[논 문] - 비파괴검사학회지
Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing
Vol. 24, No. 3 (2004. 6)

소켓 용접부 결함 검사용 초음파 자동 검사 장비 개발

Development of the Automated Ultrasonic Testing System for Inspection of the Flaw in the Socket Weldment

이정기*†, 박문호**, 박기성**, 이재호***, 임성진***

Jeong-Ki Lee*†, Moon-Ho Park**, Ki-Sung Park**, Jae-Ho Lee* and Sung-Jin Lim*

초 록 대구경 배관에서 소구경 배관으로 연결하는 부위 및 배관의 방향 전환을 위해 사용하는 소켓용접부는 용입불량 및 사용시간이 경과되면서 내부로부터 진전될 수 있는 균열 등의 결함을 가질 수 있다. 그러나 지금까지 적용하고 있는 비파괴검사법인 액체침투탐상과 방사선투과검사로는 내부에 존재하는 균열성 결함의 검출이 어렵다. 본 연구에서는 소켓용접부 내부의 균열성 결함 검출을 위한 초음파 검사 기법을 확립하였고, 검사를 수행할 수 있는 초음파 탐촉자를 설계 제작하였으며, 자동으로 검사할 수 있는 검사 장비와 제어용 운영 프로그램을 개발하였다. 개발된 장비는 컴퓨터를 기반으로 하고 있으며, pulser/receiver를 내장하고 100 MHz 고속 A/D board를 사용하여 초음파 탐상기 역할을 프로그램으로 구현하였으며, ISA interface type으로 4축 제어용 motion controller를 개발하여 자동 검사를 수행하는 scanner를 제어하도록 하였으며, 검사 결과는 소켓용접부 단면을 실시간 영상으로 나타내도록 되어 있다. 인공결함 시험편의 결함을 평가한 결과 결함의 깊이가 1 mm인 결함의 평가 길이는 실제 크기보다 작게 나타내고 있으며, 결함의 깊이가 증가할수록 결함의 길이가 더 크게 평가되었다. 본 연구로 개발한 장비는 원자력 발전소나 화학플랜트에 많이 널려 있는 소켓용접부 내의 용입불량, 피로 균열 등을 검출하여 객관적인 검사 결과를 제시할 수 있으므로 설비 안전 관리 및 보수 부위 결정에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요용어: 소켓용접부, 경사각 초음파탐촉자, 초음파 자동검사, 자동주사장치

Abstract Socket weldment used to change the flow direction of fluid may have flaws such as lack of fusion and cracks. Liquid penetrant testing or Radiography testing have been applied as NDT methods for flaw detection of the socket weldment. But it is difficult to detect the flaw inside of the socket weldment with these methods. In order to inspect the flaws inside the socket weldment, a ultrasonic testing method is established and a ultrasonic transducer and automated ultrasonic testing system are developed for the inspection. The automated ultrasonic testing system is based on the portable personal computer and operated by the program based Windows 98 or 2000. The system has a pulser/receiver, 100 MHz high speed A/D board, and basic functions of ultrasonic flaw detector using the program. For the automated testing, motion controller board of ISA interface type is developed to control the 4-axis scanner and a real time iC-scan image of the automated testing is displayed on the monitor. A flaws with the size of less than 1 mm in depth are evaluated smaller than its actual size in the testing, but the flaws larger than 1 mm appear larger than its actual size on the contrary. This tendency is shown to be increasing as the flaw size increases. A reliable and objective testing results are obtained with the developed system, so that it is expected that it can contribute to safety management and detection of repair position of pipe lines of nuclear power plants and chemical plants.

Keywords: socket weldment, angle beam ultrasonic transducer, automated ultrasonic testing, automatic scanning system

(접수일: 2004. 5. 6. 심사완료일: 2004. 5. 17) * 한국표준과학연구원 환경안전계측센터 스마트계측그룹, ** 한전기공(주) 기술연구소 *** 대한검사기술(주) 부설연구소, † Corresponding author: Smart Measurement Group, Center for Environment & Safety, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon 305-340 (Email: leejki@kriss.re.kr)

1. 서 론

소구경 배관의 소켓 용접부는 대형 배관과 소형 배관의 연결이나, 배관의 방향을 전환하기 위한 elbow 등에 pipe를 끼워 소켓의 입구를 용접하여 연결하는 부위이다[1]. 이러한 부위는 시공 중에는 용입 불량 결함이 발생될 가능성이 큰 곳이며, 사용 중에도 미세한 용입불량 결함으로부터 균열이 성장되기 쉬운 곳이다. 이러한 결함들은 용접 roots부에서 원주 방향과 외부로 성장할 가능성이 높다. 그러나 지금까지 소켓용접부는 액체침투탐상법 또는 자성체 소켓용접부의 경우에는 자분탐상법을 사용하거나 방사선투과시험으로 균열, 용입불량 등의 용접부 결함 여부를 확인하고 있다[2]. 이러한 액체침투탐상법이나 자분탐상법은 용접부 표면의 결함 검출은 가능하나, 내부로부터 성장하는 균열이나 용접 후에 발생될 가능성이 있는 용입불량 결함은 검출할 수가 없다[3,4]. 특히 용입불량이 발생된 용접부의 경우 운전 중에 걸리는 유체의 압력과 진동, 열적 피로에 의하여 균열로 성장되어 파손될 가능성이 아주 높다. 이러한 위험성을 제거하기 위해서는 용접 후에 용접부 내부의 건전성 여부를 판정하여 용입불량이 있는 용접부는 재시공하도록 하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 용접부 내부를 검사할 수 있는 방사선 투과검사나 초음파검사를 적용하여야 하는데 방사선 투과검사는 현장의 배관에 촬영 배치가 까다롭고 또한 원자력 발전소에서는 주변의 방사선에 의해 필름이 감광되기 때문에 적용이 어려우며, 작은 균열의 경우 방사선투과검사 필름에서 확인하기가 매우 어렵다. 따라서 초음파검사를 적용하는 것이 효과적이며, 검사 결과를 실시간 영상으로 제시할 수 있다면 더욱 좋을 것이다.

초음파 검사를 자동으로 수행하면서 검사 결과를 영상으로 제시하는 초음파 C-scan 장비는 20여 년 전부터 개발되어 사용되어 왔다. 이러한 초기 장비는 실험실용으로 물탱크에 시험체를 담가 초음파 검사를 수행하는 것이었다. 이러한 기술을 기반으로 컴퓨터의 크기가 작아지고 성능이 좋아지면서 현장에서 사용할 수 있는 장비들이 개발되어 현장 설비 검사에 적용되기 시작하였다. 지금까지 개발된 많은 초음파 자동검사 시스템의 경우 사람이 검사할 경우 많은 시간이 소요되는 경우나 검사자의 접근이 어려운 부위의 검사를 수행하기 위하여 로봇을 이용한 검사장비를 개발하여 왔으며[5-7], 이러한 장비를 효율적이며 정확한 제어를 위한 기술 개발도 있었다[8]. 그리고 배관 검사용 로봇이나 스캐너 등도 초음파 검사뿐만이 아니라 방사선검사를 위한 연구도 수행되었다[9-11]. 그러나 직경이 2 인치 이하의 일반 배관에 대한 검사는 대체로 방사선투과검사로도 이상 유무 판단이 가능하여 초음파 자동검사장비를 개발하고자 하는 동기를 갖지 못하였었다. 그러나 발전설비나 화학플랜트 설비는 많은 소켓용접부를 가지고 있으며, 특히 고압 배관의 소켓용접부에서 균열이 발생되어 누출 사고가 발생되는 경우가 있어왔으며, 이러한 누출은 용접부의 용입불량이 균열로 성장하여 나타나는 경우로 추정하고 있다. 그런데 이러한 내부의 균열성 결함은 액체침투탐상이나 방사선투과검사만으로는 찾아낼 수는 없어 고압배관의 소켓용접부에 대한 초음파탐상 검사의 적용이 필요하다고 인식하기 시작하였다. 그리고 초음파 탐상검사를 적용하는데 있어 수동검사보다 검사결과를 보관하여 추후 검사 결과와 비교가 가능하며 신뢰성이 있고 객관화된 영상 자료를 제시하는 자동검사를 채택하는 추세에 있다[12].

본 연구에서는 소구경 배관의 소켓용접부 내의 균열이나 용입불량 등과 같은 결함을 검출할 수 있는 초음파검사를 위한 초음파 탐촉자를 개발하였고, 검사 결과를 영상으로 제시할 수 있는 시스템과 프로그램을 개발하였으며, 현장에서 검사를 수행할 수 있도록 휴대용으로 개발하였다.

2. 장비의 구성 및 기능

초음파검사를 위해서는 초음파를 발생시키고 반사되어 돌아오는 초음파를 수신하는 초음파 탐촉자와 이를 구동하고 수신신호를 증폭하는 pulser/receiver, 그리고 수신 신호를 볼 수 있는 scope가 있어야 한다. 또한 검사결과를 영상으로 나타내기 위해서는 검사하고 있는 위치에 대한 정보와 검사 위치에서의 초음파 신호에 대한 정보(진폭 또는 빔 노정 시간)를 취득하여 이를 영상으로 구현하는 프로그램이 있어야 한다.

Fig. 1은 개발된 장비의 사진으로 초음파 탐촉자에 전기적인 펄스를 인가하고 수신 신호를 증폭하는 pulser/receiver와 고속 A/D board를 사용하여 수신한 신호를 monitor에 나타내도록 하였다. 그리고 초음파 탐촉자를 고정하여 검사 위치를 파악함과 동시에 초음파 탐촉자를 이송시켜 소켓용접부

전면을 자동으로 검사를 수행할 수 있도록 개발하였다. 따라서 자동 구동을 위한 제어 모듈이 내장되어 있으며, 이를 제어하기 위한 프로그램을 개발하여 컴퓨터를 기반으로 검사를 수행할 수 있도록 개발하였다. Fig. 2는 초음파 탐촉자를 고정하여 자동으로 이송하는 장치인 개발된 scanner의 사진이다. Scanner는 pipe에 고정시키기 위한 clamp가 부착되어 있고, pipe의 원주방향과 축방향 이송을 위해 2개의 DC motor를 사용하였고, 검사 위치를 파악하기 위하여 encoder를 사용하였다.

Fig. 1 Automated ultrasonic testing system for socket weldment

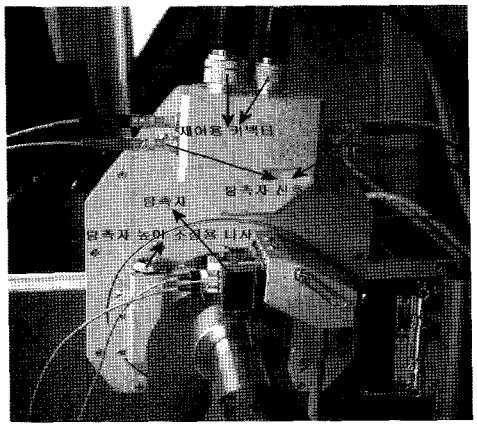


Fig. 2 Scanner for automatic testing

2.1. 소켓용접부 검사용 초음파 탐촉자 제작

Fig. 3은 소켓 용접부를 검사하는 초음파 탐촉자의 구조를 나타낸 것으로, 소구경 배관의 소켓부위가 크기 않고 초음파 탐촉자 접촉점부터 용접 root부까지의 beam 노정 거리도 짧기 때문에, 초음파 검사를 적용하여 인가 pulse 신호와 수신 결함 신호 분리하기 위해서는 소형의 분할형 탐촉자를 사용하는 것이 효과적이다[13]. 이와 같은 탐촉자는 일반적으로 판매되고 있지 않으므로 새롭게 설계 제작하였고 Fig. 4는 제작된 초음파 탐촉자를 나타낸 것이다. Fig. 3에 나타낸 것과 같이 초음파 탐촉자가 접촉되는 위치와 용접부의 용입불량이 있는 위치는 어떠한 각도를 지니게 되므로 초음파를 특정 각도로 보내주어야 한다. 이러한 각도를 결정하는데 있어서는 결함에서 반사되는 신호의 진행방향을 예측하여 결함 신호를 검출할 수 있는 각도를 선정하여야 한다. 그러나 초음파 탐촉자가 놓일 수 있는 위치가 제한이 되는 경우에는 주어진 범위에서 결함 신호를 검출할 수 있도록 가능한 한 강한 초음파 에너지를 보내고 받을 수 있는 적절한 굴절각을 선택하여야 한다. 소켓용접부에 대한 경사각 탐상을 하는 경우에 굴절각이 작을수록 결함 신호를 얻기 위해서는 초음파 탐촉자가 용접부위에 가깝게 되어 결함신호가 삽입하여 연결된 소켓의 경계면에서 반사파와 겹쳐지게 되며, 굴절각이 커지면 결함 신호를 얻기 위한 초음파 탐촉자의 위치는 용접부에서 멀어지므로 소켓부위를 벗어날 수가 있다. 또한 용입불량과 같은 결함은 축방향에 수직한 경계면을 만들기 때문에 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 결함 부위에 45°로 입사되는 초음파는 소켓의 안쪽 배관과 이루는 경계면과 결함과 이루는 면(소켓의 끝단부)에서 이중 반사하게되면 입사된 각도로 다시 반사되게 될 것이다. 따라서 초음파 탐촉자는 횡파가 40°에서 45° 사이의 굴절각을 갖도록 제작하였다. 제작한 초음파 탐촉자의 외형 크기는 16 mm(W) x 8 mm(L) x 25 mm(H)이고, 압전소자(PZT)의 크기는 10 mm x 1.5 mm(R)와 10 mm x 1 mm(T)로 하였다.

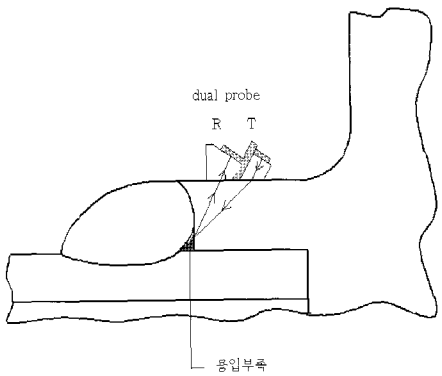


Fig. 3 Testing principle and structure of ultrasonic transducer for socket weldment inspection

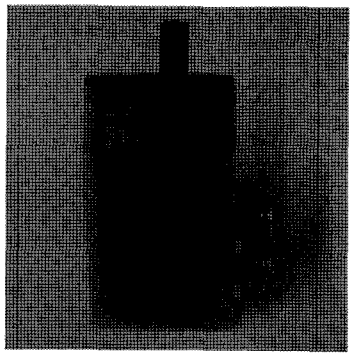
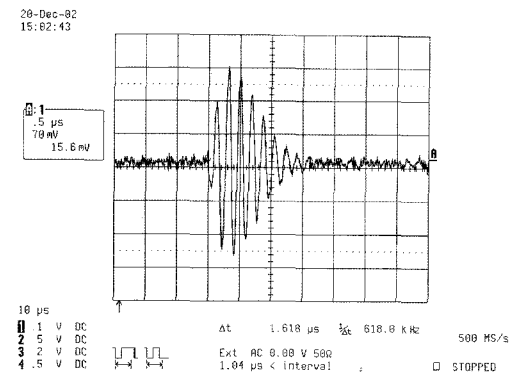
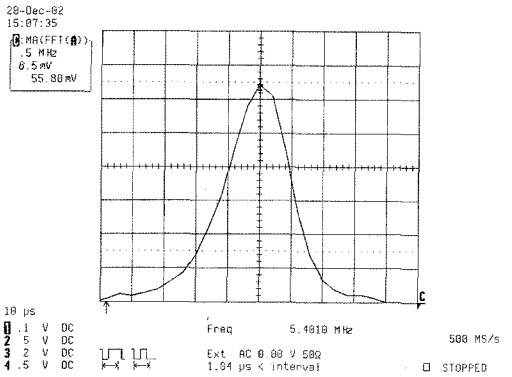


Fig. 4 Ultrasonic transducer for socket weldment testing

Fig. 5는 개발된 초음파 탐촉자의 특성을 평가하기 위하여 측정된 파형과 그의 주파수 스펙트럼이다. 개발된 초음파 탐촉자에서 발생되는 초음파 pulse의 길이는 1.6 μs이고, 주파수 특성은 중심주파수 5.4 MHz에 약 20%의 bandwidth를 갖는다.



(a)



(b)

Fig. 5 Characteristics of the ultrasonic transducer (a) waveform, (b) frequency spectrum

2.2. 자동 제어용 motion controller

초음파 검사를 자동으로 수행하려면 scanner 내의 motor 구동을 제어함과 동시에 검사 위치 파악을 위하여 encoder pulse 수를 세어야 한다. 이러한 작업을 수행하기 위하여 motion controller를 ISA interface board 형태로 개발하였다. Fig. 6은 개발된 motion controller의 block diagram으로 다른 형태의 scanner에도 사용하기 위하여 2개의 DC servo-motor와 2개의 step-motor를 제어할 수 있도록 80C196KC20 micro processor 기반으로 설계 제작하였다. DC servo-motor는 pulse width modulation 방식으로 구동을 하며, 제어 알고리즘은 속도 feedback이 되는 PID Algorithm을 채택하였다. Step-motor는 pulse frequency modulation 방식으로 구동을 하며, 최대 20 kHz의 pulse를 입력할 수 있도록 하였고, open loop control 방식의 알고리즘을 채택하여 feedback이 되지 않는다. 검사하고 있는 위치를 파악하기 위하여 encoder pulse counter가 내장되어 있다. encoder pulse counter는 최소 60 ns의 폭을 갖는 pulse 신호를 최대 20 MHz의 주파수까지 셀 수 있도록 되어 있어 빠른 속도로 움직이더라도 위치 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 하였다. 그리고 PC와의 통신을 위하여 dual port Ram을 채택하였다.

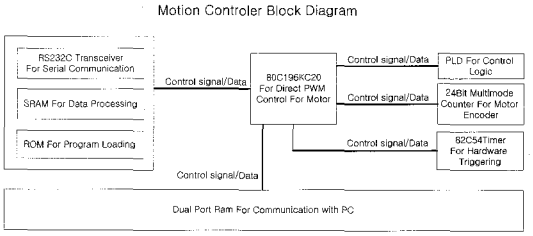


Fig. 6 Block diagram of the motion controller board for 4-axis control

2.3. 프로그램의 구성 및 기능

초음파 검사를 수행하기 위해서는 검사하고자 하는 위치에서 초음파 신호를 확인할 수 있어야 한다. 이를 위해서 초음파 pulser에서는 오름시간(rising time)이 40 ns이고 전압이 300 V인 전기 펄스가 초음파 탐촉자에 인가되고, 80 dB까지 증폭이 가능한 receiver로 수신한 초음파 출력 신호를 100 MHz

고속 A/D board(AL8100, Sofratest)를 이용하여 digital 신호로 전환하였고, 전환된 digital 신호를 A/D board 제어 프로그램을 이용하여 컴퓨터 monitor 화면에 나타나도록 하였다. Fig. 7은 고속 A/D board 제어 및 초음파 신호를 display하는 프로그램 화면을 나타낸 것이다.

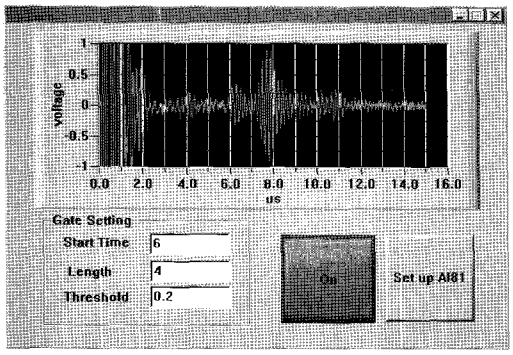


Fig. 7 Program window displaying an ultrasonic signal by A/D board control

본 프로그램은 결함 신호의 최대 진폭 값을 얻기 위하여 일정한 위치에 gate를 설정할 수 있도록 되어 있으며, 신호의 범위를 조절할 수 있고, 신호도 좌우 이동이 가능하여 결함 신호의 위치를 파악하는데 용이하게 하였다. Fig. 8은 검사를 수행 운영 프로그램의 화면으로 검사 결과를 실시간 영상으로 나타내도록 되어 있으며, scanner의 이송 범위 및 이송 속도를 조절하고 Gate 내의 초음파 신호의 최대 진폭 값의 크기에 따라 표시하는 색깔을 조절을 할 수 있도록 하였다.

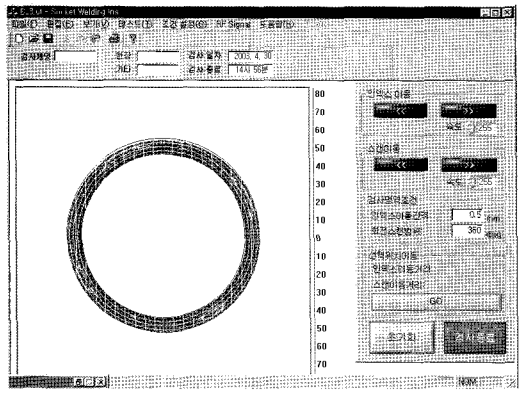


Fig. 8 Program window displaying operating menu and real time testing result

3. 인공 결함 시험편의 결함 측정

개발된 장비의 성능을 시험하고 검사 결과의 정량적 평가를 위하여 스테인리스 SUS304인 직경 1인치인 배관과 모의 소켓을 제작하여 모의 소켓에 인공 결함을 방전으로 가공한 뒤에 배관과 소켓을 용접하였다. 하나의 시험편에 4개의 결함을 90도 간격으로 넣었으며, 하나의 시험편에 1 mm에서 4 mm까지 깊이가 다른 4개의 결함을 서로 다른 결함의 길이를 갖는 두 가지의 길이가 되도록 가공하였으며, 결함의 폭은 모두 0.5 mm가 되도록 하였다. Table 1은 각각의 인공 시험편에 가공하여 넣은 시험편의 결함 크기를 나타낸 것이다.

결함의 크기를 판정하는데 있어 초음파 신호의 기준은 STB-A1 표준시험편에서 반사신호의 크기를 80%가 되도록 맞춘 뒤에 증폭율을 12dB 올린후 gate를 설정하여 검사하였다. Fig. 9(a), 9(b), 9(c)는 각각 specimen #1, specimen #2, specimen #3에 대하여 문턱값을 30%로 하여 검사한 결과를 나타낸 것이며, Fig. 9(d)는 실제 소켓용접부에 대한 검사 결과이다. 이러한 검사 결과로부터 결함의 크기를 결정하기 위해서 인공결함의 크기와 실제 나타난 결과의 크기를 비교하여 Fig. 10에 나타내었다. 결함의 크기를 결정하는 기준은 gate의 문턱값(threshold level)보다 큰 신호를 검출하는 위치를 결함이 있는 위치로 판정하고 이러한 신호가 연속적으로 검출된 것에 대하여 scanner가 회전한 회전각, θ와 소켓의 내경, r에 의하여 결함의 길이, l_f를 가지고 다음과 같이 계산하였다.

$$l_f = r\theta \tag{1}$$

Fig. 9에서 gate의 문턱값이 낮을 수록 결함의 크기가 더 크게 평가됨을 볼 수 있다. 또한 결함의 길이가 작을 때 그 결함의 깊이가 1 mm인 결함의 경우 실제의 결함 길이보다 더 작게 평가되었다. 이러한 원인은 결함에서 반사되어 오는 초음파 신호의 크기가 문턱값 근처에 있기 때문에 나타나는 현상으로 항상 결함의 크기를 판정하는데 있어서 유의해야 하며, 이것은 초음파탐상에 있어 결함 검출의 한계를 만들게 된다[3]. 또한 결함의 깊이가 2 mm 이상인 경우 실제 결함의 크기보다 더 크게 평가되었는데 이것은 초음파 빔의 퍼짐 현상에 의하여 나타나는 것이다[4]. 일반적으로 초음파 빔의 퍼짐 현상에

Table 1 Artificial flaw size in the artificial specimen

	flaw 1		flaw 2		flaw 3		flaw 4	
	length	depth	length	depth	length	depth	length	depth
Specimen #1	1 mm	1 mm	1 mm	2 mm	4 mm	3 mm	4 mm	4 mm
Specimen #2	2 mm	1 mm	2 mm	2 mm	5 mm	3 mm	6 mm	4 mm
Specimen #3	3 mm	1 mm	3 mm	2 mm	7 mm	3 mm	7 mm	4 mm

의한 결함 크기 보정에 있어서는 6dB down 퍼짐각을 고려하여 보정한다. 따라서 실제 결함의 크기를 평가하는데 있어서는 선형적인 관계를 갖는 gate의 문턱값을 설정하여야 하며 초음파 빔의 퍼짐각을 고려하여 이에 대한 보정을 하여야만 한다.

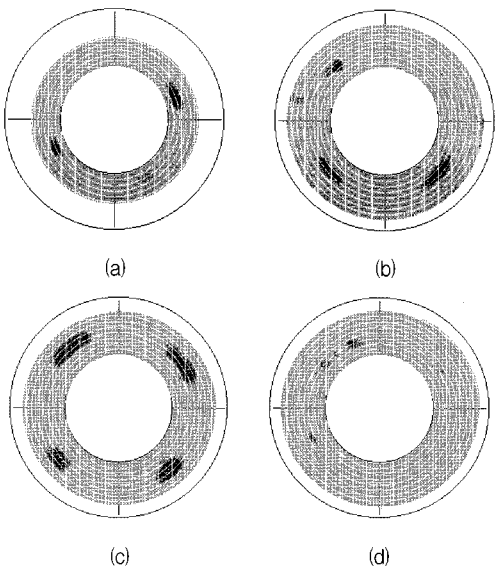


Fig. 9 Test results for artificial flaw specimen (a)-#1, (b)-#2, (c)-#3 and (d)-real flaw specimen

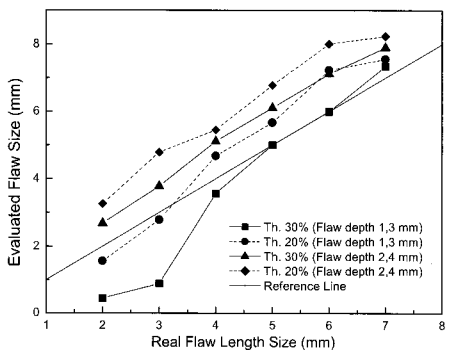


Fig. 10 Comparision of evaluated flaw size with real flaw size

4. 결 론

본 연구에서는 소켓용접부 내부의 용입 불량 및 균열 검출을 위한 초음파 검사 기법을 확립하였고, 검사를 수행할 수 있는 초음파 탐촉자를 설계 제작하였고 자동으로 검사할 수 있는 검사 장비와 제어용 운영 프로그램을 기반으로 자동으로 검사를 수행하는 초음파 자동검사 장치를 개발하였다.

이러한 소켓용접부 내부의 결함을 초음파 검사로 수행하기 위한 초음파 탐촉자는 횡파 굴절각이 40°-45° 범위가 적당하며, 초음파 탐촉자 접촉 부위가 작고 beam 노정거리가 짧기 때문에 소형의 분할형이 적합하다.

본 연구에서 개발한 초음파 자동 검사 장비는 컴퓨터를 기반으로 pulser/ receiver를 내장하고 있으며, 100 MHz 고속 A/D converter를 사용하여 컴퓨터 모니터 화면에 초음파 신호를 나타내도록 하였고, 자동 검사를 수행하는 scanner를 제어하기 위한 4축 제어용 motion controller도 개발하였으며, 검사 결과는 소켓용접부 단면을 실시간 영상으로 나타내도록 하였다.

검사한 결과로부터 결함의 크기를 판정하는데 있어 결함의 실제 깊이에 따라 평가되는 결함의 크기가 다르기 때문에, 표준시험편 또는 대비시험편으로 초음파 신호의 증폭률을 일정하게 설정하고 인공결함 대비시험편을 사용하여 실제 결함의 크기와 평가된 결함의 크기가 선형적인 관계를 갖는 gate의 문턱값을 선정한 뒤에 검사를 수행하여 그 결과에서 초음파 빔의 퍼짐각을 고려하여 보정을 하여야 한다.

참고문헌

본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 중장기 사업의 일환으로 수행되었습니다. 본 연구를 수행하기 위한 연구비를 지원하여 주신 과학기술부에 감사를 드립니다.

참고문헌

[1] KS B1542, 배관용 강재 삽입 용접식 관 이음쇠, (1990)

[2] ASME B31.1, "Power piping," Chapter IV, (1998)

[3] Nondestructive Evaluation and Quality Control, Metals Handbook, 9th ed., Vol. 17, (1989)

[4] Don E. Bray, and Roderic K. Stanley, Nondestructive Evaluation, McGraw-Hill Book Company, (1989)

[5] Y. Bar-Cohen and P. G. Backers, "Scanning Aircraft Structures using Open-Architecture Robotic Crawlers as platforms with NDT Boards and Sensor," Materials Evaluation, Vol. 57, No. 3, pp. 361-336, (1999)

[6] M. Siegel, P.Gunatilake and G. Podnar, "Robotic Assistants for Aircraft Inspector," IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, pp. 1-22, (1997)

[7] S. Park, H.-D. Jeong and Z.-S Lim, "Development of Mobile Robot Systems for Automatic Diagnosis of Boiler Tubes in Fossil Power Plants and Large Size Pipeline," Journal of Korean Society for NDT, Vol. 22, No. 3, pp. 254-260, (2002)

[8] J. P. Lee, C. H. Park and B. G. Um, "Position Control Technique of Ultrasonic Scanner for Automated Ultrasonic Testing Using Surface Wave," Journal of Korean Society for NDT, Vol. 23, No. 1, pp. 30-37, (2003)

[9] S.-G. Roh and H. Choi, "Automated Technology for Pipelines Inspection Using Inline Robot," Journal of Korean Society for NDT, Vol. 22, No. 3, pp. 261-266, (2002)

[10] Nand K. Gupta and Bruce G. Issacson, "Real Time In-Service Inspection of Bare Insulated Above-Ground Pipelines," Materials Evaluation, Vol. 55, No. 11, pp. 1219-1225, (1997)

[11] Y. K. Kim. S. B. Hong, C. E. Chung, J. K. Lee, Y. H. Lee and Y. H. Hung, "Development of Radiometric Scanning System for the Evaluation of Pipeline," Journal of Korean Society for NDT, Vol. 22, No. 5, pp. 474-482, (2002)

[12] A. S. Birks, R. E. Green Jr. and P. McIntire, Nondestructive Testing Handbook, Vol. 7, Ultrasonic testing, American Society for Nondestructive Testing, 2nd ed. (1991)

[13] Ultrasonic transducer, NTIAC-84-1, (1984)