

自動超音波探傷裝置의 開發

= 裝置의 構成 및 機能 =

原子力發電所의 配管溶接部 使用中檢査 (ISI) 의 일환으로서 행해지고 있는 超音波探傷試驗에서 사용되는 自動探傷裝置가 검사원의 被曝低減과 探傷精度的 향상을 主 目的으로 최근 개발되었다. 이 裝置는 高放射線下에서 사용되는 探觸子部와 低放射線下에서 사용되는 制御部, 데이터 處理部 및 데이터出力部로 이루어져 小型·輕重으로 원격조정이 가능하도록 되어 있다.

I. 概 要

原子力發電所의 機器構造物에 대해서는 사용 중의 健全性을 확인하기 위해서 그 重要度에 따라서 使用期間中檢査(Inservice Inspection; ISI)가 정기적으로 행해지고 있다. 그 중 配管에 대한 ISI가 있는데, 配管의 ISI는 주로 配管溶接部 및 그 주변에서 발생하는 결함의 유무를 확인하기 위해서 실시되며, 배관 外表面的 결함에는 液體浸透探傷 등의 검사가 행해지나 배관의 內表面이나 溶接部內에 발생하는 결함에는 超音波探傷이 적용되고 있다.

이 초음파탐상은 일반적으로 手動探傷을 주로 실시하고 있으나 최근에는 검사원의 被曝低減, 探傷·記錄精度的 向上 등의 면에서 自動探傷이 요망되게 되었다. 이에 本稿에서는 配管溶接部를 대상으로 한 探觸子에 의한 超音波走査부터 기록의 작성까지를 자동적으로 처리하는 自動超音波探傷裝置에 대해 기술한다.

II. 溶接部의 超音波探傷

1. 欠陥의 探傷原理

초음파는 결함 등의 不連續部에 반사되어 되 돌아오는 성질이 있다. 초음파탐상은 이 반사

원리를 이용해서 결함을 검출하는데 초음파를 송수신하는 探觸子를 探傷面에 대면 초음파는 探觸子가 가지는 고유한 屈折角(θ)으로 재료중에 전파되어 결함 등의 불연속부에 반사되어 探觸子로 되 돌아온다(그림 1). 이 상황은 초음파 탐상기의 브라운관에 欠陥에코로서 관찰된다.

이 欠陥에코의 높이(H)는 결함에서 부터의 超音波反射強度를 나타내고 있으며, 결함의 규모를 나타내는 중요한 지표가 된다. 여기서 결함의 위치, 즉 配管円周方向의 위치는 欠陥에코가 검출되었을 때의 探觸子位置를 통해서 알 수 있다. 또 결함의 길이는 결함의 길이와 평행방향으로 探觸子를 움직이면서 欠陥에코가 얻 어지고 있는 동안의 探觸子走査範圍에서 알 수 있다.

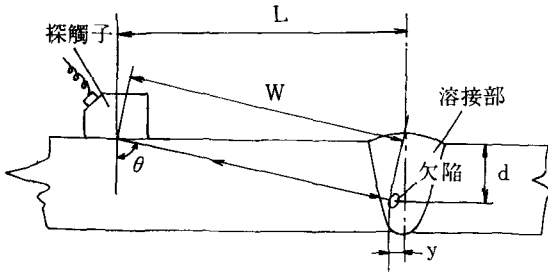
결함의 깊이위치(d) 및 결함 용접부의 幅方向位置(y)는 다음에 표시하는 (1), (2)式에서 구해진다.

$$d = W \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(1)$$

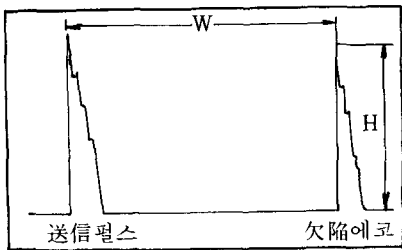
$$y = L - W \cdot \sin \theta \dots\dots\dots(2)$$

여기서 W는 超音波 探觸子-欠陥間의 비임路程에서 초음파탐상기의 브라운관 圖形의 橫軸 W'을 읽어서 알 수 있다. 또 L은 探觸子-溶

〈그림 1〉 溶接部の 超音波探傷의 原理



(a) 探觸子의 配置



(b) 超音波探傷器브라운管圓形

接部中心距離에서 計測해서 구해진다.

2. 探觸子의 超音波走査

探觸子의 超音波走査는 그림 2에서와 같이 초음파를 용접부전체에 入射시키기 위해 배관의 軸方向 前後走査와 円周方向의 左右走査를 교대로 조합시켜서 행한다. 또 방향이 다른 결함을 빠짐없이 검출하기 위해 屈折角이 다른 探觸子를 2종류 이상 병용한다든가 초음파를 배관의 軸方向(溶接線에 垂直方向)외에 配管円周方向(溶接線에 平行方向)으로도 입사시키는 등 多모드의 탐상이 필요하게 된다.

일반적으로 ISI基準에서는 3屈折角(垂直, 45°, 60°의 斜角)에 의한 軸方向, 円周方向의 탐상이 요구되고 있다.

III. 自動超音波探傷裝置

1. 裝置의 特徵

手動探傷에서 검사원이 가장 피폭에 관여되는 작업은 探觸子(Sensor)와 探傷데이터의 기록이다. 특히 多모드탐상이 요구되는 경우나 欠陥

에코가 검출되어 다수의 탐상데이터 기록이 필요로 할 때 검사원의 被曝量은 증가하게 된다. 따라서 이 장치에서는 探觸子의 走査에서 探傷데이터의 수집 및 기록의 작성까지를 자동으로 행하도록 되어 있다. 이 장치의 특징을 알아보면

① 對象配管은 $\phi 139.8\text{mm} \sim \phi 165.2\text{mm}$ 이며, 直管溶接部는 물론 曲管溶接部의 탐상도 가능하다.
② 被曝低減과 좁은 공간에서의 작업을 고려해서 小型經量으로 着脱이 단한번의 조작으로 가능하도록 되어 있다.

③ 量大 3個의 探觸子까지 설치가능하고, 3모드의 탐상을 1회의 走査로서 동시에 끝마칠 수 있다.

④ 探觸子에는 探傷用의 탐촉자 외에 接觸狀況을 확인하기 위한 振動子가 內藏되어 있으며, 探觸子의 不安定接觸을 체크할 수 있도록 되어 있다.

탐촉자의 불안정접촉은 探傷中에 부저나 램프로서 표시되며, 또 장치의 동작을 일시적으로 정지시키는 것도 가능하다. 探傷後에는 探觸子 接觸 狀況圖로 기록을 남길 수가 있다.

⑤ 探觸子의 走査는 배관의 円周方向 360° 連續走査 및 軸方向의 피치走査를 교대로 되풀이하여 미세한 결함의 검출도 가능하다.

⑥ 探傷結課는 결함에 번호를 붙여서 그 위치, 크기 등의 일람표 및 欠陥分布圖(溶接部平面分布, 斷面分布)로서 기록된다.

⑦ 探傷性能은 ASME 코드 Sec XI 등의 ISI 기준에 적합하도록 되어 있는 것 등이다.

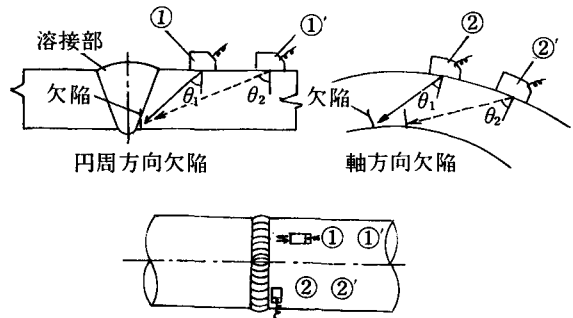
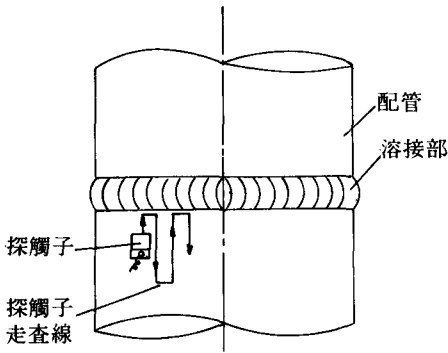
2. 裝置의 構成 및 機能

장치는 探傷部, 制御部 및 데이터蒐集部, 데이터處理部(데이터出力部 포함)로서 이루어져 있다(그림 3).

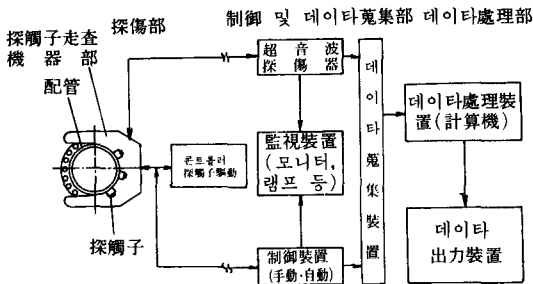
(1) 探傷部

探傷部는 高放射線下의 배관용접부에 직접 붙이는 探觸子走査機器部와 현장콘트롤러로서 된다. 探觸子走査機器部는 배관용접부에 대해서 소정의 探觸子走査를 행하는 부분으로 그림 4에

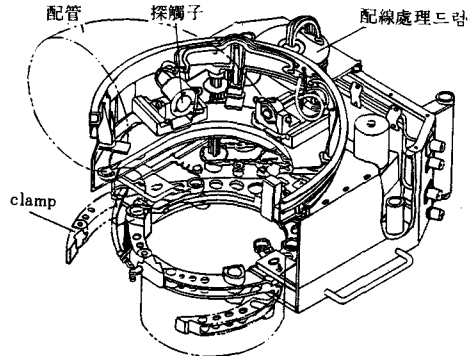
〈그림2〉 配管溶接部の 探觸子走査 및 多모드探傷



〈그림3〉 超音波探傷裝置의 構成



〈그림4〉 探觸子走査機器部의 構造



그 구조를 표시한다. 探觸子走査機器部는 探傷헤드, 驅動部 및 배관에 붙여져서 이들을 保持하는 클램프機器로서 되어있다.

探傷헤드는 배관표면의 曲面을 따라가며 垂直, 45°, 60°斜角의 3개 探觸子를 가지며, 이들은 프로그램 제어에 의해 자동적으로 배관의 둘레를 움직이며 配管軸方向으로도 이동시킬 수가 있다. 探觸子에는 探傷과 접촉상황 체크용의 振動子 2종류를 내장한 것을 사용하고 있다.

(2) 制御 및 데이터蒐集部

제어 및 데이터수집부는 낮은 放射線下에 설치되어 探觸子走査機器部를 遠隔制御하는 것 외에 탐상데이터를 수집하는 부분으로 超音波探傷器, 制御裝置, 데이터蒐集裝置 등으로 이루어져 있다. 探傷部에 대해서는 최대 100미터까지 떨어진 거리에서 遠隔制御가 가능하며, 데이터의 蒐集은 탐촉자가 円周方向 또는 軸方向

으로 1mm 이동할 때마다 探觸子位置, 欠陥에 코높이, 비입路程 및 探觸子接觸狀況에 대해서 행한다.

(3) 데이터處理部

데이터처리부는 수집된 탐상데이터를 프로그램에 따라서 처리하여 소정의 양식으로 探傷記錄을 출력하는 것으로 데이터處理裝置(計算機)와 데이터 출력장치(X-Y plotter, printer 등)로서 이루어지며, 探傷結課는 다음의 양식으로 출력된다.

- i) 欠陥一覽表(위치, 크기, 에코높이 등)
- ii) 欠陥의 平面分布圖
- iii) 欠陥의 斷面分布圖(配管徑方向斷面圖, 軸方向斷面圖)
- iv) 探觸子接觸狀況圖