

SUTARS에 의한 自動 超音波 檢査

安 熙 晟

韓國 에너지 研究所
(1982年 6月 7日 接受)

(Automated ultrasonic Inspection using SUTARS)

Hee - Sung Ann

Korea Adranced Energy Research Inztitute

(Received; June 7, 1982)

序 言

SUTARS(Search Unit Trecking and Recording System)는 手動 超音波試驗時 레이더의 記錄이 自動的으로 이루어지며 欠陷을 찾고 그 位置나 모양 등을 探知하는 펄스에코 超音波 技術과 探觸子의 探傷位置를 펄스 波로써 알아내는 두가지 技術을 複合해 놓은 裝備이다. 모든 超音波 데이터가 컴퓨터의 分析을 爲하여 記錄되므로 試驗者는 단지 SUTARS를 作動시키고 receiving array를 設置하며 探觸子를 조작하는 方法만 訓練받으면 된다. 따라서 試驗 데이터를 記錄하고 分析 하는데 必要한 時間이 절약되며 재래식 手動試驗에서 記錄되는 데이터 보다도 自動的으로 더 자세하게 記錄할 수 있다.

1. 背 景

在來式 手動 超音波試驗에서 主要한 問題는 試驗結果가 完全히 試驗者의 訓練된 技術 및 얼마나 試驗에 傾重을 기하였는가 등에 依의 左右된다. 이런 問題는 試驗者가 長時間 일을 하였을 경우 試驗 데이터의 正確性은 더 줄어들게 될 것이다. 따라서 手動 試驗을 하되 모든 데이터의 記錄 및 分析이 自動的으로 이루어지고 試驗者는 그저 試驗表面 위에서 探觸子만 走査하면 되는 어떤 裝備를 使用할 수 없을까 하여 생각해 낸 것이 SUTARS 이다. 이 裝備를 開發하면서 몇가지의 主안점이 되었던 것은 다음과 같다.

● 熔接部에 對한 探觸子의 位置, W 測定法, L 測

定法 및 探觸子 기울기 角度 등이 遠隔으로 測定되어야 할 것이며 기타 Position 데이터들이 自動으로 記錄되어야 한다.

● 各 探觸子 位置에서 얻은 欠陷 지시부 데이터들은 自動으로 記錄되어야 한다.

● Gate 範圍內 A-scan 행적들이 記錄되어야 하며 컴퓨터로 分析이 되어야 한다.

● 全 데이터들은 간편하게 magnetic tope에 記錄이 되어야 한다.

● Magnetic tape에 記錄된 모든 데이터의 컴퓨터 Printout은 手動試驗에서 얻은 데이터와 같은 정보를 提供하여야 할 것이며 더해서 다른 分析方法, 즉 C-scan plot도 可能하여야 한다.

SUTARS 시스템은 크게 두가지로 나눌수가 있는데 하나는 데이터의 收集이며 또 하나는 데이터의 分析 및 處理이다.

2. Data Acquisition Subsystem(DAS)

DAS는 超音波試驗을 遂行하고 4 track tape 로 데이터를 收集하는데 利用되는 것으로써 그림 1과 같이 4가지의 主要한 部品으로 構成된다.

● SUTARS Control 및 Display Console

SUTARS 裝備의 主要한 部品으로써 Sonic MK I 超音波裝備과 美國 Southwest 研究所가 開發한 control console 로 構成된다. Sonic MK I裝備는 몇가지를 약간 變形한 것 외에는 手動作業때 使用되는 Sonic MK I의 機能과 다를바 없다.

● 4 Track Tape Recorder

SUTARS 試驗時 얻은 全 데이터는 일단 이 recorder에 보내지며 4 track tape의 데이터는 데이터 處理中 9 track tape로 바뀌어 진다

● Receiving Array

試驗表面에 附着되는 이 receiving array는 探觸着子로부터 음향 펄스를 받아 Control unit에 探觸子の 位置들을 알리게 된다.

● Search Unit Assembly

一般 探傷用 探觸자와 음향 펄스를 發하는 assembly로 構成된다.

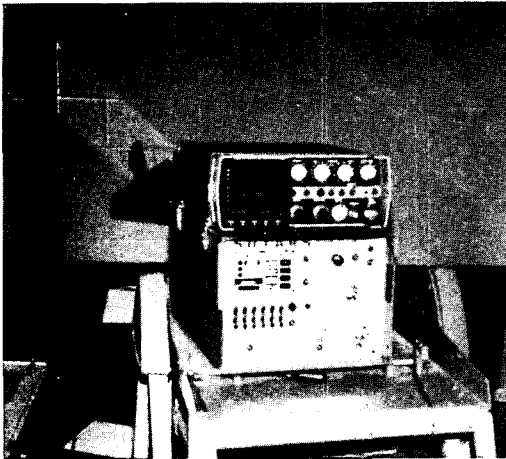


사진 1 SUTARS Control 및 Sonic MK I

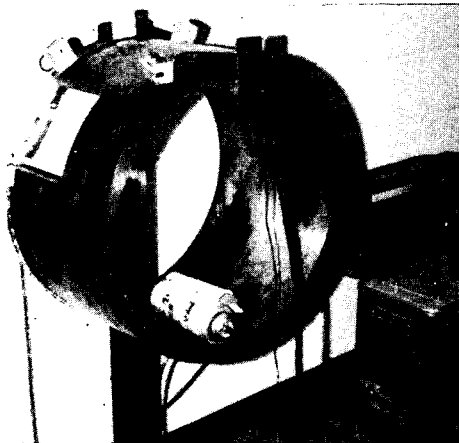


사진 2. 試驗材에 附着된 Receiving Array

3. 超音波試驗 데이터

SUTARS DAS는 超音波試驗 데이터, 探觸子の 位置 및 方向, 試驗前에 定한 試驗 parameter 등을 記錄한다. 裝備 補正 및 作動은 6個의 點으로 이어지는 DAC 曲線이 전자적으로 補償이 된다는 것을 제외하곤 從來의 方法과 같다. Time-Controlled

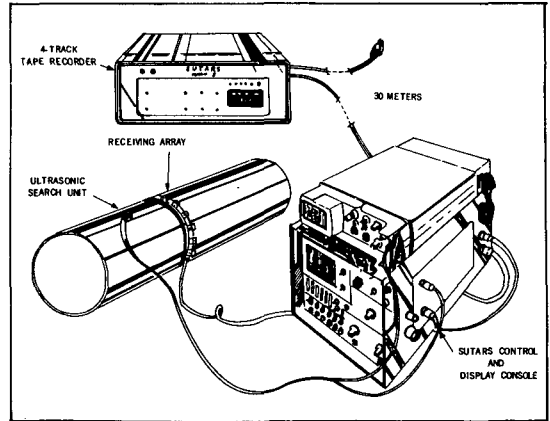


그림 1. SUTARS 裝備의 排列

Gain(TCG) 補正은 100% DAC를 나타내는 一定의 스크린 높이를 만드는데 使用된다. 裝備 補正 당시 gate와 threshold를 잡아주면 이 gate 內에 있는 지시부로서 threshold를 超過하는 지시부에 對해 control unit는 그 信號를 받아 自動的으로 記錄을 하며 또한 그때의 探觸子の 位置와 方向 등이 같이 記錄이 되어진다.

4. Search unit Tracking

보통 한 track은 6個의 sensor로 構成되며 이 receiving array가 試驗되는 表面에 附着된다. 전기적으로 發산되는 음향 펄스가 探觸子로부터 나와 sensor에 전달되는데 이 펄스가 2個의 가장 가까운 sensor에 도달하는데 까지의 걸리는 時間이 正確하게 測定되어 探觸子の 位置나 기울기 정도가 正確하게 計算된다. 따라서 control unit가 超音波 探傷器에서 나오는 信號들을 감지함과 同時에 microprocessor는 連續的으로 探觸子の 位置나 方向 등을 測定하고 있다. 그림 2가 이에 對한 圖解로써 이들 測定置들은 숫자화되어 control unit의 panel에 나열되고 이 숫자들이 또한 magnetic tape에 記錄된다. 探觸子の 位置는 超音波 信號들이 threshold level 以下 일지라도 連續的으로 測定이 되어 記錄이 된다. 이 position 데이터들은 試驗者의 要求에 따라 CRT 스크린상에 coverage plot을 만드는 microprocessor에 利用되기도 한다. 이 plot은 試驗 도중 언제든지 볼 수 있는 것으로 試驗者가 探傷한 部位를 全部 試驗하였는가 確認하는데 使用된다. 試驗者는 從來의 探傷方法대로 試驗을 遂行하면 되나 한가지 探觸자와 receiving array 사이에

음향 펄스를 방해하는 物体들이 있어서는 안된다. 探觸子 기울기 角度는 최대 $\pm 15^\circ$ 정도로 制限되어 있다.

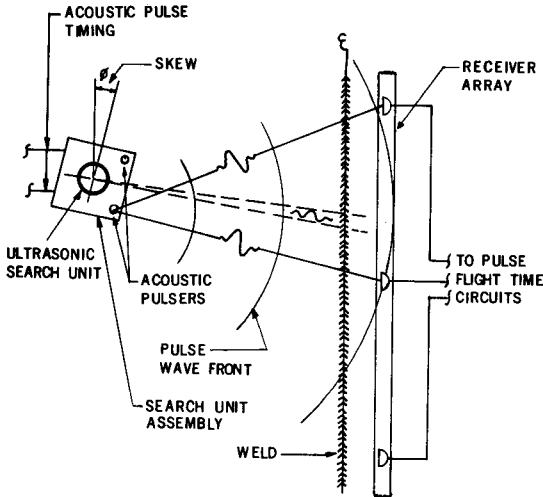


그림 2. SUTARS 探觸子 位置 測定方法

5. Recording Gate 와 Threshold

DAS의 主要한 能力은 試驗者가 선택한 metal path(gate) 領域내에 있는 모든 지시부들을 記錄할 수 있다는 것인데 必要하다면 이 gate는 全 스크린 거리로 만들 수도 있다. recording gate를 만들때 試驗者는 時間축 全 스크린 길이에서 gate 시작점과 gate 끝점을 조정하므로써 만들게 되는 것으로 試驗節次書에 따라서 metal path 領域을 잡고 있다. 따라서 이 領域내에 있는 超音波 信號들만이 SUTARS에 記錄되게 된다. SUTARS 試驗者는 또한 적절한 recording threshold를 총 진폭높이의 0~80% 까지에서 잡을 수 있다. 일단 이 threshold가 確立만 되면 어느때고 gate 領域내에 있는 이

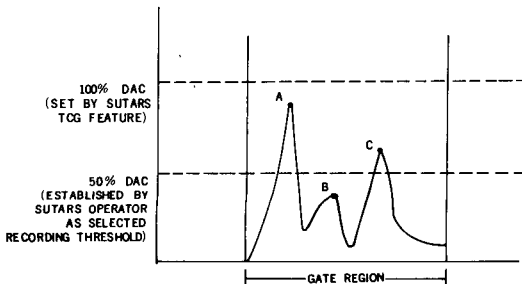


그림 3. SUTARS 記錄 레벨

level을 超過하는 信號들은 記錄이 될것이다. 多重信號들도 지시부들이 metal path의 2.5mm 정도의 사이를 두고 스크린에 나타나 준다면 別個의 지시부로 간주되어 記錄이 된다.

6. 裝備 設置

Receiving array와 探觸子 assembly들은 試驗 表面위에 排列이 되어야 하며 control console亦是 試驗者와 가까운 거리에 있어 스크린에 나타나는 지시부들을 관찰하여야 한다. 또한 週期的으로 試驗節次書에 따라 探傷表面을 제대로 探傷하였는가 確認키 爲하여 coverage plot을 점검하여야 한다. recorder 裝備는 試驗者와 같이 있어도 좋고 몇백 feet 떨어진 곳에 位置해도 관계 없다.

7. SUTARS DAS의 特徵

SUTARS DAS의 特徵은 다음과 같다.

- 探觸子의 位置와 方向이 連續的으로 記錄이 된다.
- 探觸子의 position 데이터가 지시부의 recording threshold 以下일 때는 每秒당 10count 정도 記錄되며 recording threshold 以上일 때는 每秒당 30count 정도씩 記錄된다.
- 探觸子와 receiving array 사이에 아무런 케이블 연결 등이 없으므로 探觸子 造作은 比較的 自由스럽다.
- 지시부 데이터들은 從來의 方法과 같이 스크린에 나타낼 수도 있고 自動的으로 記錄이 될 수도 있다.
- Tape recorder는 放射能이 오염되지 않은 곳에 設置할 수 있다.
- 試驗된 全 探傷部位가 記錄된다.
- 단지 한사람의 試驗者만이 必要하다.
- 試驗 도중에도 언제든지 試驗者의 要求에 따라 coverage plot을 볼 수 있다.
- Recording level 以上の 지시부가 있는 部位의 試驗에 對해 試驗者는 警告를 받을 수 있다.

8. Data Processing Subsystem

데이터 處理를 爲한 컴퓨터 software 프로그램은 data general NOVA 컴퓨터를 利用한다. 이 데이터 分析을 爲한 첫번째 단계는 magnetic tape cartridge에 있는 데이터를 9 track tape로 옮기는 것

으로써 이는 데이터의 정리와 컴퓨터에 빠른 입력을 하기 爲함이다. 그후 컴퓨터 造作者는 各 지시부의 分析을 爲한 gate와 진폭 높이를 定하게 된다(一般的으로 gate는 實際 探傷때 使用한 gate 가 되겠으나 分析을 爲한 진폭 높이는 recording threshold와 다르다. 보통 배관試驗을 爲하여 20%DAC가 recording level이 되며 100% DAC가 分析 레벨이 된다). 다음 그림 4는 데이터 處理를 爲한 과정을 나타낸다.

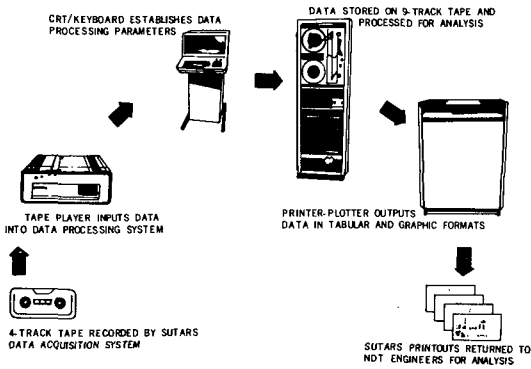


그림 4. SUTARS 데이터 處理 過程

基本的으로 데이터 處理는 6個의 sensor로 構成되는 한 sector 단위로 이루어지는데 한 sector는 各 배관의 크기에 따라 다르나 一般的으로 제 1 sensor에서 제 6 sensor까지가 600mm이고 熔接部로부터 最大 走査距離는 200mm가 된다. software는 이 sector를 많은 작은 cell(2.5×2.5mm)로 구분하여 recording threshold를 넘는 지시부를 이 작은 cell들의 集集으로 나타낸다. 그후 이 프로그램은 이 데이터들을 여러가지의 出力 plot으로 나타내고 있는데 이들中 基本的인 3가지는 다음과 같다.

- Parameter listing
- Sector organization plot
- 手動方法으로 취한 것과 同一한 超音波 데이터와 探觸子 位置

이외에 데이터의 檢査와 分析을 爲하여 다음 事項이 追加된다.

- ASME Section V에 따른 分析表(表 1 및 表 2)
- B-scan과 C-scan Plot(그림 5)
- Sector coverage plot

SITE: KAERI NDT LAB
 WELD: SRB-1
 CALIB SHEET NO: 8888888
 DATA SHEET NO: 9999999
 WALL THICKNESS: 1.0310
 UPSTREAM LOCATIONS: POSITIVE
 VALUES

EXAMINATION DATE:
 EXAMINER I.D. 9999
 ANGLE: 59
 PROCEDURE NO: 800-50/0
 AMPLITUDE LEVEL: 20.0% DAC
 DOWNSTREAM LOCATIONS: NEGATIVE
 VALUES

SECTOR * /POS	INDIC NO	XDUCER L1	XDUCER MAX.AMP.L.	XDUCER L2	XDUCER MAX.AMP.W
1 U	1	7.2	7.2	7.2	4.4
XDUCER W2	METAL PATH @W1	METAL PATH @MAX.AMP.W.	METAL PATH @W2	MAX. AMP (%DAC)	
4.4	1.80	1.70	1.80	29.2	

表 1. SUTARS 데이터 Sheet

SITE: KAERI NDT LAB
 WELD: SRB-1
 CALIB SHEET NO: 888888
 DATA SHEET NO: 999999
 WALL THICKNESS 1.0310
 UPSTREAM LOCATIONS POSITIVE

EXAMINATION DATE:
 EXAMINER1 D 9999
 ANGLE: 59
 PROCEDURE NO 800-50/0
 AMPLITUDE LEVEL 20.0% DAC
 DOWNSTREAM LOCATIONS NEGATIVE

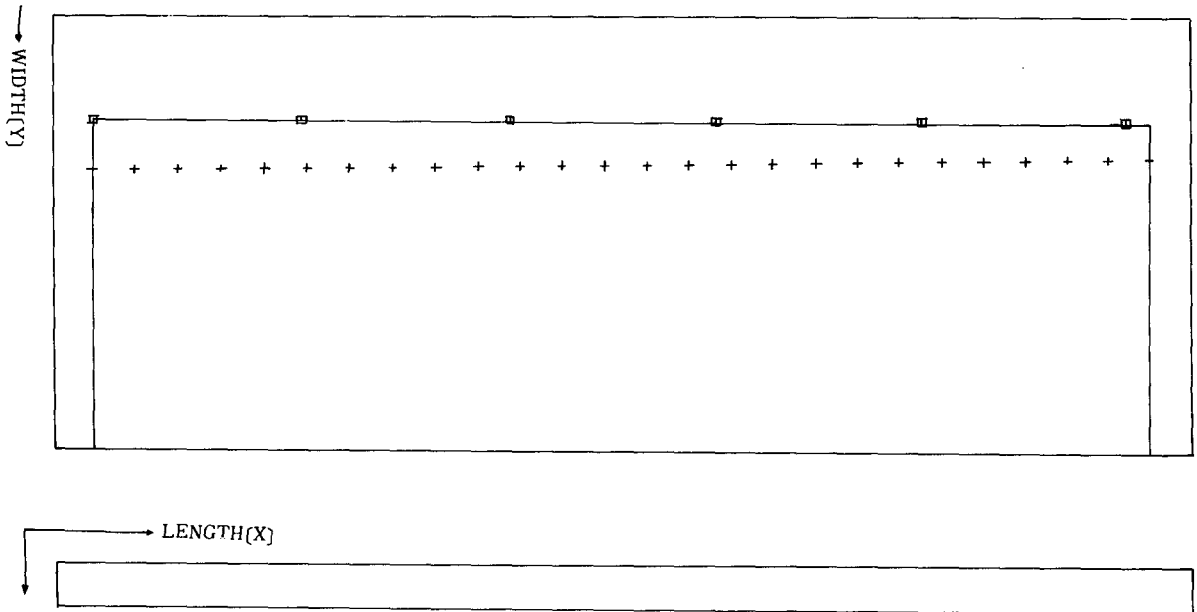
VALUES

VALUES

```

*****
*INDIC SECTOR PEAK PERCENT*          X          Y          Z          *
* NO  */POS AMPL  T W *START LENGTH MAX*START LENGTH MAX*START LEHGH MAX*
*****
* 1   1 U  29.2   19.4 * 7.13   0.10  7.13 * 2.83   0.20  2.93 * 0.90   0.20  0.80 *
*****
  
```

表 2. SUTARS의 最終 데이터 出力



SUTARS REFLECTOR MAP

PLANT SITE: KAERI NDT LAB
 WELD NO: SRB-1
 SEALE: 1:2.98
 AMPLITUDE LEVEL: 20% DAC
 SECTOR NO:

SECTOR POSITION: UPSTREAM
 FLOW DIRECTION: TOW ARDS SOUND SENSORS
 TEST DATE: ORIENTATION: 0

그림 5. SUTARS reflector map

9. SUTARS의 応用

SUTARS는 現在 手動 超音波試驗에 使用되는 것 이면 어느 試驗에도 다 使用할 수 있으나 試驗部品 들의 複雜性이나 기타 SUTARS 設計 당시 어느 設計 限界 等으로 다음과 같은 몇몇의 制限이 있다.

① 探觸子 選擇

Sonic MKI 超音波裝備에 使用되는 探觸子는 S UTARS 裝備에 다 使用될 수 있다. 그러나 음향 펄스 發生器에 利用할 수 있도록 特別한 module 이 制作되어야 한다.

② 熔接部 모양

음향 펄스 發生器를 receiving array와 같은 平面에 놓아야 한다. 그러므로 pipe-to-pipe 熔接部 와 같은 幾何學的인 모양이 단조로운 部品만이 試驗될 수 있다. Pipe-to-Nozzle 이나 Pipe-to-Fitting 과 같은 nozzle이나 fitting 쪽에 receiving array 를 設置키 어려운 熔接部들은 배관쪽에 receiving array를 設置하고 음향 펄스 發生器와 探觸子를 서로 반대로, 즉 음향 펄스는 receiving array를 向 하고 探觸子의 빔은 熔接部를 向하게 하는 特別한 module의 製作이 必要하다. 그러나 이는 지금도 開發段階에 있으며 또 한가지 方法으로 이런 熔接部들의 檢査를 爲한 software의 開發이 한창이다. Pipe-to-Pipe 熔接部와 Pipe-to-Fitting 熔接部의 檢査를 爲한 圖解는 그림 6 과 같다.

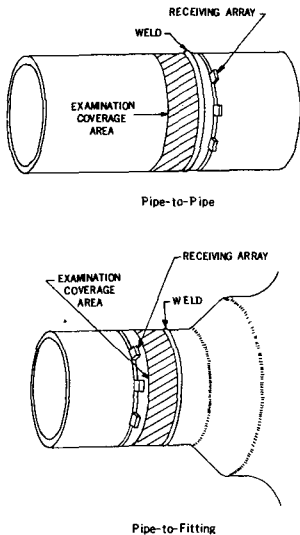


그림 6. 두 가지 形態의 熔接部 試驗에 對한 receiving array 設置.

③ Longitudinal Seam 熔接部

Longitudinal 熔接部에 對해서는 特別한 receiving array를 使用하여 試驗할 수 있다. 그러나 elbow 에 있는 longitudinal seam 熔接部에 對해선 試驗이 곤란하다.

④ Transverse 試驗

熔接部를 따라 試驗되는 transverse scan도 음향 펄스 發生器를 從前과 같이 設置하고 探觸子만을 90°나 270° 回轉시킴으로써 試驗이 可能하겠으나 이에도 特別한 module이 必要하며 Pipe-to-Fitting 檢査 때와 마찬가지로 새로운 software의 開發이 進行되고 있고 現在는 이에 對한 試驗이 亦是 制限되고 있다.

⑤ 배관 크기

Receiving array를 設置한다는 制限 때문에 공칭 배관규격 4" 以上の 배관에만 適用된다.

⑥ 遠隔 造作

DAS가 단지 試驗者 한 사람만에 依하여 試驗될 수 있다고 하나 裝備補正때 음향 펄스 發生器를 作動시킬 또 한사람의 도움이 必要하다. 試驗要員 한 사람만에 依하여 熔接部의 여러 位置에 熔接部 reference point를 잡는다는 것은 어렵다. 그래서 遠隔 start-stop 단추를 探觸子 assembly에 裝着하므로써 遠隔造作이 可能케 되었는데 이 assembly는 또한 transverse 試驗을 爲하여 改造되어 試驗者로 하여금 探觸子를 0°, 90°, 180°, 270° 等の 여러 位置로 作動시킬 수 있는 새로운 探觸子 module이 開發되고 있다.

末 言

SUTARS의 長點들中의 하나는 이 裝備의 作動을 爲하여 약간의 訓練만 받은 非破壞要員 일지라도 信賴性 있는 試驗結果를 얻을 수 있다는 것인데 超音波試驗에 對해 전혀 모르는 사람에 對해서도 一般的인 超音波 理論, 探觸子 造作法 및 DAS 作動法 等으로 단지 16時間의 訓練으로 充分히 SUTARS를 使用하여 原子力 部品들의 試驗이 可能하다. 따라서 放射能이 많은 地域의 試驗에 있어 放射能 피폭量의 限界로 試驗者를 자주 交替할 必要가 있는 部品들에 對해 Level I의 資格을 가진 要員만으로 SUTARS의 使用이 可能하다.