

음향이방성을 고려한 티타늄 초음파거리진폭특성곡선 Titanium Ultrasonic Distance Amplitude Characteristics Curve Considering Acoustical Anisotropy

*박희동¹, #윤인식², 윤근위³, 이원⁴

*H. D. Park¹, #I. S. Yun(isyun@kinst.ac.kr)², G. W. Yin³, W. Yi⁴

¹ 한국건설자재시험연구원, ² 경기공업대학 메카트로닉스과, ³ 숭실대학교 기계공학과, ⁴ 숭실대학교 기계공학과

Key words : TDACC, Acoustical Anisotropy, Ultrasonic energy, Time axis

1. 서론

티타늄은 비강도가 높고, 내식성이 우수하여 항공, 우주, 화학 플랜트, 열교환기 등에 사용되는 중요한 소재이다. 이와 같이 구조적으로 중요한 곳에 사용되기 때문에 용접부에 대한 건전성 평가는 중요하다. 티타늄은 용접부의 특성상 용접 시, 산소, 질소, 수소와의 친화력이 강하다는 점[1] 등으로 인해 용접 금속 내부에 발생하는 결함이 큰 문제로 지적된다.

본 연구에서는 티타늄 내부에 있는 결함을 정확하게 탐상하기 위하여 초음파 전파 특성이 압연방향(길이)과 압연직각방향(폭)에 따라 차이 나는 것을 고려하여 티타늄 용접부의 거리진폭특성곡선(TDACC)을 구축하였고, 이를 이용하여 결함의 위치를 확인하고자 하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 주요 기기로는 초음파 신호를 송수신하는 초음파 탐상기(SONTEST SITESCAN 140), 결함 신호를 수신하는 횡파 사각 탐촉자(U-PRO사의 주파수 4MHz, 굴절각 : 70°, 진동자 크기: 8×9mm), 접촉매질(글리세린) 등이며, 실험에 있어서는 사각 탐촉자의 굴절각, 주파수, 시험편의 두께와 성질 등의 상관관계에 의하여 초음파 탐상기의 CRT상의 화면상에 나타나는 결함 신호의 특성을 파악하고자 하였다.

사각 탐촉자를 이용한 초음파결함탐상 시 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 탐상하고자 하는 대상체의 크기 및 재질에 부합되는 기준설정이다. 본 연구에서는 순 티타늄 Grade 2의 용접시험편과 동일한 대비시험편을 Fig.1, Fig.2와 같이 제작하여 초음파탐상에 필요한 기준을 설정하여 결함탐상의 기준이 되는 티타늄 TDACC를 작도하였다. 작성방법은 KS B 0896[2,3]에 따라 일반 DACC와 동일하며, 티타늄 판재 압연방향 기준설정 조건은 굴절각 63.5°, 음속 2 960 m/s를 기준으로 티타늄 TDACC를 Fig.3과 같이 작도하였고, 압연직각방향 기준설정 조건은 굴절각 70.6°, 음속 3 213 m/s를 기준으로 티타늄 TDACC를 Fig.4와 같이 작도하여 결함검출의 기준으로 설정하였다.

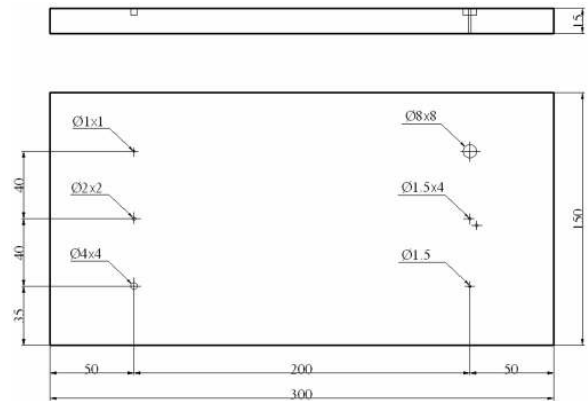


Fig. 2 Ti-STB-A2 reference block

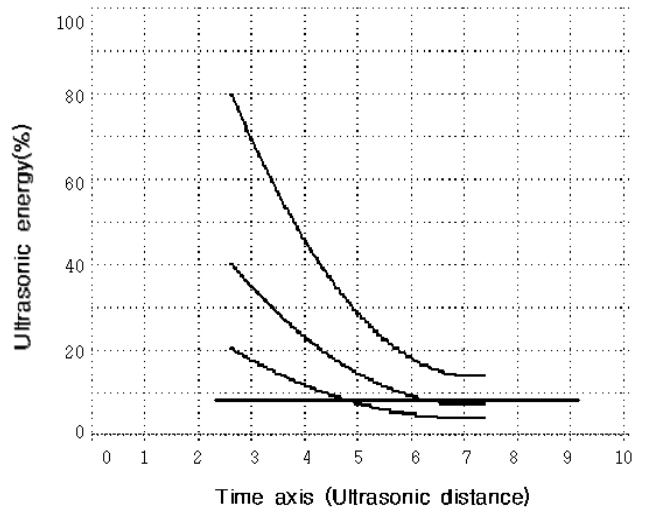


Fig. 3 Rolling direction TDACC

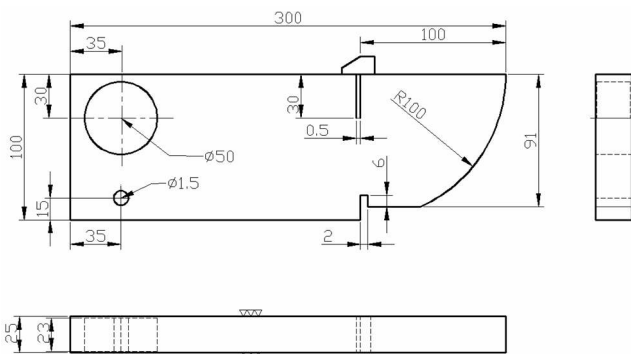


Fig. 1 Ti-STB-A1 reference block

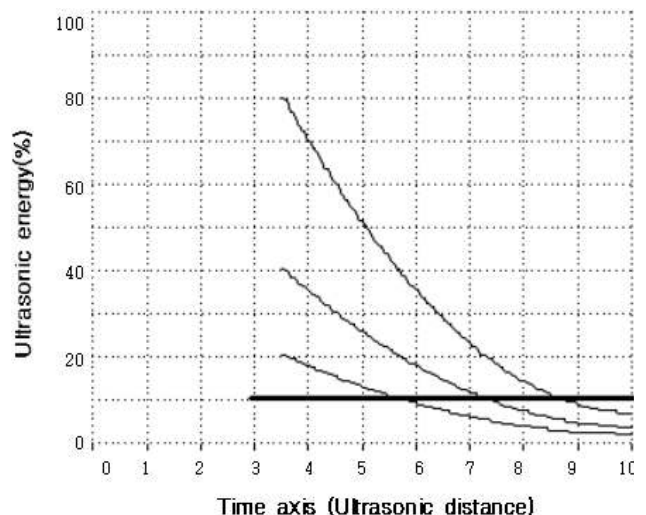


Fig. 4 Transverse rolling TDACC

본 연구에 사용된 티타늄은 일반적으로 많이 사용되는 순티타늄 Grade 2를 선정하였으며 기계적 성질은 Table 1과 같고, 화학성분은 Table 2와 같다.

Table 1 Mechanical Properties

Item	Minimum values	Typical values
Tensile strength (MPa)	345	485
Yield strength (MPa)	275	350 ~ 450
Elongation in 50mm,A5 (%)	20	28%
Reduction area(%)	30	55
hardness(HV)	-	160 ~ 200
charpy v-notch impact(J)	-	40 ~ 82

Table 2 Chemical compositions(wt.%)

H	O	N	Fe	Ti
0.013	0.20	0.05	0.25	Re

3. 결과 및 고찰

강재 용접에서 압연방향 간을 맞대어 용접하는 것을 권장하고 있으나 티타늄 판재를 용접할 때 압연방향을 고려하여 용접하지 않는 것이 현실이다. 이는 티타늄이 일반 탄소강재에 비하여 단가가 높기 때문에 소재의 스크랩손실을 줄일 목적으로 선택되는 용접의 형태이다. 따라서 초음파로 티타늄 판재에 대하여 결함을 탐상하기 전 최우선적으로 확인 할 것은 탐상하고자하는 검사체가 용접비드를 중심으로 압연방향으로 용접되었는지 압연직각방향으로 용접되었는지를 횡파 사각 탐촉자(U-PRO사의 주파수 4MHz, 굴절각 : 70°, 진동자 크기: 8×9mm) 두개를 사용하여 1.0skip의 V투과 법으로 압연방향을 확인 후 결함을 탐상하여야 결함의 크기와 위치를 신뢰성 있게 평가할 수 있다.

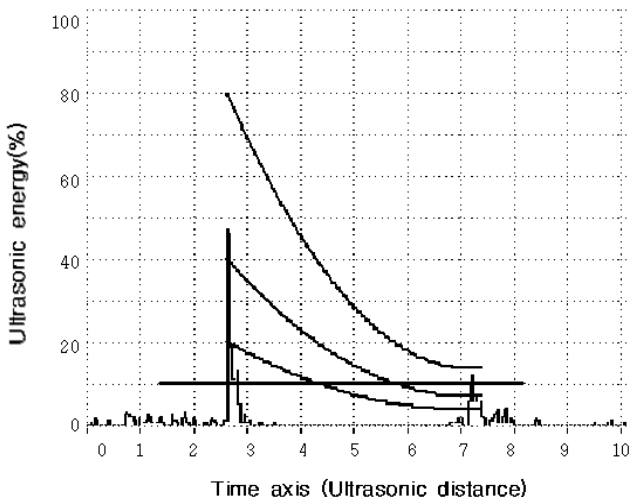


Fig. 5 Ultrasonics signal of Rolling direction(Ø1.5)

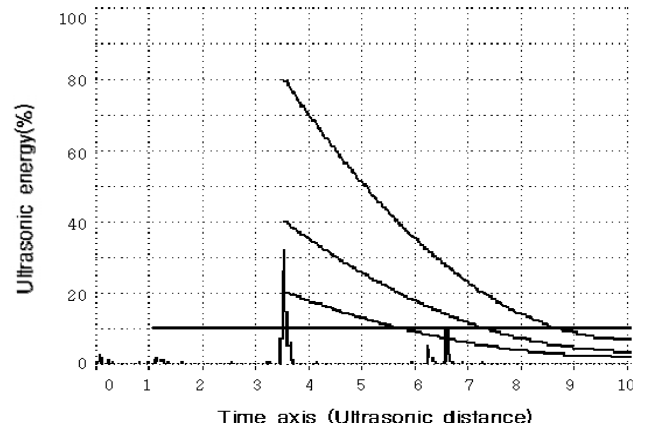


Fig. 6 Ultrasonics signal of Transverse rolling(Ø1.5)

Fig. 5 및 Fig. 6의 초음파 신호는 Fig. 2 Ti-STB-A2 대비시험편의 지름 1.5mm 두께 15mm 관통 결함을 대상으로 탐상한 결과다. 초음파 전파 특성이 압연방향과 압연직각방향에 따라 어느 정도 차이가 나는지를 정량적으로 분석하기 위하여 하나의 결함을 대상으로 초음파 탐상조건과 탐상방향을 변화시켜 탐상하였고 탐상결과는 Table 3과 같다.

Table 3 Ultrasonic testing results

Direction \ Item	R-R	R-T	T-T	T-R
Horizontal distance (mm)	29.98	37.14	42.44	31.60
Defect depth (mm)	14.95	11.48	14.95	11.13

4. 결론

지름 1.5mm, 두께 15mm 관통 결함을 대상으로 Fig. 3 Rolling direction TDACC의 탐상조건에서 압연방향(R-R), 압연직각방향(R-T)으로 각각 측정하였으며 측정결과 R-R은 탐촉자의 입사점에서부터 결함까지의 거리가 실측값과 1mm 이내로 일치하였고, 결함의 깊이도 실측값과 0.05mm 차이로 일치하였다. 그러나 R-T조건에서 측정한 결과는 탐촉자의 입사점에서부터 결함까지의 거리가 실측값 대비 5mm 이상 차이가 있었으며, 결함의 깊이도 실측값에 비하여 3mm 이상 차이가 있었다. 이러한 차이는 T-T와 T-R에서도 유사하였다. 따라서 티타늄 판재의 초음파 탐상에 있어 압연방향을 고려하여 초음파 탐상조건을 적합하게 설정하는 것이 매우 중요함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 이용태, 이종형, "티타늄 가공기술," 청문각, pp.141 ~ 151, 2002.
- KS B 0896, Method for Ultrasonic Examination for Welds of Ferritic Steel, pp.11 ~ 12, 1999.
- 이 원, 박희동, 윤인식, "티타늄 용접부의 용접결함평가를 위한 초음파거리진폭특성곡선에 관한 연구," 한국안전학회 논문집, Vol. 23·No. 4, pp.7 ~ 12, 2008.