

초음파거리진폭특성곡선을 이용한 티타늄 용접부의 기공결함평가 Porosity Defect Evaluation of Titanium Weld Zone using Ultrasonic Distance Amplitude Characteristics Curve

*박희동¹, #윤인식², 이원³

*H. D. Park¹, #I. S. Yun(isyun@kinst.ac.kr)², W. Yi³

¹ 한국전자재시험연구원, ² 경기공업대학 메카트로닉스과, ³ 숭실대학교 기계공학과

Key words : Weld zone, Probe, Ultrasonic energy, Time axis, Porosity Defect

1. 서론

고온 및 고내식성을 요구하는 산업플랜트의 탱크 등에 있어서 외부는 일반 탄소강으로 하고 내부는 티타늄 용접의 조합으로 하는 용도의 사용이 증가하고 있다. 그러나 티타늄 용접부의 특성상 용접 시, 산소, 질소, 수소와의 친화력이 강하다는 점^{1,2} 등으로 인해 용접 금속 내부에 발생하는 기공(Porosity)이 큰 문제점으로 지적된다.

본 연구에서는 티타늄 용접부의 안전성 및 건전성평가³을 위하여 초음파에 의한 티타늄 용접부의 거리진폭특성곡선(IDACC)을 구축하였고, 이를 이용하여 티타늄 용접결함 중 발생 빈도가 높은 기공결함의 특성을 확인하고자 하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 주요 기기로는 초음파 신호를 송수신하는 횡파 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. 이를 위하여 TIG용접을 통하여 Fig. 1과 같은 형태의 기공결함이 있는 시험편을 제작하였다. 용접 시험편의 기공의 크기와 위치는 Table 1 과 같으며, Fig. 2와 같이 맞대기 용접부에 대하여 목돌림(tilting)을 병행하여 스캔하면서 초음파 탐상기의 CRT상에 나타난 최대 진폭 에코를 기준으로 기공결함을 평가하고자 하였다.

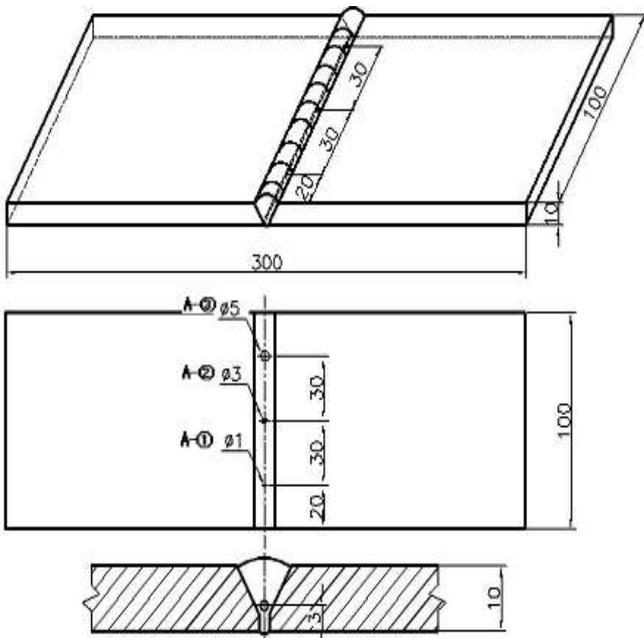


Fig. 1 Titanium welding sample

Table 1 Configuration of titanium welding Porosity Defect

Porosity Defect No.	Porosity size (diameter, mm)	Porosity position (deep) (mm)
A-①	1	7
A-②	3	7
A-③	5	7

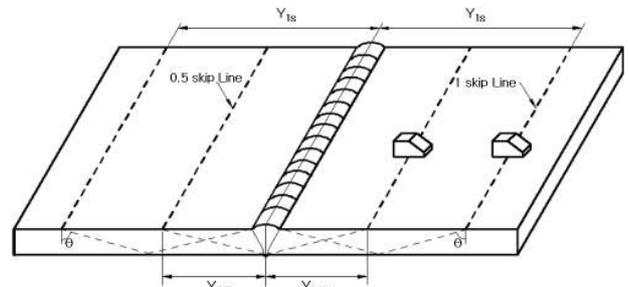


Fig. 2 Schematic of titanium weld zone scan

본 연구에 사용된 티타늄은 일반적으로 많이 사용되는 순티타늄 Grade 2를 선정하였으며 기계적 성질은 Table 2와 같고, 화학성분은 Table 3과 같다.

Table 2 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 3 Chemical compositions(wt.%)

H	O	N	Fe	Ti
0.013	0.20	0.05	0.25	Re

3. 결과 및 고찰

티타늄 용접부는 현재 산업체에서 가혹한 환경의 지배를 받는 관계로 용접부의 안전성 확보는 대단히 중요하다고 할 수 있으며, 따라서 본 연구에서는 순 티타늄 Grade 2의 용접시험편과 동일한 대비시험편을 제작하여, 초음파탐상에 필요한 기준을 설정하고 티타늄 용접부 결함평가의 기준이 되는 TDACC를 Fig.3, Fig.4, Fig.5처럼 작성하였다.

주요 설정조건으로는 탐촉자 4.0MHz, 70° 를 사용하였으며, 측정범위는 125mm를 기준으로 TDACC를 플로팅 하였다.

Fig.3, Fig.4, Fig.5에서 세로축은 초음파에너지(에코강도), 가로축은 초음파 빔의 거리를 나타내는 시간축이고, 화면속의 3개선은 거리진폭특성곡선^{4,5}의 선을 나타낸다.

초음파에너지축의 가장 높은 값을 나타내는 80%로 시작되는 선이 처음 주사를 하여 $\phi 4 \times 4\text{mm}$ 의 최대 에코를 획득한 위치이며, 이때의 감도는 57dB로 설정되었다. 이로부터 6dB를 내려서 두 번째 선인 40%에 한 점을 정하고, 다시 6dB를 내려서 20%에 설정하였다.

1.0skip거리에서도 80%로부터 3개의 위치에서 점들을 결정하였으며, 1.5skip거리 내에서 3개의 점을 결정하여 TDACC를 작성하였다.

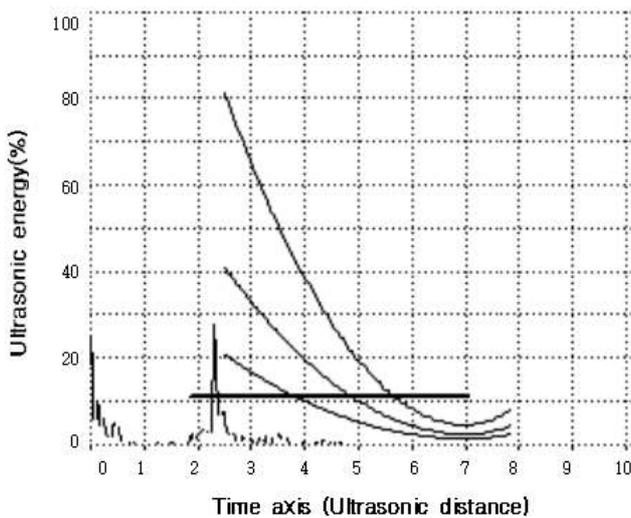


Fig. 3 Ultrasonics signal of titanium welding zone (A-①)

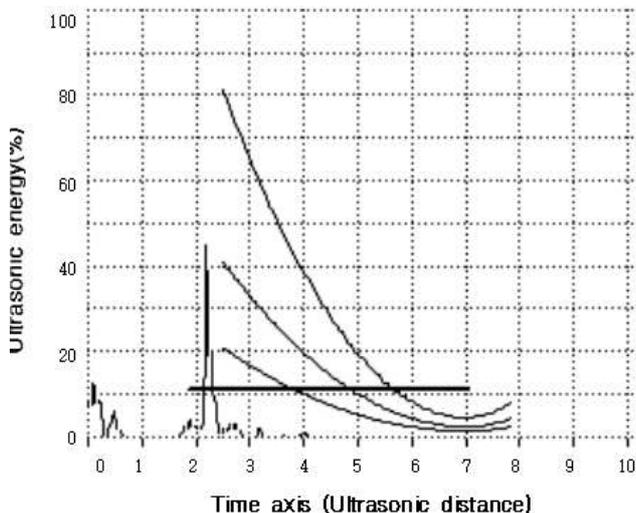


Fig. 4 Ultrasonics signal of titanium welding zone (A-②)

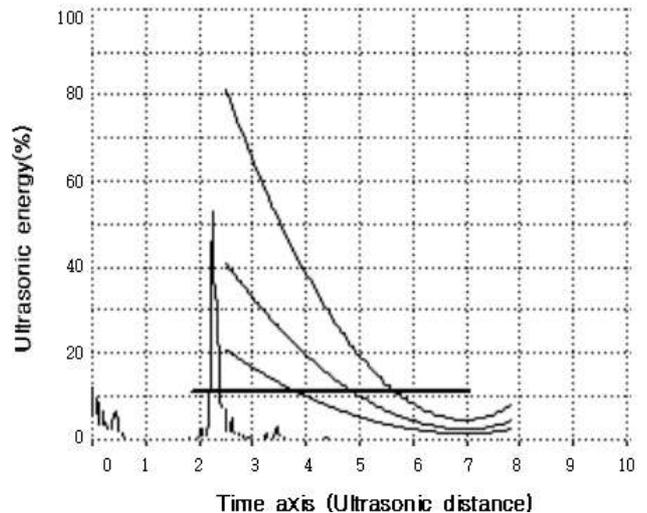


Fig. 5 Ultrasonics signal of titanium welding zone (A-③)

Fig. 3 및 Fig. 5와 같이 작성한 TDACC로부터 기공결함에 대한 건전성평가를 하고자 Fig. 1과 같이 용접시험편(순 티타늄 Grade 2, 두께 10mm)을 제작하여, 인공결함을 Table 1과 같이 1차 용접과 드릴작업 후 2차 용접공정을 통하여 만들었으며, 결함에 대한 실험 결과는 Fig. 3 및 Fig. 5와 같이 시간축 2.2(측정 범위 125mm)에서 에코강도가 최대로 검출되었고, 이때 결함 A-①, A-②, A-③이 위치하는 깊이는 7~7.3mm로 측정되었다.

4. 결론 및 추후 연구

티타늄 용접부의 인공결함(기공 : A-①, A-②, A-③)에 대하여 TDACC에 대한 감도기준으로부터 결함을 평가한 결과 결함 A-①는 에코강도가 28%, A-②는 45%, A-③는 53%로 측정되어 현장에서 결함탐상시 결함의 크기를 예측할 수 있는 것으로 평가되었고, 특히 결함의 깊이 측정에 있어서는 기준 깊이가 7mm일 때 실측한 결함의 깊이도 7.0~7.3mm로 일치하는 것으로 평가되었다.

추후, 초음파 결함 탐상 시 측정값에 영향을 미치는 인자를 분석하여 신뢰성평가의 기본이 되는 불확도 측정 모델을 제시하고자 한다.

참고문헌

1. 성백섭, 김일수, 김인주, 차영훈, “티타늄재 맞대기 용접부의 개선형상에 따른 잔류응력평가,” 한국정밀공학회 2001년도 추계학술대회논문집, pp.290~294, 2001.
2. 이용태, 이종형, “티타늄 가공기술,” 청문각, pp.141~151, 2002.
3. Song, S. J. and Schmerr, L. W., "Ultrasonic Flaw Classification in Weldments Using Probabilistic Neural Networks," Journal of Non-destructive Evaluation, Vol.11, pp.69~77, 1992.
4. KS B 0896, Method for Ultrasonic Examination for Welds of Ferritic Steel, pp.11~12, 1999.
5. 윤인식, 박원규, 정의섭, “초음파센서의 거리진폭특성(DAC)을 이용한 철도레일 용접부의 용접성 평가,” 대한도목학회 논문집, Vol. 22·No. 1-D, pp.113~120, 2002.