

초음파 펄스 에코 패턴으로 용접 결함 식별 방법 연구

김원중^{1*}

¹한국폴리텍Ⅷ대학 창원캠퍼스 컴퓨터응용기계설계학과

Study of the Weld Defects Identification Method by Ultrasonic Pulse Echo Patterns

Won-Jung Kim^{1*}

¹Dept of Computer aided mechanical design, ChangWon Campus, KOPOVII.

요 약 본 연구에서는 초음파 탐상시험의 펄스 반사법으로 각각 용접결함에 따른 초음파 펄스파형모형을 연구하였다. 균열은 예리하고 선명한 신호들을 발생한다. 탐촉자를 결함주위로 이동하면 에코높이는 변한다. 긴 균열에서는 탐촉자가 결함 주위를 원형으로 목돌림주사법을 사용하여 탐상하면 에코높이는 급격히 감소한다. 그 에코 봉우리는 바늘과 같이 얇고 날카롭다. 기공은 단일 결함으로부터 발생하는 에코는 예리하고 선명하다 하지만 집단의 기공들은 다수의 반사들이 중첩되고 트레이스가 들쭉날쭉한 에코가 발생한다. 슬래그 개재물은 크랙과 슬래그 결함위치에서 각각 목돌림 주사법을 사용하여 탐상하면 그 에코형상은 어느 정도 차이를 볼 수 있었다. crack은 그 에코높이가 급격히 변하는 반면에 슬래그 개재물은 증가→감소→증가→감소된다. 또한 다수 밀집된 기공의 위치에서 결함은 대표적 에코형상과 같은 잡다한 에코형상은 슬래그에서는 볼 수 없었다. 용입불량은 결함의 에코형상은 크랙과 같이 날카롭고 예리하게 나타났고, crack과 비슷한 에코형상은 갖고 있었다.

Abstract This study examined the ultrasonic pulse reflection method(UPRM) for testing each ultrasonic pulse waveform model(UPWM) based on weld defects. The sharp crack of a clear signal was generated. The echo height of the defective probes changed according to the location. In a long crack in a circle around the defective probes, the Swivel scanning echo height when using the particle was reduced drastically. The peaks in the echowere thin because the needle was pointed. The porosity defects arising from a single echo was sharp and crisp, but anumber of pores of the collective reflection overlapped and ajagged echo was observed. Slag, slag inclusions, cracks, and defects at the Swivel scan of each particle using the echo shape showed difference in the degree. Cracks were revealed assudden changes in the echo height of the slag inclusions: increase → decrease →ncrease → decrease. In addition, the location of a number of defects in the dense pore geometry, such as a typical echo sundry, revealed the shape in the slag. Poor penetration of the defect echo, revealed the cracks to have a sharp-edged, crack-like shape with anecho.

Key Words : ultrasonic pulse reflection method(UPRM), ultrasonic pulse waveform model(UPWM)

1. 서론

1.1 설계 이론

고도의 공학적 응용이 이루어지는 현대 첨단기술시대

에서 이들 재료와 구조물의 결함이 기계의 부품 사용에 있어 자주 검사되고 있다. 이런 평가는 결함 형상의 정보(위치, 형태, 모양, 크기 그리고 방향)를 요구하고 있다. 초음파 비파괴 검사(Ultrasonic nondestructive evaluation: NDE)방법은 이런 정보를 제공하는데 쓰이는 일반적인

*Corresponding Author : Won-Jung Kim(KOPOVII)

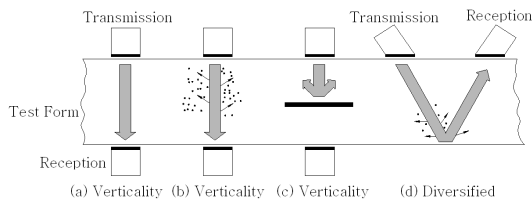
Tel: +82-19-610-2551 email: wjkim@kopo.ac.kr

Received November 13, 2013 Revised December 3, 2013 Accepted December 5, 2013

방법 중 하나의 기술이다[1]. 하지만 방사선 투과검사는 고가의 검사장비, 장시간의 검사시간 소요, 심야검사, 다량의 검사 소모소재 소요, 다수의 검사기술자 필요 등으로 인해 검사 원가가 높고 인체에 유해하기 때문에 점진적으로 초음파검사의 활용도가 높아지고 있는 추세이다 [2]. 이에 본 연구는 초음파 비파괴 검사를 이용하여 금속의 용접부 또는 압연과정에서 생기는 재료 내부의 여러 형태의 결함을 검출 할 때 나타나는 결함의 초음파 펄스 파형의 형태를 Sonaspection International Standard Sample [미국 휴스턴의 Sonaspection사]의 용접결함(slag 介在, 용입 불량, Crack, Porosity) 시험편을 이용하여 초음파 펄스파형 식별 모형분석을 제시하고 실제 용접부의 결함의 초음파 펄스파형을 비교 검사하여 차후 새로운 검사품의 초음파 비파괴 검사를 할 때 결함을 빠르고 쉽게 검출할 수 있는 용접결함에 따른 종류별 초음파 펄스 파형의 모형을 제시하고자 한다.

1.1.1 초음파 탐사시험의 개요

초음파는 귀로 들을 수 있는 음파(주파수 20Hz~20kHz)보다 높은 주파수 성분을 말한다. 초음파 탐상시험은 탐촉자로부터 보통 1~10MHz의 초음파펄스를 시험체에 입사시켜 내부에 결함이 있으면 그곳에서 입사 초음파의 일부가 반사되어 탐촉자에 수신되는 현상을 이용하여 결함의 존재 위치와 크기등을 비파괴적으로 조사하는 내부결함 검출방법이다.



[Fig. 1] The principle of ultrasonic testing

1.1.2 초음파 탐상시험법

초음파 탐상법은 여러 방법들이 있으나 현재 가장 널리 사용되고 있는 초음파 탐상시험법은 펄스반사법(pulse echo technique)이다. 그러나 연속적파(continuous wave methods)를 이용한 검사방법도 제한적으로 쓰이고 있다[3].

2. 실험장치 및 방법

2.1 초음파 탐상기 실험장치

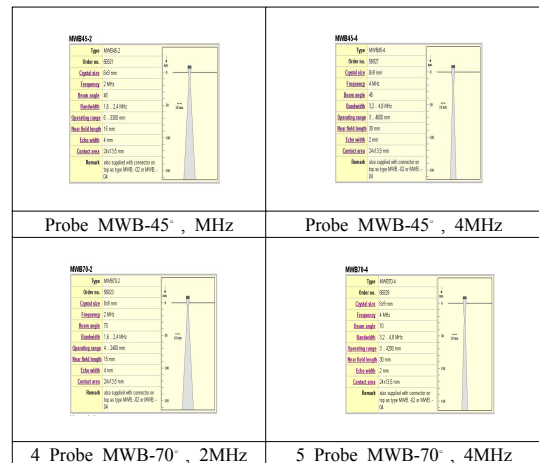
본 연구에 사용한 탐상기는 세미디지털초음파탐상기(KrautKraumer, USK 7K)을 Fig. 2와 같이 사용하였다.



[Fig. 2] Ultrasonic flow detector

2.1.1 탐촉자(Probe)

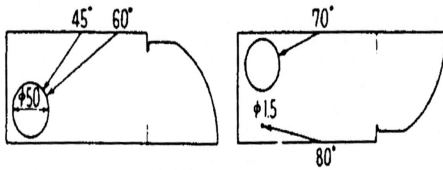
본 연구에서 사용한 탐촉자는 KrautKraumer사의 MWB 시리즈로 다음과 같다. MWB45°, 2MHz, MWB45°, 4MHz, MWB70°, 2MHz 와 MWB70°, 4MHz의 4가지 탐촉자를 사용하였으며 그 사양(Specification)은 Fig. 3과 같다.



[Fig. 3] Form of ultrasonic vibration

2.1.2 초음파 탐상기 실험방법

탐촉자(probe)의 입사점 측정은 STB-A1을 사용하여 R100 면을 사용하여 R100의 중심을 나타내는 슬릿(Slit)의 에코가 최대가 되는 탐촉자의 위치를 구하여 이에 대응하는 탐촉자의 눈금을 구하여 입사점을 측정하였고, 측정범위의 조정은 입사점의 측정방법과 같은 방법으로 구하였으며, 굴절각의 측정은 STB-A1의 ϕ 50mm, ϕ 1.5mm를 사용하여 Fig. 6에 나타난 위치에 탐촉자를 놓고, 횡 구멍으로부터의 에코높이가 최대가 되는 탐촉자의 위치를 구하고, 그 때의 입사점 눈금에 대응하는 시험의 각도눈금을 Fig. 4와 같이 0.5°단위로 읽었다.



[Fig. 4] Measurements of Refraction angle (STB-A1)

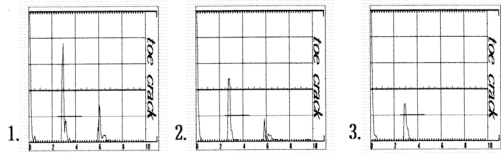
3. 실험결과

3.1 Crack

3.1.1 Toe Crack

1) 표면 용접비드면

[조건: Beam angle 70° dB 40]



[Fig. 5] Toe crack Ultrasonic test shape(Refraction angle 70°, Surface Bead)

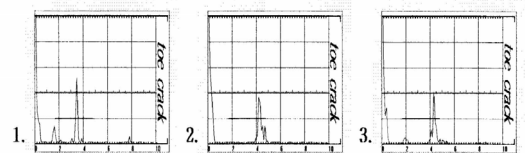
[Table 1] Toe crack Ultrasonic test Data(Refraction angle 70°, Surface Bead)

Defect No. List(mm)	1	2	3
L ₁	15	19	16
L ₂	35	20	18
RPD	43.9	41.6	43.5
Depth	0.3	0.5	0.2
Skip	2	1	2

지그재그 주사법을 이용하여 결함을 찾았고, 결함의 에코형상은 대체로 잡다한 에코 없이 에코 높이는 큰 단일 에코가 형성되며 결함번호 1→2이동시 용접비드와 평행방향으로 결함의 거리는 15mm로 결함깊이는 0.3mm와 0.5mm로 표면에 위치하고 그 에코형상은 결함 단면 직각방향으로 이동해도 에코의 진폭은 변화하여도 단일 에코는 사라지지 않고 계속 존재하고 마찬가지로 결함번호 2→3 역시 결함 깊이는 0.5mm와 0.2mm로 1→2와 같은 현상이 일어난다. 또한 RPD 값은 보면 그 오차가 대동소이하게 변화하고 직선상으로써 Depth값으로 알 수 있듯이 표면의 용접비드 가장자리에 위치함을 알 수 있었다. Skip은 1~2에서 최대 에코위치가 탐측된다. 결함은 길이

가 대략 7mm이고 깊이가 0.2~0.5사이에 존재함을 시험 결과로 알 수 있었다.

[조건: Beam angle 45° dB 40]



[Fig. 6] Toe crack Ultrasonic test shape(Refraction angle 45°, Surface Bead)

[Table 2] Toe crack Ultrasonic test Data(Refraction angle 45°, Surface Bead)

Defect No. List(mm)	1	2	3
L ₁	8	6	9
L ₂	5	28	46
RPD	46.6	48.1	47.1
Depth	1.4	0.8	0.9
Skip	5	6	5

결함의 에코형상은 70°보다는 대체로 잡다한 에코형상을 볼 수 있고 toe crack은 탐상면에 수직인 용접결합에서 그 반사지향성이 70°보다 좋지 않기 때문이라고 볼 수 있다. 또한 결함 탐측을 위한 skip수를 비교해 보면 70°보다 많은 skip수를 확인할 수 있고 이것은 빔거리의 70°보다 짧고 탐상 범위가 작기 때문이고 이로 인해 최대 결함에코를 탐상하는데 많은 skip수가 필요하고 또한 초음파 빔의 감쇠가 확연히 차이가 난다.

2) 표면 용접비드면

[조건: Beam angle 70° dB 40]



[Fig. 7] Toe crack Ultrasonic test shape(Refraction angle 70°, Back Bead)

[Table 3] Toe crack Ultrasonic test Data (Refraction angle 70°, Back Bead)

Defect No. List(mm)	1	2	3
L ₁	37	34	36
L ₂	17	21	35
RPD	23.2	23.2	23.7
Depth	7.2	4.1	7.1
Skip	1	1	1

결함의 에코형상은 앞면의 결함형상과 같다. 결함 번호 1번의 거리 L₁=37mm이고 결함 번호 3번은 L₁=36mm이다. 그 결함 깊이는 7.2mm와 7.1mm에서 최대 에코가 형성된다. 결함번호 2번은 L₁=27mm이고 깊이는 4.1mm에서 최대 에코가 형성된다.

[조건: Beam angle 45° dB 40]



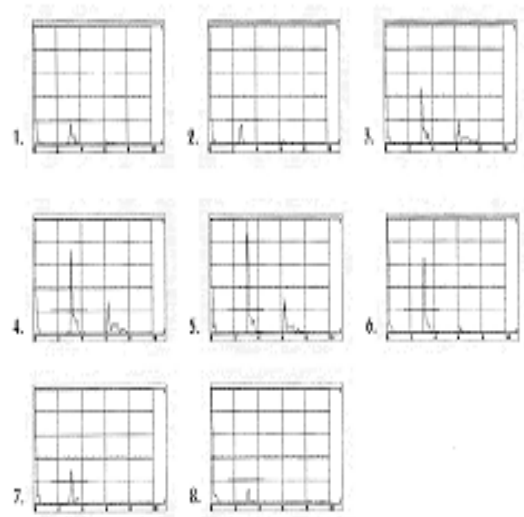
[Fig. 8] Toe crack Ultrasonic test shape(Refraction angle 70°, Back Bead)

[Table 4] Toe Crack Ultrasonic test Data(Refraction angle 45°, Back Bead)

Defect No. List(mm)	1	2	3
L ₁	37	33	35
L ₂	14	27	40
RPD	19.8	22.6	21.1
Depth	8.2	5.5	6.9
Skip	3	3	3

3) Toe crack 분석

Toe crack은 첫째 에코의 형상이 대체적으로 잡다한 에코 형상없이 단일 에코가 형성되고 용접비드에 평행한 방향으로 이동해도 그 결함의 에코의 진폭은 변화가 일어난다 하더라도 사라지지 않고 계속 유지된다. 결함의 깊이는 용접비드의 toe 근처 표면에서 결함이 탐측되어 지고 탐상된 결함을 목돌림주사법을 이용하여 탐상하면 큰 단일에코의 형상이 점점 생성되었다가 소멸된다. 다음 그림은 이런 현상을 각 목돌림주사마다 잡은 에코의 형상이다.



[Fig. 9] Toe crack Ultrasonic test shape(Swivel scanning)

4. 결론

긴 균열에서는 탐촉자가 결함 주위를 원형으로 목돌림 주사법을 사용하여 탐상하면 에코높이는 급격히 감소한다. 그 에코 봉우리는 바늘과 같이 얇고 날카롭다. 토우크랙은 백비드에 위치하고 탐촉자 굴절각 45°는 70°보다 잡다한 에코형상이 나타나며 이것은 굴절각 45°의 빔거리가 굴절각 70°빔거리 보다 적기 때문에 결함 탐상에 많은 skip수가 필요하게 되고 이로 인해 감쇠와 반사지향성이 떨어지기 때문이다. crack은 그 에코높이가 급격히 변하는 반면에 슬래그 개재물은 증가→감소→증가→감소된다.

References

- [1] S. J. Song "New Approaches to Ultrasonic Classification and Sizing of Flaws in Weldments", Journal of KWS, Vol.13, No.4, Dec, 1995.
- [2] Jeon, Jin-Hong. Song, Sung-Jin. Kim, Hak-Joon. Kim, In-Chul. Yoo, Ji-Chang. Jung, Jung-Yong. "Burning Rate Measurement of Solid Propellant Using Ultrasonic Pulse-Echo Technique and Initial Experimental Setup", KSNT, P. 114-121, Autumn Seminar, 2005.
- [3] .Ki-Bok Km, Bonngyoung Ahn, Yong-Gil Kim, Jeong-Soo Ha "Study on Ultrasonic Transducer for Non-Destructive Evaluation of Highly Attenuative Material using PMN-PT Single Crystal" Journal of KSNT. Vol.27, No.4, 2007.

김 원 중(Won-Jung Kim)

[정회원]



- 1981년 5월 ~ 1990년 8월 : 대우그룹조선코람 기본설계부근무
- 1990년 9월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 기계설계학과 근무중
- 1998년 5월 : 기계제작기술사
- 1999년 9월 : 금형기술사

<관심분야>

기계, 금형설계가공 및 제작