

UT와 RT에서의 용접부 결함 검출 비교에 관한 연구

A Study on Comparison of UT with RT for the Detection of Defects in Weldzone

남궁 재 관*

Chai-Kwan Namkoong

(1996년 6월 29일 접수, 1996년 12월 14일 채택)

ABSTRACT

In this study, specimens were prepared which have some defects on the butt weld joint of mild steel. In order to detect the defects of specimens, the following tests were put to : AUT and RT. When the results of the three tests were compared, the conclusion could be brought to as follows :

- 1) AUT outstrips RT in the ability to detect plane defects like slugs or cracks, but RT excels AUT in the ability to detect spheroidal defects like blowholes.
- 2) RT detects neither taper cracks nor very closed cracks, whereas AUT detects both of them.
- 3) AUT can detect at once plane defects like cracks and spheroidal defects like blowholes.

1. 서 론

강구조물에서 용접부의 품질확인의 방법으로써 방사선투과시험이 주로 사용 되어오고 있으나 문제점이 지적되어 초음파 탐상시험의 채용이 확대되고 있는 현재 그 방법들을 비교 검토해 봄은 매우 의미있는 연구일 것이다. 지금까지 수동초음파 탐상시험이나 자동초음파 탐상시험에 있어서의 인공결함에 관한 결함 검출능력 및 정도에 관한 연구는 있지만¹⁰⁻¹²⁾, 자동초음파 탐상시험에 의한 슬

래그혼입 등의 소위 자연결함에 관한 연구는 찾아볼 수가 없다.

본 실험에 있어서는 자연결함을 갖는 연강판의 맞대기 용접이음 시험편을 제작하여 자동초음파 탐상시험, 수동초음파 탐상시험 및 방사선 투과시험을 한 후, 결함부분을 1mm 피치로 절삭하여 실제 결함의 치수, 형상 등을 측정하고 이들의 비파괴시험 방법에서의 각각의 결함 검출능력 및 그것들을 상호 비교해 봄으로써, 초음파 탐상시험에 의한 결함검출법을 확립하고자 한다.

* 서울산업대학교 기계설계학과

2. 실험 방법

시험편을 Fig. 1에 표시한 바와 같이 전자동 가스 시일드 아크용접(全自動 Gas shield arc 熔接)으로 제작하고, 그 결과는 Table 1에 나타난 바와 같이 각종 용접 결함이 발생되었다.

시험편 강판의 재질은 JIS 3106의 SM41A재로 하였다. 시험편을 제작한 후에, JIS 3104에 따라서 방사선 투과시험(이하 RT라고 함)과 JIS Z 3060에 따라서 자동의 초음파 탐상시험(이하 AUT라고 함)을 행하여 결함을 검출하였다.

그 후, 용접 결함부를 1mm 피치로 절삭(이하, 절삭시험편이라고 함) 하여 용접결함의 종류, 위치, 길이, 높이 등을 측정하고, AUT와 RT를 비교 검토하였다. 여기서 특별히 AUT에 의한 실험 방법을 간략히 보면 오오사카 대학 용접공학(현재 접합과학) 연구소에 있는 초음파 자동 탐상시험기(α UT-2)를 사용하여, 전자동 가스 시일드 아크 용접으로 맞대기 용접부에 결함을 갖는 시험편을 RT와 똑같은 조건으로 실험해 보았다. 여기서 탐상감도는 표준인 조정감도 +6dB로 했고 각 시스템의 탐상감도를 통일하기 위해 감도 조정용 대비 시험편을 이용해 기준감도 및 DAC의 설정을 선행하였다. 또한 탐상정도를 확보하기 위해 에코높이 1/4 S(직사)로 80%, 3/4 S(1회 반사), 5/4 S(1.5회 반사)로 80%±2dB의 범위가 되기 위하여 탐상감도를 설정하였다. 그리고 각각의 스킵 위치로 주사하여 그때의 탐상데이터를 캘리브레이션 시이트에 나타내어 분석했다.

초음파 탐상시험의 결함치수 결정은 에코높이가 L선 이상이 되는 범위에서 탐촉자의 이동거리를 결함지시길지로 잡는 방법을 채택하였다. 또한 용접선 방향에서 단면상에 화상간격이 6mm 이하 일 때에 한개의 결함과 인접한 또하나의 결함과의 사이거리가, 큰쪽의 결함길이보다 작을 경우, 두개의 결함길이의 합과 사이 거리를 합한것을 한덩어리의 결함치수로 취급했다.

Fig. 2에서는 절삭 시험편의 제작 요령을, Fig. 3에서는 AUT와 RT 방법을 개략해서 나타냈다. 즉 AUT에서는 KSE-24개량형인 日本간사이 X선(주)제 CK-1 시스템 장비를 사용하여, 기초탐상은 4mm 마다의 간격으로, 정밀 탐상은 0.5mm의 간격으로 실시하였다. 또한 RT에서는 日本理學電

氣(주)제인 RF250EG장비를 사용하여 Fig. 3의 내용과 같이 시험하였다.

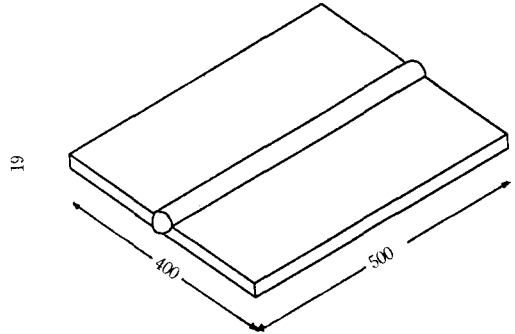


Fig. 1 Specimen

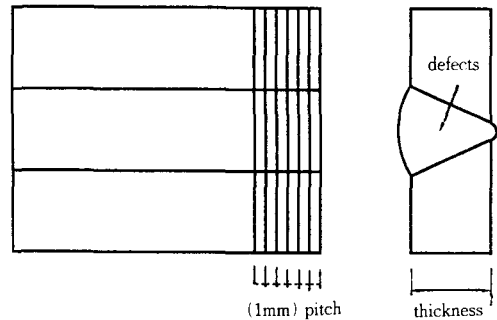


Fig. 2 Cutting method of specimen

Table 1 Defects of specimen

symbol	defects	thickness (mm)	position	root	number of specimen
C	crack	19		$\theta = 30^\circ$ RG=4mm	6
B	blow hole	19		$\theta = 50^\circ$ RG=6mm	3
SI	slag inclusion	19		$\theta = 40^\circ$ RG=5mm	5
LF	lack of fusion	19		$\theta = 50^\circ$ RG=6mm	3

*RG: Root Gap θ : angle of root face

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 UT와 RT의 결함 검출 정도의 비교

Fig. 4에서는 AUT에 의한 결함 길이와 절삭시

시험편의 실제 결함 길이의 대비를, Fig. 5에서는 RT에 의한 결함 길이와 절삭시험편의 실제 결함 길이의 대비를 나타내었다. Fig. 4에서는 AUT의 검출상태가 양호하며 특히 크랙의 경우는 실제크기와 큰 차이없음을(점선 언저리에 분포) 보여주고 있다. 또한 Fig. 5에서는 RT의 검출상태가 AUT에 비해 차이를 보여주고 있지만 블로우홀인 경우에는 상당히 정확한 검출을 보여주고 있다. Fig. 4와 Fig. 5에서 특별히 크게 나타난 블로우홀의 큰 크기는 3개의 인접된 블로우홀과 그 간격을 모두 합한 크기를 나타냈기(실험방법에 표기) 때문이다.

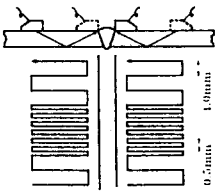
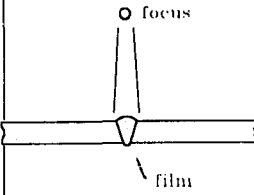
AUT	RT
Model : CK-1 system	Model : RF 250EG
Medium : SONY code BSL	X ray film : FUJI #100
Probe : oblique detection method(1) normal type gap method	Sensitizing paper : Pb 0.03mm (FRONT, BACK)
Frequency : 5MHz	Distance from focus to specimen : 600mm
Angle of refraction : 70°	Pipe voltage : 230~210 KVP
Basic detection pitch : 4.0mm	Exposure time : 5mA min.
Precision detection pitch : 0.5mm	Developing time : 20°C, 5min.
Computer for control : NEC PC 9801	Limits of film density : 1.28~3.2
Level of detection : L	Discriminating grade of transmissivity : 1.09~1.52
	Grade of picture : ordinary
	

Fig. 3 Nondestructive Testing

또한 Table 2에서는 절삭시험편의 실제 결함 치수에 대한 AUT와 RT에서의 결함 치수의 상관계수 즉, AUT와 RT의 측정 검출 정밀도를 표시하였다.

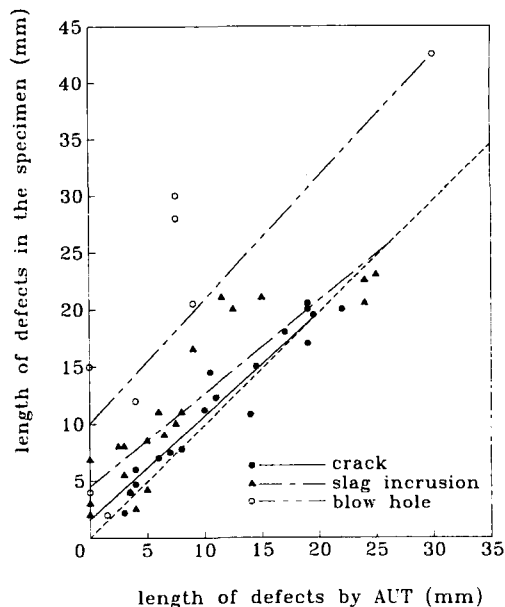


Fig. 4 Verification by AUT

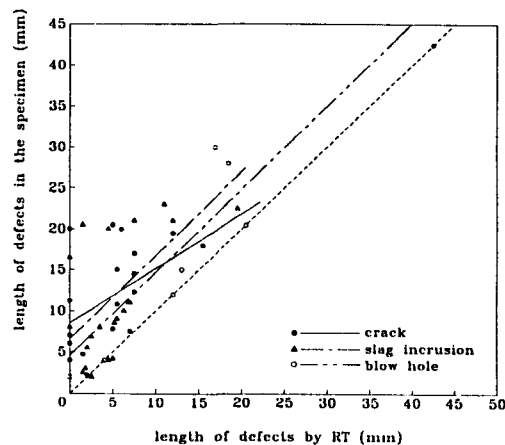


Fig. 5 Verification by RT

Table 2 Comparison of UT and RT with specimen

measuring direction	defects	quantity	interrelation factor	
			AUT	RT
length	crack	18	0.88	0.53
	slag incursion	21	0.82	0.63
	blow hole	8	0.74	0.95
height	crack	18	0.61	—
	slag incursion	21	0.83	—
	blow hole	8	0.74	—

3.1.1 결함 길이

Fig. 4, Fig. 5와 Table 2에서 나타내는 바와 같이 크랙의 경우는, AUT쪽이 RT보다 상당히 측정정도가 뛰어나고 미세한 것도 잘 나타내고 있다. RT는 전반적으로 AUT에 비해 판독이 부정확하다. 이 원인으로, UT는 크랙과 같은 면상 결함으로부터의 음압 반사율은 높지만, RT는 기울어져 있는 결함인 경우나 결함의 폭이 극히 작은 경우에는 부정확하거나 전혀 검출되지 않거나 하기 때문이다. 분포상태의 특징은 크랙의 크기가 작을수록 부정확하게 검출되지만 크기가 커지면 커질수록 실제 크기와 검출된 크기가 근접하는 현상이 AUT나 RT의 공통적이다. Fig. 6에는 크랙의 AUT 검출방법에 대해 설명했다. 그림(a)는 크랙이 세워져 있어서 RT로도 검출이 가능하지만 그림(b)와 같이 크랙이 경사져 있거나 경계상에 밀착한 경우는 가치가 있는 검출은 RT로 불가능하여 AUT로만의 검출을 신뢰할 수밖에 없다. 그러나, RT에 있어서도 미립자의 필름을 사용하거나, 좁은 조사야법(照射野法)을 쓰면 검출 정도는 향상할 것으로 생각된다.

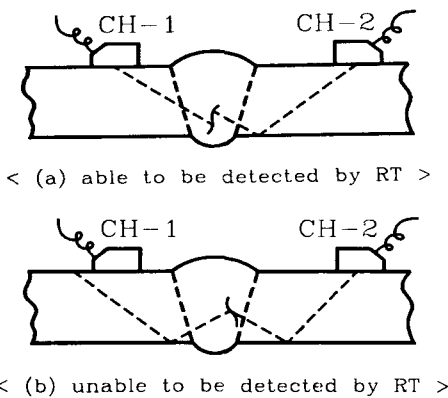


Fig. 6 Detection of cracks by AUT

슬래그혼입의 경우도 AUT 쪽이 RT보다 측정정도가 뛰어나다. RT의 경우는 크랙보다 슬래그혼입 쪽이 측정정도가 좋지만, 이것은 후자가 체적상 결함이 있기 때문이고, 전자의 면상 결함보다 방향성이 작게 되기 때문이다. 블로우홀의 경우는 AUT보다도 RT의 쪽이 측정정도가 뛰어나다. 이것은 블로우홀에 대하여 측정 방향에 따른 상이성을 별로 갖지 않기 때문이다.

3.1.2 결함 높이

결함의 높이 측정은, RT에서는 일반적으로 곤란하지만, AUT에서는 Fig. 7에 나타난 바와 같이 어느 정도 가능하다. 분포상에서 알 수 있는 바와 같이 크랙은 질사시험편의 실제 크기에 비해 AUT 검출 정도의 차이가 큰 편이다. 특히 결함높이가 4mm 정도를 계기로 치수가 작거나 커질수록 그 차는 점점 커지는 현상을 보여주고 있다.

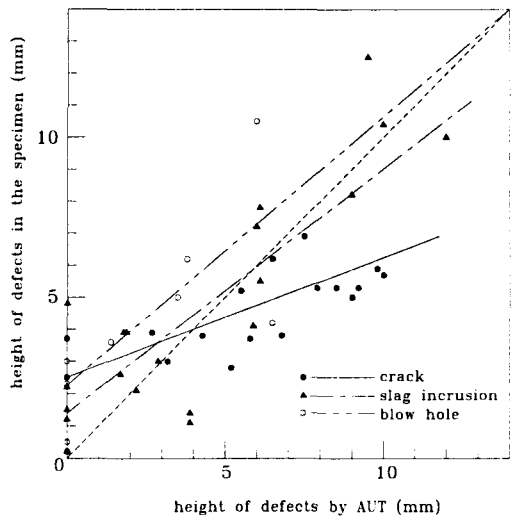


Fig. 7 Detection of the defect height by AUT

슬래그혼입 역시 정도의 차이는 작으나 5mm 정도를 계기로 그와 같은 현상이 있음을 보여주고 있다. Table 2에서도 나타난 바와 같이 상관 계수는 크랙은 좋지 않고, 슬래그 및 블로우홀의 경우는 비교적 양호하다고 말할 수 있다.

3.2 AUT에 의한 결함의 종류 판별

종래부터 MUT에서는 사용자의 사용방법상 차이 또는 제반 운용상 불편한 조건으로 결함의 종류 판별이 용이하지 못하여, MUT의 높은 신뢰도 판별방법을 위한 과제로 연구되어 왔다. 그러나, AUT에 의하면 Fig. 4에 나타난 바와 같이 크랙과 같은면상 결함의 경우, 첫째, echo 높이가 높고, 둘째, 평면 화상에서는 결함의 폭이 작으며, 셋째, 측면화상에서 결함 높이가 크게 표시된다. 또한 블로우홀과 같은 구상 결함에서는 집중 블로우홀에 있어서도, 첫째, echo 높이가 작고, 둘째, 평

면 화상과 측면화상의 양쪽에서 모두, 결함폭과 높이가 작은 점 등의 특징을 갖기 때문에 면상 결함과 구상 결함의 판별은 대체로 가능해 졌다고 말할 수 있다.

4. 결 론

연강의 판두께 19mm의 맞대기 용접 시험체에 크랙, 용합불량, 슬래그혼입, 블로우홀 등의 용접 결함을 자연 발생시켜 AUT와 RT를 적용하였을 때, 용접 결함부를 1mm 피치로 절삭해서 결함의 위치, 크기, 종류 등을 측정하여 그것들을 상호 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) UT는 슬래그 및 구조물의 파괴에 중대한 영향을 미치는 크랙과 같은 면상 결함의 검출정도가 RT보다 뛰어나지만, 블로우홀과 같은 구상 결함의 검출정도는 RT가 상당히 뛰어나다. 일반적으로, 결함의 높이 측정이 곤란한 RT에 비하여 UT는 결함 높이의 측정은 충분히 가능하지만, 측정 정도를 개선할 여지가 있다.
- 2) RT의 경우, 크랙이 세워져 있는것만 검출이 가능하고 기울기를 갖는 크랙이나 경계에 상당히 밀착한 크랙은 검출하고 있지 않는 반면, UT에서는 어느 것이든 검출하고 있다.
- 3) 결함종류의 판별에 신뢰도를 갖기에 문제가 다소있는 MUT에 비해 AUT의 경우, echo 높이, 평면 화상, 측면 화상을 종합적으로 검출하여 크랙과 같은 면상 결함인지, 블로우홀과 같은 구상 결함인지의 결함 종류의 판별은 충분히 가능해 졌다.

이 논문은 1996학년도 서울산업대학교 공모과제 학술연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 1) 石井勇五郎, 富士岳 : 溶接部の内部缺陷と非

- 破壊試験像とその試験と相關性, 非破壊検査, Vol. 21, No. 2, pp. 65~80, 1971.
- 2) 日本非破壊検査協會 : 「放射線透過試験B」 p. 19, pp. 59~78, 1978.
 - 3) 日本非破壊検査協會 : 「放射線透過試験B」 pp. 44~45, p. 231, 1981.
 - 4) 日本非破壊検査協會 : 溶接部の放射線透過試験手順書, 1982.
 - 5) 丸山温他 : 溶接部のX線透視試験 非破壊検査 32 第2號, p. 102, 1983.
 - 6) 仙田, 平山, 仁木, 横山 : 放射線透過試験における照射方向と溶接缺陷の検出限界との關係 (財)電子科學研究所 溶接部の非破壊検査に關するシンポジウム講演概要, p. 7, 1984.
 - 7) Y. F. Cheu : Automatic Crack Detection with Computer Vision and Pattern Recognition of Magnetic Particle Indications Mater. Eval., Vol. 42, No. 11, p. 1506, 1984.
 - 8) H. A. CROSTACK, WOPPERMANN : Determination of the optimum centre frequency for ultrasonic testing of sound-scattering materials, Ultrasonics, Vol. 21, No. 1, 1983.
 - 9) T. Watanabe and Y. Saeki : The Mottling Appearing on Radiographs of Low Carbon Steel Weldments, proc. 4th International Symp. of Japan Welding Soc., Osaka, pp. 695~700, 1982.
 - 10) 富士岳 : 超音波による検査技術の基礎, 非破壊検査, Vol. 37, No. 12, pp. 919~928, 1988.
 - 11) 日本 非破壊検査協會編, 超音波探傷試験 I, II, III, 1990.
 - 12) 日刊工業新聞社編 超音波技術便覧, No. 6, 1991.
 - 13) 佐藤 : 非破壊検査, Vol. 42, No. 10, pp. 551~557, 1992.