成果에 期待해야 할 것이다.

2. 非破壞試驗의 原理

非破壞試驗에서 各 利用되는 物理的 現象은 放射線, 熱, 電磁氣, 音波, 超音波, 浸透液, 微粒子等이다. 非破壞試驗은 電氣回路網의 測定에 비유하면 二端子回路網이나 四端子回路網의 內部的 回路定數 및 그 特性을 구하는 것과 같다. 透過法에서하는 放射線 透過試驗에서의 放射線源 및 透過式 超音波探傷試驗에 있어서의 送信用探觸子는 四端子回路網의 入力端子에 印加되는 起電力에 相當한다.

또 放射線透過試驗에서의 X線 film 및 透過式超音波探傷試驗에 있어서의 受信用探觸子는 四端子回路網의 出力端子의 負荷 Impedance에 該當한다.

Pulse 反射法에서하는 超音波探傷試驗은 二端子回路網의 測定에 相當한다. 즉 送信波形은 pulse이고 探觸子는 送信用과 受信用을 兼用하므로 2端子回路網의 入力端子는 pulse電壓을 印加하였을때의 入力 Impedance를 구하는 것에 相當하다.

干涉法에서하는 共振式超音波 두께計測은 連續的으로 周波數를 바꿀수있는 發振器出力을 探觸子를 갖이고 超音波로 變換하여 對象物의 板에 定常波를 發生시키는 方法이므로 二端子回路網의 入力端子에 可變周波數發振器를 接續하여 共振周波數를 구하는 것과 같다.

2.1 放射線을 利用하는 方法

放射線을 利用한 非破壞試驗中에서 探傷의 目的을 위하여 利用된 放射線透過試驗은 製造機械, 輸送機關,

* 正會員 : 仁荷大工大 教授 · 工博(當學會編修委員)

化學機械裝置, 動力源等の 많은 機械나 構造物의 製造 및 保守에 限한 各種 工業分野에서 널리 利用되고 있다.

光은 透明體 또는 半透明體를 通過하지만 放射線은 不透明體에도 透過하는 性質이 있으므로 放射線의 하나의 큰 特長이며 不透明體의 内部欠陥이나 内部構造를 調査할 수 있다. 이 方法에는 原理的으로 透過法, 散亂法, 回折法 및 分光法으로 大別할 수가 있다.

(1) 透過法

放射線은 物質을 透過하는 能力이 있고 透過의 比率은 物質의 種類와 두께 및 密度에 의하여 變化한다. 物體를 透過한 後의 放射線의 세기에 變化에서 材料나 製品中の 欠陥의 狀態, 두께의 變化, 混合物의 分布狀態 또는 組立品의 内部構造等을 調査할 수가 있다.

利用하는 放射線은 X線이 가장 많고 γ 線이 다음이 된다. 對象物의 材質이나 두께에 따라서 β 線 中性子線, α 線等도 利用한다. 放射線의 強度變化를 調査하는데는 X線 film에 촬영하는 方法이 가장 一般的이다. 이것을 放射線의 사진作用을 利用한 것이며 胸部나 胃部等的 診斷에 醫師가 利用하는 것과 原理的으로 똑같다. 따라서 歷史的으로 가장 오래前부터 使用하는 方法이다.

한편 放射線의 螢光作用을 利用하여 螢光板의 明度의 變化를 肉眼으로 直接觀察하는 透視는 있지만 一般으로 人體보다도 吸收가 많은 物體를 取扱하는 일이 많은 工業關係에서는 適用範圍가 極히 制限되어 있다. 이에대하여 螢光像을 電子的으로 增幅할 수 있는 螢光 増倍管이 開發된 이래 適用範圍가 急速히 擴大하고 있다. 더욱이 工業텔레비전과 組合하여 觀察하는 方法도 實用化되어 放射線障害의 危險性을 없앨 수 있다.

더욱이 放射線의 電離作用을 利用한 電離箱, GM管 및 螢光作用을 利用한 신지레이타等을 使用한 放射線測定器도 放射線의 檢出에 使用할 수가 있다.

또 半導體를 使用한 電子寫眞板도 利用할 수 있지만 이것은 現象處理를 靜電氣的으로 함으로 X線 film과 같이 混式의 寫眞處理를 하지않아도 되는 利點이 있다.

(2) 散亂法

放射線을 物體에 照射하면 物體에서 二次的으로 散亂線이 發生한다. 이 散亂線의 세기의 變化에서 두께를 測定하는 方法이 實用되고 있다. γ 線의 散亂을 利用하여 두께나 密度를 測定하려면 compton散亂에 의한 波長의 變化를 「신지레이손」計數管과 γ 線 spectrometer를 사용하여 測定할 수가 있다. 또 鑛金의 두께等과 같은 薄膜의 두께測定에는 β 線의 散亂을 利用하여 測定할 수가 있다.

(3) 回折法

結晶質의 物質에 放射線을 照射한 경우 그 物質의 結晶의 狀態에 對應한 特有的 回折모양을 얻을 수 있으므로 結晶의 種類, 크기 間隔의 變化를 알 수가 있다. 따라서 각각의 物質에 固有한 結晶構造를 알고 그 物質의 物理的 化學的性質을 알 수 있고 또 試料를 非破壞的으로 定性 및 定量分析을 할 수가 있다.

最近에는 回折모양을 사진으로 記錄하지 않고 GM計數管等的 計數管으로 檢出하고 自動的으로 計數記錄하는 方式을 많이 사용한다. 이와 같은 方法으로 混合物 또는 化合物의 分析 處理에 따른 結晶의 粘大化, 微細化, 結晶等的 變化, 殘留應力의 測定等に 利用할 수가 있다.

(4) 分光法

어떤 元素에 適當한 波長의 放射線을 照射하면 그 元素는 固有의 波長을 갖는 二次 X線, 즉 螢光 X線을 放射한다. 가령 LiF 등의 單結晶으로 分光하여 反射角度 및 強度를 測定하면 그 元素의 種類 및 量을 구할 수가 있다.

螢光 X線分析은 그 原理에 의하여 物質을 構成하는 元素를 短時間內에 物理的으로 分析할 수가 있다. X線 Microanalyzer는 電子線束을 1 μ 程度를 가늘게 收束하고 數 μ^3 程度의 體積에서 發生하는 特性 X線을 分光分析하므로 螢光 X線分析보다도 더 微小部分의 元素分析을 할 수 있다.

2.2 超音波를 利用하는 方法

人間的 귀에 들리는 소리 즉 可聽音波의 周波數는 大體로 20Hz~20kHz이다. 이것보다 높은 周波數의 音波를 總稱하여 超音波라고함은 이미 아는 事實이다.

最近에는 超音波의 應用으로서 超音波洗淨, 超音波加工, 超音波溶接等に 에너지로서의 利用이 相當히 實用化되고 있다. 以下에 記述하는 非破壞試驗에는 超音波가 情報의 媒體로서 利用되는 것이며 所謂 通信工學的인 利用이다. 그런데 요즘에는 超音波를 利用한 探傷裝置의 性能이 向上되었고 超音波를 利用하지 않으면 檢査할 수 없는 對象物의 檢査가 必要하게 되었다는 點에의하면 超音波의 利用은 相當히 急速히 擴大되고 그 應用範圍도 水道管에서 原子燃料까지 이르게 된 것이다. 또 放射線 透過試驗에서는 檢出이 困難한 龜裂를 檢出할 수 있는 技術의 特性 및 高價의 消耗品을 必要치 않고 또 檢査速度가 빠르다는 經濟性에 活目하여 放射線透過試驗이 可能한 對象物에대해서도 利用하게끔 되었다.

超音波를 探傷때문에 利用하려면 原理的으로는 pulse 反晶法, 透過法 및 共振法이 있지만 現在는 超音波探

傷器라고하던 거의 pulse反射法이다.

(1) Pulse 反射法

歷史적으로는 超音波의 應用은 第2次 世界大戰中에 敵의 潛水艦의 所有探知에 처음으로 使用하였다고 하여도 된다.

즉 飛行機의 位置標定에 電磁波를 利用한 것과 같이 潛水艦의 位置標定에 超音波가 使用된 것이다. 이와같이 測定技術은 終戰後, 魚群探知器로서 捕鯨船이나 삼치 漁船等에 平和 利用되고 있다. 더욱이 大形船에는 海底測探器로서 또 海底下地層의 探查에도 利用되고 있다.

이들의 測定技術을 한마디로 表現하면 水中 pulse의 echo에 의한 反射源에 關한 情報의 取扱이라는 것이며 이들을 總稱하여 sonar라고 말한다.

sonar는 水中의 pulse를 利用하는 데에 대하여 非破壞試驗으로서의 金屬探傷은 固體中에서의 pulse를 利用하고 있으며 原理적으로는 똑같다. 즉 金屬探傷은 固體中의 pulse의 echo에 의한 反射源에 關한 情報取扱이라고 말할 수 있다. 探傷의 目的에 사용되는 周波數는 200KHz~25MHz의 範圍의 것이 大部分이다. 특히 1~10MHz의 것이 잘 採用되고 있다. 非破壞試驗에 pulse 反射法 以外에 透過法 및 干涉法이 있다.

(2) 透過法

材料의 한쪽面에서 送信探觸子에 의하여 一定 세기의 超音波의 連續波를 보내고 反對便의 面을 透過하여 온 超音波를 受信用, 探觸子에 의하여 받는 方法이다. 材料內部에 欠陷이 있으면 透過하는 超音波의 세기가 달라짐으로 이것으로 欠陷의 程度를 推察할 수 있다.

(3) 干涉法

板의 一面에서 超音波를 X線하였을때 反射面에서의 反射波와 送信波로서 干涉을 일으키는 方法이다.

즉 可變周波數 發振器의 出力을 探觸子에 接續하고 超音波의 波長을 連續적으로 變化시켜 줄때 半波長의 整數倍가 板두께와 같으면 板의 두께 方向에 定常波가 생겨 板이 共振한다.

이 共振을 發生하는 波長으로 板두께를 測定하는 方法이다.

2.3 電磁氣 其他를 利用하는 方法

放射線 및 超音波를 利用하는 方法을 除外한 非破壞試驗에는 磁氣, 電氣, 電磁氣, 可視光, 赤外線等을 使用한 方法이 있다. 一般으로 放射線이나 超音波와 같이 內部의 欠陷을 檢出하는 目的에 대해서는 不適當하고 表面 또는 表面 近傍의 欠陷을 檢出하는데 適合한 것이 많다.

(1) 磁氣의 方法

強磁性體를 磁化시킬 경우에 단일 表面附近에 欠陷이 있으면 欠陷의 兩側에 磁極이 나타나 그 空間에 磁界를 만든다. 이 漏洩磁界의 周圍에 空氣 또는 粘性이 적은 液體의 均一하게 分散된 微細한 鐵粉(磁粉이라 한다)을 가까이 하면 鐵粉의 粒子는 이 磁界에 의하여 磁化하고 각각의 粒子는 적은 磁石이 되어 兩端에 磁極이 나타난다. 이 鐵粉의 磁極相互와 欠陷部의 磁極과의 사이에는 coulomb의 法則에 따라 吸引力이 作用하고 鐵粉끼리는 鎖狀으로 連結되면서 欠陷部에 凝集吸着하여 磁粉模樣을 形成한다. 이 磁粉模樣의 幅은 傷處의 幅의 數倍에서 10倍가 되므로 欠陷의 幅이 擴大되어 쉽게 欠陷의 存在를 目視로 確認할 수가 있다. 磁粉에는 乾式과 濕式(液體에 懸濁하여 使用한다)의 區別 및 普通磁粉과 螢光磁粉(紫外線을 照射하면 螢光을 發한다)의 區別이 있다.

磁粉探傷法에서는 欠陷의 定量的表示가 困難하므로 磁氣 Tape를 使用하여 漏洩磁束을 記錄하고 다음에 檢出器에 의하여 電氣信號로써 끄집어내는 錄磁探傷法이 있다. 간단한 것은 Tape recorder와 마찬가지로 磁氣 tape를 길이 方向으로 走査하고 pulse 狀의 電氣信號를 再生하는 것이다.

더욱히 回轉臺를 使用하여 Video tape와 마찬가지로 磁氣 tape의 幅方向으로 走査하여 얻을 수 있는 信號를 輝度變調한 殘光性 Braum管을 使用하여 放射往 普通 사진과 類似한 可視像으로서 顯示하는 方法도 試圖되고 있다. 또 Hall 素子로는 高磁洩率의 金屬을 core로한 一次·二次 卷線을 갖는 probe를 使用하여 漏洩磁束을 測定하는 方法도 檢討되고 있다.

(2) 過電流探傷法

交流를 通하여 coil에 發生시킨 交香磁界中에 金屬을 놓으면 그 金屬에 過電流가 생긴다. 이와같은 狀態에서 試驗하는 方法은 過電流試驗法이라고 말한다. 즉 過電流가 생기면 二次의인 磁界가 誘起되지만 이것은 coil에서 發生한 磁界에 대하여 反對方向이므로 結局의 過電流가 最初의 交流에 대하여 一種의 抵抗으로서 作用하게 되는 것이다. 따라서 coil의 Impedance가 變하게 되어 coil의 端子電壓을 調査하면 過電流의 크기가 變化를 알 수 있다. 이 過電流의 크거나 變化는 coil에 흘리는 交流의 大小 周波數率에 限係하는 것은 勿論이지만 이 以外에 金屬과 coil의 間隔 金屬의 치수 導電率, 透磁率 金屬內의 欠陷率에 의하여 영향을 받는다. 따라서 이대로는 金屬材料의 材質 組成, 치수 形狀의 變化는 技術적으로 모두 過電流에 變化를 주어 coil의

Impedance의 變化로서 測定되는 것이기 때문에 金屬材料中에 어떤 變化가 있는 것은 確認할 수 있지만 어떤 原因에의 한 것인지 알 수가 없다.

그러나 coil의 端子電壓으로서 檢出된 交番電壓에는 振幅位相 變調라는 3개의 獨立인 情報을 얻을 수 있으므로 過電流에 영향을 주는 諸條件中에서 不必要한 것을 버리거나 또는 分類할 수 있다. 測定된 信號가 所要의 變化를 可能한한 獨持하고 取級하기 쉬운 형태를 갖도록 coil에 흐르는 電流의 周波數나 coil의 設計에 의한 最適의인 磁界分布를 얻게끔하고 더욱이 coil이 檢出한 信號電壓에 加法, 減法, 乘法, 微法, 積分 등의 여러가지 數學的 處理를 하며, 目的으로 하는 情報를 끄집어내기 쉽게 하기위한 信號解析을 한다.

(3) 電流傳導法

磁粉探傷에 의하여 表面의 龜裂이 發見 되어도 그 깊이의 定量은 알기가 困難하다. 이와같은 경우에는 電流傳導法을 利用하는것이 가장 有効하다. 즉 試料表面의 某點에 電極을 接觸하여 通電한 경우에 다른 2개의 電極을 使用하여 試料表面의 電位分布를 測定하면 龜裂이 있으면 그 깊이에 따라서 電位分布가 호터짐으로 미리 龜裂의 깊이와 電位差의 關係를 구해 놓으면 龜裂의 깊이를 測定할 수가 있다.

(4) 靜電探傷法

磁粉探傷은 磁氣를 使用하고 磁性粉末을 表面龜裂의 欠陷部에 附着 시키는것과 마찬가지로 靜電探傷은 金屬의 表面에 있는 龜裂에 靜電氣를 使用하고 荷電된 微粒子粉末을 附着시켜서 欠陷의 有無와 形狀치수를 認識하기 쉽게하는 方法이다. 이 方法으로 陶磁器, 유리 合成樹脂 等の 非金屬의 表面欠陷을 肉眼으로는 勿論 光學顯微鏡으로도 볼수 없는 程度의 것이라도 檢出할수가 있다.

(5) 浸透探傷法

磁粉探傷은 強磁性材料에 限하고 靜電探傷은 非金屬材料에만 適用 되는때에 對하여 浸透探傷은 모든 材料의 表面欠陷의 檢出에 適用할 수가 있다. 探傷 하려는 表面에 着色(普通은 赤色)한 浸透性이 강한 液體(浸透液)을 塗布하여 欠陷中에 浸透시킨다. 塗布한後 數分間 經過하여 充分히 浸透가 끝났을때에 有機溶劑(洗淨液)을 使用하여 表面의 浸透液을 肅청한다. 이 狀態에서는 傷處의 內部에는 浸透液이 殘留하게 된다. 다음에 白色, 速乾性으로 乾固하면 吸濕性이 되는 液(現傷液)을 塗布 또는 불어 불어던 곧 乾固하여 傷處에 浸透液을 吸出하므로 傷處의 場所가 白紙의 빨간 모양이 現示된다. 着色 浸透液 대신에 紫光浸透液을

使用하여 紫外線을 照射하여 螢光을 放射시키는 方法도 있다.

(6) 赤外線 探傷法

이것은 가장 새로운 非破壞試驗方法의 하나이며 特別 宇宙開發 關係의 電子回路部品の 檢査에 有効한 方法이다. 電子回路部品을 通電狀態에서 各部의 發熱量을 簡單히 無接觸이고 또 빠른 應答程度로 走査하는 것이 可能하며 熱電對 보다도 信賴度가 높으므로 測定 結果에서 電子回路의 性能을 알 수가 있다.

이 以外的 部材에서는 人爲的으로 加熱하고 欠陷의 有在에 의하여 赤外線放射量이 變化하므로 이것을 測定하여 欠陷을 檢出한다. 즉 試驗片의 表面에 集束熱線의 Beam을 照射하면 欠陷이였는部分은 健全部보다. 빨리 加熱된다 照射한 點의 放射熱을 放射計(서어미스터, 볼트메터)를 使用하여 無接觸으로 全面을 走査測定한다. 한번에 測定할 수 있는 面積이 대단히 적지만 表面의 熱傳導持성이 原因이 되는 欠陷을 檢出할 수가 있다. 또 熱에너지의 흐름에 영향을 주는 欠陷을 檢出하는 方法으로서 Thermography가 있다. 이것을 溫度에 의하여 다른 色을 나타내는 化學藥品을 試驗中 表面에 塗布하고 欠陷에 의한 熱傳導의 差를 利用하여 欠陷을 檢出하는 方法이다.

(7) Micro 波 探傷法

檢査하려는 不導體에 周波數 1,000~10,000MHz의 좁은 Micro波의 Beam을 入射시켜 透過前의 波와 透過反射시킨 波를 合쳐서 定常波를 만들면 그 節과 振幅을 透過시킨 物質 固有의 것이 된다. 이 原理를 利用하여 非金屬材料의 性質(組成, 組織, 含水量, 密度, 有孔性, 두께)를 알 수가 있다. 또 Micro波는 金屬은 透過치 않으므로 金屬材料의 欠陷이나 介在物의 檢査에는 도움이 되지않지만 特殊한 裝置를 使用하여 두께 測定을 할수가 있다.

(8) Holo-graphy

Holo-graphy는 光의 位相과 振幅의 情報를 同時에 記錄하는 寫眞法이며 物體가 發散하는 光의 모든 情報를 한장의 感光材料에 再生할수가 있으므로 再生像도 原物體와 같이 立體的으로 보인다.

Holo-graphy는 처음에는 電子顯微鏡의 解像力을 높이는 方法으로서 考案되었지만 當時에는 可干涉性(coherency)이 좋은 光線을 얻을수가 없었기 때문에 發達하지 못하였지만 Laser發振에 成功한 後에는 電子線이나 X線의 領域보다도 오히려 可視光 領域에서 Holo-graphy 技術이 急速히 發達하였다. 非破壞試驗에 가장 關係가 있는 것으로는 超音波의 Holo-graphy

에서 光學的으로 不透明한 物體의 立體像을 얻는 基礎的인 可能性에 관한 研究가 進行되고 있다. 非破壞試驗像은 立體像인것이 要望된다. 이런 意味에서 Holography技術의 進步發展은 非破壞試驗技術의 飛躍的인 向上을 招來할 것으로 믿어진다.

産業이라고 할 수 있는 原子力産業 宇宙開發 海洋開發 住宅産業 등을 非破壞試驗과 密接한 關係가 있다.

今後에도 非破壞試驗의 必要性이 높아질것이므로 이 分野에 대한 科學 및 技術者들의 研究가 切實히 要望되며 우리나라의 工業發展에 크게 이바지하여 주기 바라는 바이다.

3. 結 論

以上の 記述에 알수 있는 것과 같이 非破壞試驗은

- a) 全數檢査가 可能하다.
- b) 各種方法을 適用하여 總合註價 할 수 있다.
- c) 製造工程의 早期에 不良品을 發見할 수 있다.
- d) 製造技術의 改善에 活用할 수 있다.
- e) 保全檢査에 利用할 수 있다.

와 같은 特徵과

- (i) 品質管理
- (ii) 品質評價
- (iii) 生産原價의 切減

等과 같은 效果를 가져올 수 있는 長點들이 있다. 未來

參 考 文 獻

- ① Jack Blitz: Ultrasonics Methods and Application, Van Nostrand Reinhold Co., 1971.
- ② Leszek Filipczynski: Ultrasonic Methods of Testing Materials Butterworths, London, 1967.
- ③ 日本非破壞檢査協會編: 非破壞檢査便覽, 日刊工業新聞社, 1968.
- ④ 日本學術振興會: 超音波探傷法, 日刊工業新聞社, 1976.
- ⑤ 富士: 日本電氣學會誌, Vol. 89-10, No. 974, October, 1969.

會員에게 알리는 말씀

會員여러분의 健勝하심을 仰祝합니다.

빛나는 祖國의 繁榮과 보다 잘살기 위한 근면, 자조, 협동의 새마을정신으로 힘찬 전진의 노래가 메아리치고 있는 이때 우리 電氣技術人은 더욱 總和團決로서 健全한 社會氣風 造成으로 庶政刷新推進에 더욱 앞장서서 근면, 검소한 生活로 職場에서나 家庭에서나 自己일에 充實하여야 할 것입니다.

따라서 政府의 庶政刷新推進을 會員 여러분께서는 가족, 친지, 동료직원 및 모든 사람에게 이같은 사랑을 주지 지켜주시고 밝은 社會建設을 위한 健全한 社會氣風 造成에 솔선수범하여 주시기 바랍니다.

1978年 3月 日

大韓電氣學會 會長 白

庶政刷新은 좋은 나라를 建設하겠다는

우리 社會의 “조용한 精神革命”입니다