

《解 說》

D.G.S. 線圖의 利用方法(Ⅲ)

朴 璵 洙

유양원자공업(주)

1985年 9月 20日 接受

Utilization of D.G.S. Diagram in Ultrasonic Testing(Ⅲ)

3-3 熔接部 檢査의 利用

초음파탐상검사에서 缺陷의 크기를 정확히 測定 하는데는 많은 어려움이 있다. 여기 DGS 線圖는 이러한 어려움을 덜어 評價의 標準化를 위해 고안 된 것이다. 우리나라에서 주로 이용하고 있는 거리·진폭 교정곡선과 다른 점은 별로 없다. 단지 標準化된 거리·진폭 교정곡선이라고 생각하면 무방할 것이다.

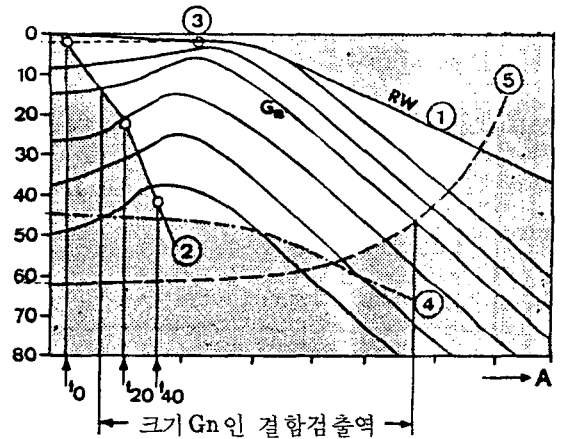
그러나 DGS선도도 사용에 앞서 사용장치나 探觸子 등과 관련하여 點檢 確認하지 않으면 안되며 特性을 정확히 알아 活用에 착오가 없도록 해야한다.

3-3-1 檢査의 準備

탐상장치의 성능을 비롯하여 탐촉자 및 피검사재의 성질을 미리 점검해 둘 필요가 있다. DGS 선도상에 이러한 점검 결과로 얻은 정보를 표시하여 DGS 線圖의 有效한 使用 範圍를 정해 두고 活用に 參考할 수 있도록 해야 한다.

1) 탐상기의 점검

DGS선도를 이용하기 위해, 탐상기, 탐촉자 및 피검사재와의 결합으로 나타나는 현상을 점검한다. 점검결과를 그림 10 과 같이 기록하여 특정 크기의 결합을 찾아낼 수 있는 범위를 알아 두어야 한다. 그림 10에서 ①, ②, ③, ④, ⑤로 둘러싸인 흰 부위의 범위가 이 장치의 조합으로 缺陷의 檢出이 가능한 領域이 된다. 크기가 Gn인 결합이 檢出될



[그림 10] 결합검출능 표시도

수 있는 範圍가 그림 10에 표시되어 있다. 여기서 ①은 後面反射 에코우 曲線, ②는 送信펄스의 影響域, ③은 계인의 餘裕值, ④는 雜音 에코우 ⑤는 減殺曲線을 나타낸 것이다. 다시말하여 이 그림은 어떤 探傷條件에서 缺陷의 크기에 따라 檢出 가능한 範圍가 각기 限定되어 있음을 보여주고 있다. 이 점은 超音波探傷檢査를 할 때 항상 유념해야 할 일이다.

장치의 점검방법은 KS-B-0817 부속서에 규정된 것을 원용하면 되므로 여기서는 생략한다.

2) 轉移損失量(ΔV_T)의 測定

피검사재의 表面狀態는 검사 결과에 많은 영향을 미치고 있다. 따라서 探傷面을 검사전에 잘 다

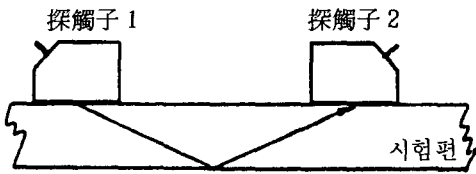
들어야 되지만 表面 거칠기나 제거할 수 없는 녹의 막 같은 것으로 인해 標準試驗片과 비교하여 초음파 에너지의 입사에 차이가 생기는 轉移損失量을 測定하여 결함의 평가에 고려해 주지 않으면 안된다. 이것은 피검사재와 표준시험편의 성질의 차이를 점검하는 것이므로 測定된 손실량(ΔV)에는 초음파가 진행하는 거리 즉 빔거리와 초음파의 감쇄에 따른 量이 포함되어 있어 이것을 감안하여 測定해야 한다. 여기서 표시의 편의를 위해 표준시험편을 하첨자 K로, 피검사재를 하첨자 P로 표시하기로 하고 다음 3가지 경우에 대해 알아본다.

가) $a_P = a_K$ 이고 $\alpha_P \approx \alpha_K$ 일 때

$$\Delta V = \Delta V_T \text{ 이므로}$$

$$\Delta V_T = V_P - V_K \dots\dots\dots (10)$$

V_P 와 V_K 는 같은 종류의 2개의 사각탐촉자를 그림 11 과 같이 시험재 위에 배치하고 계인을 조정하여 얻은 최대의 에코우 높이가 특정 기준높이 (보통 $80\% f \cdot s$) 가 되는 dB의 눈금을 읽은 것이다.



[그림 11] 探觸子の 配置

나) $a_P \neq a_K$ 이고 $\alpha_P \approx \alpha_K$ 일 때

$$\Delta V = \Delta V_D + \Delta V_T \text{ 이므로}$$

$$\Delta V_T = \Delta V - \Delta V_D \dots\dots\dots (11)$$

따라서 ΔV_T 는 測定值 ΔV 에서 D.G.S 선도에 서 구한 ΔV_D 를 빼줌으로써 정해진다.

다) $a_P \neq a_K$ 이고 $\alpha_P \neq \alpha_K$ 일 때

$$\Delta V = \Delta V_D + \Delta V_A + \Delta V_T \text{ 이므로}$$

$$\Delta V_T = \Delta V - \Delta V_D - \Delta V_A \dots\dots\dots (12)$$

$$\Delta V_A = 2(\alpha_P \cdot a_P - \alpha_K \cdot a_K)$$

예를 들어 주파수가 4 MHz이고, 굴절각이 70°

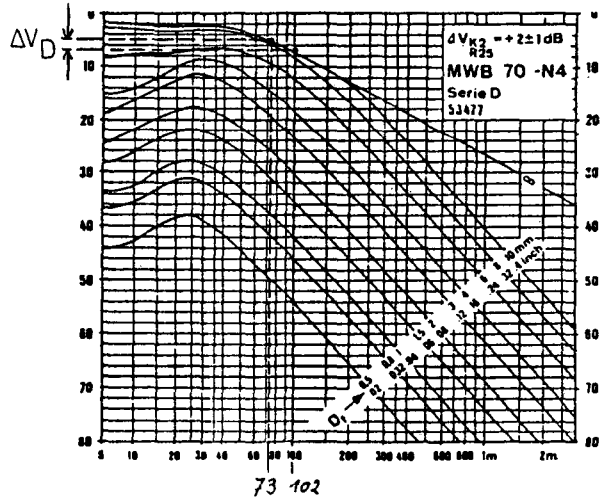
인 사각탐촉자를 사용하여 두께 d_K 가 25 mm 이고 감쇄계수 α_K 가 0.02 dB/mm인 표준시험편과 두께 d_P 가 35 mm이고 감쇄계수 α_P 가 0.06 dB/mm 인 피검사재에 대한 轉移損失을 구하기 위해 測定한 값이

표준시험편, $a_K = 73 \text{ mm}$, $V_K = 12 \text{ dB}$ 이고

피검사재, $a_P = 102 \text{ mm}$, $V_P = 28 \text{ dB}$ 일 때

ΔV_T 를 구해보자.

먼저 그림 12에서 ΔV_D 를 구한다. 횡축에서 $a_K = 73 \text{ mm}$ 와 $a_P = 102 \text{ mm}$ 를 찾아 무한 평면선인 ∞ 선과 만나는 점의 V값을 읽어 그 차이를 구하면 ΔV_D 가 얻어진다.



[그림 12] D.G.S 線圖 (4)

$\Delta V_D = 2 \text{ dB}$ 이다.

다음으로 주어진 감쇄계수 α_K 및 α_P 와 측정 한 빔거리 a_K 및 a_P 를 이용하여 ΔV_A 를 계산한다.

$$\begin{aligned} \Delta V_A &= 2 \cdot (0.06 \text{ dB/mm} \cdot 102 \text{ mm} - 0.02 \text{ dB/mm} \cdot \\ &\quad 73 \text{ mm}) \\ &= 2 \cdot (6.12 \text{ dB} - 1.46 \text{ dB}) \\ &= 9.32 \text{ dB} \\ &\approx 9 \text{ dB} \end{aligned}$$

그러므로

$$\Delta V_T = \Delta V - \Delta V_D - \Delta V_A$$

$$= (28\text{dB} - 12\text{dB}) - 2\text{dB} - 9\text{dB}$$

$$= 5\text{dB}$$

이다.

3) 減殺係數 (α_s)의 測定

앞에서 測定한 轉移損失値는 두 가지의 다른 시험체의 表面狀態 차이로 인한 값인데 반하여 減殺係數는 재료자신의 組織上 特性에 의해 定해지는 값이므로 같은 시험편에서 빔거리의 변화로 생기는 dB값의 差 이상으로 발생하는 dB값의 差를 單位 길이당의 값으로 구한 것이다. 따라서 그림 13과 그림 14와 같이 사각탐촉자를 시험편 위에 배치하고 수신한 最大 에코우의 높이를 특정기준 높이 (보통 40% f·s)로 게인을 조정하였을 때의 dB값 V_1 과 V_2 를 구하면 ΔV_A 를 얻을 수 있고, $2 \cdot \Delta a$ 로 나누어 α_s 가 결정된다.

즉 $\Delta V = V_2 - V_1$

$$\Delta V = \Delta V_D + \Delta V_A$$

그러므로

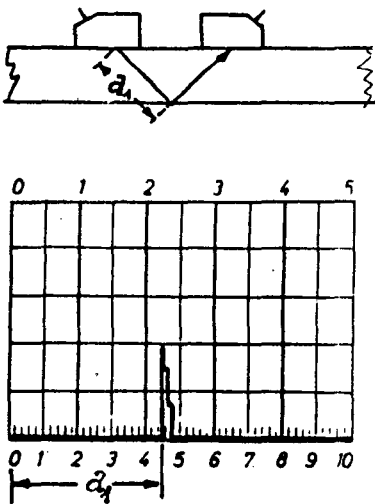
$$\Delta V_A = \Delta V - \Delta V_D$$

그리고

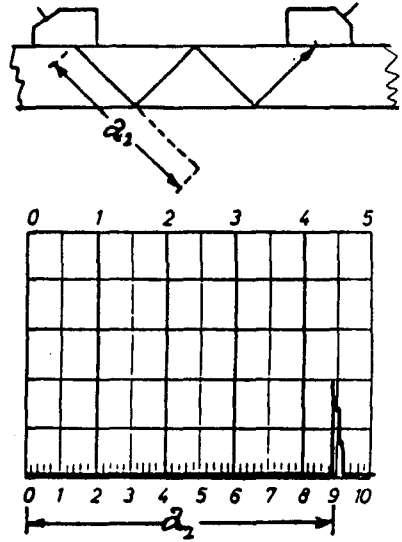
$$\Delta a = a_2 - a_1$$

따라서

$$\alpha_s = \frac{\Delta V_A}{2 \cdot \Delta a} \dots\dots\dots (13)$$



[그림 13] V_1 의 測定



[그림 14] V_2 의 測定

3-3-2 熔接部の 檢査

檢査에 사용할 탐촉자, 장치 및 피검사재의 點檢이 끝나면 탐상 작업에 들어가게 된다. 작업순서를 간략히 설명하면 다음과 같다.

1) 대비 기준의 설정

용접부를 사각탐상할 경우, STB-A₁ 표준시험편의 반경 100 mm의 4분면을 대비기준으로 정할 때가 많다. 이 때에는 4분면에서 얻은 에코우의 높이를 기준높이 (보통 40% f·s)에 맞추고 게인의 dB 눈금을 읽어 V값으로 한다. 만약 거리 50 mm에 있는 직경 2 mm인 평저공을 대비기준으로 정했다면 평저공에서 얻은 에코우의 높이를 기준 높이에 맞추고 게인의 dB 눈금을 V값으로 하게 된다. 물론 a_0 는 각각 100 mm와 50 mm가 된다. D.G.S 선도를 이용할 때 전자를 대비기준으로 정할 때가 많다.

2) ΔV_T 의 조정

표준시험편과 피검사재 사이의 ΔV_T 를 측정하였으므로 이것을 대비기준값에 반영시킨다. 앞에서 정한 V값에 ΔV_T 를 더하여 V_0 라 한다. V_0 는 피검사재와 표면상태가 같은 표준시험편에서 기준 높이의 에코우를 얻을 수 있는 게인의 dB 눈금이 된다.

3) 대비점의 표시

D.G.S선도상에 대비 기준이 되는 빔거리 a_0 에 해당하는 대비점을 정하고 p_0 로 표시한다. 반경 100 mm인 4분면을 반사원으로 했을 경우, p_0 는 빔거리 100 mm와 후면반사 에코우 곡선 ∞ 의 교점이 되고, 거리 50 mm의 직경 2 mm인 평저공을 대비기준으로 했을 경우, p_0 는 빔거리 50 mm와 직경 2 mm인 곡선의 교점이 된다. p_0 는 결함의 크기 산출의 比較 基準點이므로 정한 위치를 임의로 바꾸어서는 안된다.

4) 探傷感度の 設定

반경 100 mm인 4분면을 대비기준으로 하여 정한 V_0 점에 장치를 조정해 놓고 탐상한다면 작은 결함은 검출되지 않게 된다. D.G.S선도상의 기준점 P_0 에서, 검사해야 할 최대거리에 있는 검출해야 할 최소 결함의 직경 D_f 선까지의 dB 차를 구해 V_0 에 이것을 더한 값을 탐상감도로 정한다. 이렇게 하면 탐상할 준비가 모두 끝난다.

5) 熔接 缺陷의 檢出

熔接部를 탐상하여 빔거리 a_1 에 결함이 발견되었다면, 이 결함 에코우 높이를 기준높이로 맞추고 계인의 dB 눈금을 읽어 V_1 으로 한다.

6) P_1 점의 결정

V_1 에서 V_0 를 빼, ΔV 를 구한 다음 P_0 점으로부터 ΔV 만큼 옮기게 되면 P_1 점이 된다.

7) D_f 의 결정

P_1 점의 횡축과 a_1 이 만나는 점에서 D_f 를 구한다. 피검사체에서 초음파의 감쇄가 있으면 감쇄 곡선이나 계산식을 이용하여 ΔV_A 를 구한다. 이것을 고려하여 D.G.S선도에서 D_f 를 정정하면 검출한 결함의 크기 계산은 끝난다.

4. 맺는말

결함의 실태를 정확히 파악하는 것은 비파괴 검사에 부과된 영구적인 과제이다. 그러나 현재 실용되고 있는 비파괴 시험법은 그 原理, 檢査對象物, 實用性, 經濟性 등에서 限界가 있으며 그 限界의 실상을 깊이 인식하는 것이 올바른 검사를 실시하

기 위한 첫 걸음이라고 믿는다.

물론 현상의 한계를 타파하도록 노력하는 것은 검사에 종사하는 자들의 공통적인 사명이며, 각 비파괴 시험의 능력의 한계를 알아 잘못을 저지르지 않도록 주의하지 않으면 안된다.

초음파 탐상에서 결함의 크기가 초음파의 퍼짐에 비해 비교적 작을 경우 앞에서 설명한 바와 같이 결함 에코우의 높이를 이용한 D.G.S선도법을 사용하여 결함의 면적을 추정하게 된다. 그러나 탐촉자가 수신할 결함 반사파의 강도에 영향을 주는 요인이 상당히 많아 결함의 실면적과 D.G.S선도상에서 추정한 결함면적 사이에는 큰 차이가 있을 경우도 있다. 따라서 D.G.S선도를 사용할 때는 그런 점이 있다는 것을 인식하여야 하며 이러한 문제점을 줄이기 위하여 시험주파수를 가능한 한 낮게 정하고 원거리 음장을 이용하며 여러 방향에서 여러 굴절각으로 탐상하는 것을 잊어서는 안된다.

결함의 크기가 초음파의 퍼짐보다 클 경우에는 원리적으로 D.G.S선도의 사용이 불가능하다. 그러므로 탐촉자를 탐상면에서 이동하면서 결함으로부터 반사되는 파의 변화상태와 탐촉자의 이동거리로 결함의 크기를 측정하는 방법이 쓰인다. 따라서 초음파탐상검사를 현장에서 수행할 때는 두 가지 평가법을 같이 적용하게 된다. D.G.S 선도를 모든 결함의 크기를 평가할 수 있다고 생각해서는 안된다.

D.G.S선도는 결함크기를 등가 圓形平面 缺陷의 직경으로 定量化한 방법이므로 이 선도를 올바르게 이용하고자 하는 노력은 초음파 탐상원리를 정확히 이해하는데 큰 도움을 줄 것으로 믿는다. 한정된 지면이기 때문에 구체적인 예를 충분히 들지 못했다. BS 3923 part 1의 「용접부 초음파 시험법」에 상세한 적용예가 있다. 참고하기 바란다.