

스테인리스강 용접부 내의 결함에 대한 비파괴적 비교평가에 관한 연구

A Study of the Non-destructive Valuation for the Defect in the Welding Joint of the Stainless Steel

최원두*, 길두송*, 이진우*, 고준빈**, 이영호**

* 충남대학교 대학원 기계공학과

** 충남대학교 기계공학과

1. 서론

비파괴검사에 있어서 초음파 탐상시험은 용접부 검사에 가장 많이 이용된다. 검사기술은 용접재료, 용접두께, 용접과정 및 용접코드의 요구사항들에 따라 변한다. 규격화된 초음파탐상검사(수동접촉법)에 의한 용접검사는 일반적으로 10~12mm 또는 그 이상의 두께를 가진 판(plate)의 접합에 제한되어 있다. 결함의 형태에 있어 선형결함과 체적결함을 비교해 보면 선형결함인 균열 등은 용접부의 기계적 강도에 치명적인 영향을 미치고 경우에 따라서는 예기치 않은 파괴를 일으키기도 한다.

Time of flight diffraction(TOFD)법은 G.M Silk에 의해 개발되었으며, 현재 영국, 독일을 중심으로 방사선투과검사를 대용할 수 있는 방법으로 각광을 받고 있다. 초음파 검사장치의 성능 향상으로 선진국을 중심으로 검사에 필요한 각종 code 및 standard가 제정되어 산업현장에서 널리 응용되고 있다. TOFD법은 음파의 회절현상을 이용한 초음파 탐상검사의 한 방법으로서 기존의 pulse echo법에 비해 검사수행 속도가 10배 이상 빠르며, 보다 알기 쉽게 결함을 검출, 표시하고 검사표면의 상태와 결함의 방향에 의한 검사결과가 기존의 방법에 비해 안정적인 특징을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 TOFD법을 이용하여 스테인리스 강을 재료로 한 용접부에 존재하는 결함을 검출해내고 선형 및 체적결함 여부를 정확히 평가함으로써, 나아가서 기기의 안정성 및 신뢰성 확보를 위해 용접부 내에 존재하는 결함에 대한 크기 및 형태별로 나누어 이들 결함의 상관관계를 비교분석 하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용되는 실험재료는 스테인레스 강 중 가장 많이 사용되는 SUS304(USN S30400, ASTM A276)로서 화학적 조성은 Table 1과 같으며, 기계적 특성은 Table 2와 같다. 또한 시험하고자 하는 시험편의 도면을 Fig. 1에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of test material(wt%)

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
SUS304	0.08	1.00	2.00	0.045	0.03	8.0-10.5	18.0-20.0	-	-

Table 2 Mechanical properties of test material

Material	Tensile strength (MPa)	0.2% Yield strength (MPa)	Elongation (%)	Reduction in area (%)	Hardness (H _B)	Heat treatment
SUS304	515	205	40	50	...	*

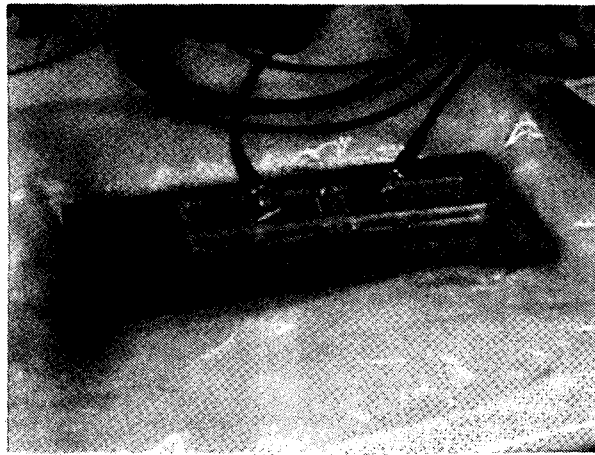


Photo 1 Test scanner for TOFD

본 연구에서 사용한 실험 장치는 2개의 탐촉자를 사용한 TOFD 용 Scanner 장치 및 Ultrasonic pulse/receiver board, 고속 A/D Converter board를 내장한 Pentium PC로 Photo 1과 같이 구성된다. 고속 A/D Converter는 Sampling rate 100MHz, Resolution 8 Bit인 Sonix 사의 STR8100을 사용하였고 Ultrasonic pulse/receiver 는 JSR PRC 35 Board를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

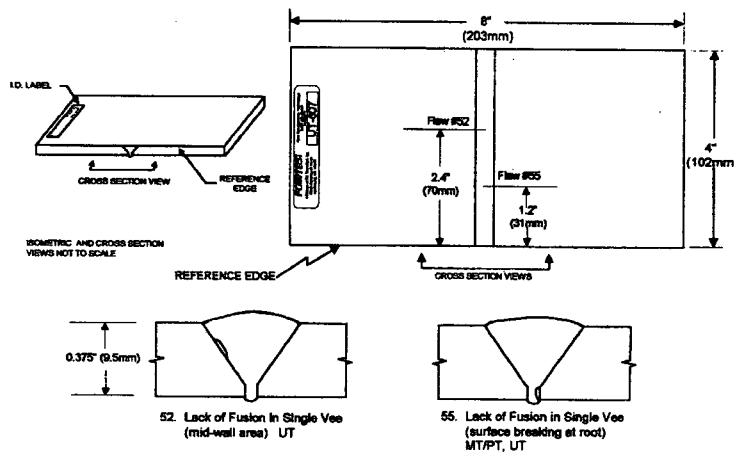


Fig. 1 Specimen kit of lack of root fusion

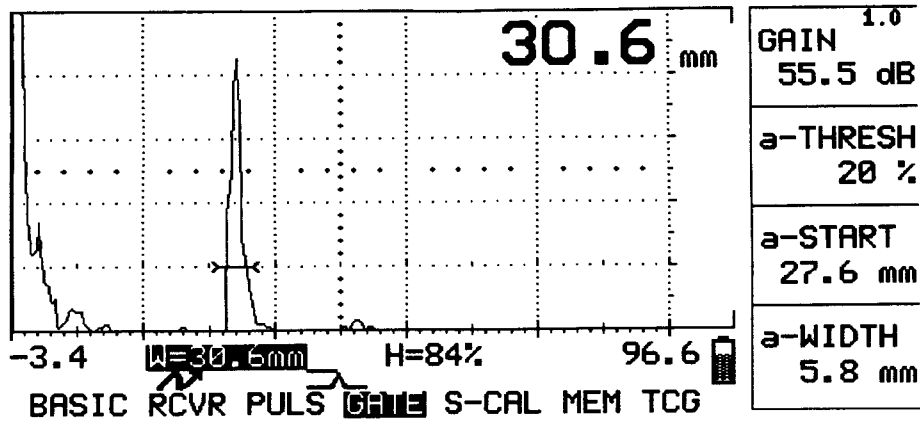


Fig. 2 Ultrasonic flaw detect of lack of root fusion

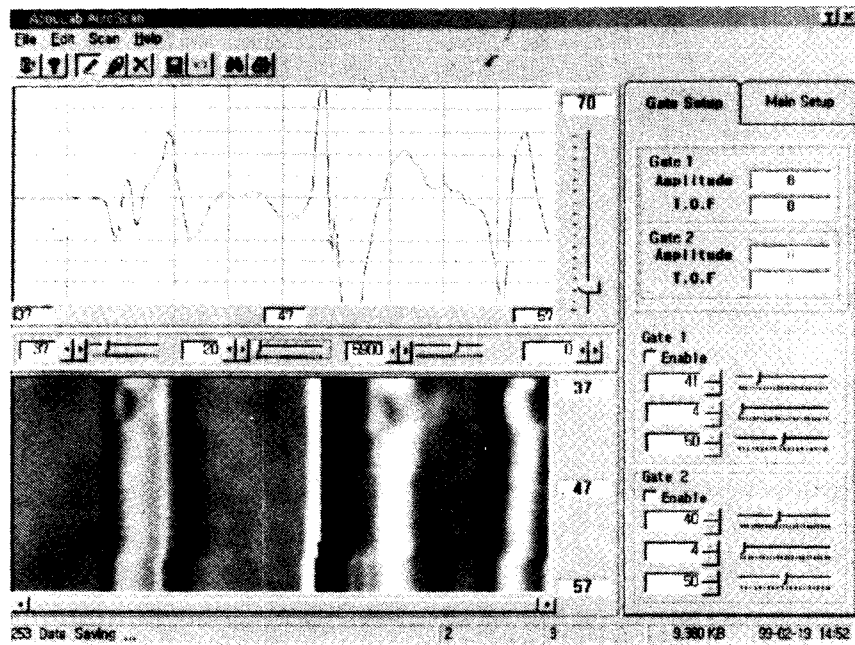


Fig. 3 TOFD Flaw detect of lack of root fusion

검사용 Scanner는 두 개의 초음파 탐촉자를 사용하여 굴절각 45°에서 70°사이의 사각종파를 사용하여 검사체에 초음파를 입사시켜 시험하였으며, 본 연구에서는 두께가 9 ~ 15mm의 시험편을 사용하였고, 공칭 주파수 5MHz, 직경 12.7mm의 탐촉자를 사용하였으며 시험체에 사각 종파의 입사를 위해 별도의 아크릴 Wedge를 제작하여 검사를 하였다.

Fig. 1에서는 두께가 15mm인 시험편을 사용하였으며, 결함이 용접부의 밑부분에 위치해 있어서 Fig. 3에서 보는 바와 같이 결함이 비교적 선명하게 나타나고 있는 것을 알 수 있었으며, Fig. 2에 비해 결함의 길이 또한 쉽게 판별됨을 관찰할 수 있었다.

4. 결론

TOFD를 이용한 스테인레스 강의 용접부에 존재하는 결함에 대한 연구결과와 일반적인 펄스-에코법에 의한 연구결과를 통하여 스테인레스 강 용접부의 특성 및 내부조직상태 등을 분석할 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 기존의 초음파 탐상검사가 횡파를 사용하여 검사를 하는 것과는 달리 TOFD법에서는 종파를 사용하기 때문에 초음파 파장의 길이가 길어 결함의 경계가 명확히 나타나지 않는 결과를 나타냈으며, Fig. 1에서 보여지는 바와 같이 결함이 시험체의 표면에 근접하게 되면 표면의 바로 밑에 있는 결함들은 표면을 따라 흐르는 Lateral wave의 영향으로 탐촉자의 분해능이 저하되어 검출이 불가능한 현상을 나타내었다.

둘째, 기존의 초음파 탐상검사에 있어서 결함의 크기를 측정하고자 할 때에는 탐촉자를 좌우로 움직이거나, 상하로 움직여서 결함에코가 나타났다가 사라지는 모양을 보고 결함의 크기를 판별할 수가 있었으나, TOFD법에서는 CRT상에 결함의 크기가 2차원적으로 나타나므로 결함에 대한 크기판별이 쉬워졌다는 점이다.

5. 참고문헌

1. Ed Ginzl, "Weld Inspection of Ultrasonic Inspection 2 - Training for Nondestructive Testing" April, Vol. 3 No.4.(1998)
2. "Rule for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Component" ASME Boiler and Pressure Vessel Section XI Code, the American Society of Mechanical Engineers, New York, (1989)
3. 안희성, "용접 물리 야금 특론", 국제정보시스템, pp.433-440
4. 심철무외, '형상인식을 이용한 압력용기 용접부 결함특성 분류'. 비파괴검사학회지, 제13권 제2호 (1993), pp. 11-18
5. M.G. Silk, "The interpretation of TOFD data in the light of ASME XI and similar rules", British Journal of NDT, May, (1989)
6. M.G. Silk P.E.Kear, "The time of flight diffraction technique theoretical aspects and practical application". L'informatica nelle technigie nondestructive, Feb. (1993)