

배관 용접부 자동 초음파검사 프로그램 개발

Development of Automated Ultrasonic Testing Program for Piping Weldings

최 성남*, 유 현주*, 김 형남*, 황원걸**

* 한전 전력연구원 원자력발전연구소, **전남대학교 기계시스템공학부

ABSTRACT Non Destructive Examination for welds is one of the most important processes to ensure the integrity of facilities of Nuclear power plants. An automated ultrasonic testing program is developed for welding inspection. A test block with side EDM notch is inspected with this program. This paper shows that the developed automated ultrasonic testing program is quite effective.

1. 서 론

원전 설비의 신뢰성 확인을 위해 주요기기 및 배관 용접부에 대한 주기적인 비파괴검사를 수행하고 있다. 용접부의 결함 여부를 확인하기 위한 체적검사(Volumetric Examination)는 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing)와 방사선 투과검사(Radiography Testing)이다. 방사선 투과검사는 방사선 안전관리 및 검사대상으로의 접근 제한성으로 적용에 제한이 있어, 인체에 영향이 없으며 검사완료 후 즉시 검사결과 확인이 가능한 초음파탐상검사가 산업계에 더욱 확대되고 있는 추세이다.

초음파탐상검사는 탐촉자 이동 및 검사결과 저장 유무에 따라 수동과 자동으로 분류된다. 수동검사는 검사자의 기량과 현장 여건이 검사 결과에 영향을 주게 되므로, 검사 결과에 대한 신뢰성에 문제점이 제기되어 왔다. 이러한 수동검사의 단점을 보완하고자 객관적인 검사결과 저장이 가능한 자동검사가 현장에 활발히 적용되고 있는 추세이다.

용접부의 자동 초음파검사 수행을 위해 자동 초음파검사 프로그램을 개발하였다. 자동 초음파검사 시스템은 다음 그림 1과 같이 자동 초음파검사 프로그램, 초음파 펄서/리시버 및 배관 스캐너로 구성하였다.

측면 노치가 가공된 시험편에 대한 자동 초음파검사를 수행하여, 초음파 신호를 저장하고, 저장된 신호로부터 A/B/B'/C 스캔 이미지를

를 구현함으로써 개발된 자동 초음파검사 프로그램의 유효성을 확인하였다.

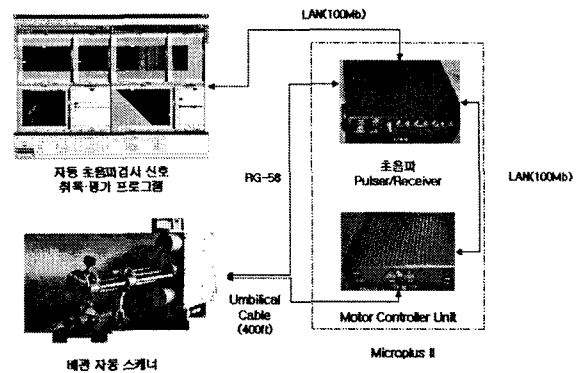


Fig. 1 Automated Ultrasonic Testing System

2. 자동 초음파검사 프로그램 개발

2.1 개요

자동 초음파검사 시스템은 국내·외에 사용되고 있는 시스템을 분석하여 사용자의 편리성, 확장성 및 신뢰성을 갖도록 최적의 프로그램 요건서 및 설계서를 작성하여 체계적으로 개발되었다. 자동 초음파검사 프로그램은 다음 그림 2와 같이 5개의 단위 프로그램으로 구성되었다. 단위 프로그램들은 상호 연계를 통한 자동 초음파검사 수행을 위한 유기적인 역할을 수행하며, 최적의 검사결과를 유지하도록 개발되었다.

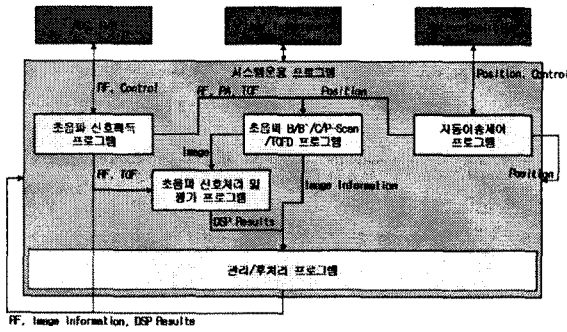


Fig. 2 Automated Ultrasonic Testing Program

2.2 초음파 신호취득 프로그램

초음파 신호취득 프로그램은 초음파장비와 배관 스캐너로부터 초음파 신호데이터 및 탐촉자 위치정보를 파일형태로 저장한다. 초음파 펄서/리시버, 모터 구동기(Motor Drive Unit) 및 배관 스캐너에 이르는 모든 자동 초음파검사와 관련된 데이터와 제어흐름에 대한 전반적인 관리를 수행하게 된다.

2.3 초음파 A/B/B'/C-Scan/TOFD 프로그램

초음파 A/B/B'/C-Scan/TOFD 프로그램은 저장된 초음파 신호데이터를 호출하여 A/B/B'/C-Scan/TOFD 이미지를 구현하는 프로그램이다. 다수의 검사 파일을 호출할 수 있도록 동적 다중 분할 화면을 구현하였으며, 각 화면의 이미지는 상호 동기화 되어 있다.

2.4 초음파 신호처리 및 평가 프로그램

초음파 신호처리 및 평가 프로그램은 취득된 초음파 신호데이터로부터 결함을 탐지하고, 정확한 크기 측정을 위한 다양한 이미지 처리 알고리즘을 구현 한 것이다.

B/B'/C 스캔 이미지에서 발견된 지시의 확인을 위한 컬러 맵핑, 크기 측정, 통계, FFT, Hysteresis Correction, 용접부 형상 표시 및 SAFT(Synthetic Aperture Focusing Technique) 기능을 수행한다.

2.5 배관 스캐너 구동 프로그램

배관 스캐너 구동 프로그램은 초음파 탐촉자가 설치된 배관 스캐너의 제어를 수행하며, 스캐너 속도, 거리교정 등의 기능을 수행한다.

2.6 시스템 관리 프로그램

시스템 관리 프로그램은 자동 초음파 검사 장비, 검사자, 검사 대상등과 같은 자동 초음파 검사 관련 모든 정보를 관리한다.

Database는 MS-ACCESS를 이용하여 구현하였다.

2.7 개발 환경

자동 초음파검사 프로그램은 IBM PC 기반으로 개발되었으며, 개발언어는 C++ Builder 6.0 이고, 자동 초음파검사 장비의 제어는 TCP/IP 통신으로 수행된다.

자동 초음파검사 프로그램을 구성하는 메뉴는 다음 그림 3과 같다.

File	Settings	Scan	Tools	Insert	Post-Proc	Windows	Help
New	System Info	Start	Color Map	SAFT	User	Files	About
Open	General	Pause	Measurement	L-SAFT	Inspection Area	Settings	Help
Save	Inspection Area	Stop	Overlay	BHT	Misalignment	Control Panel	
Save As	Probe	Re-Scan	Statistics	TOFD	Probe	Scan	
Recent	Webcam		Flaw Classification	Beam Simulation	Wedge	Zoom	
Desktop	Clipboard		FFT		Colorset	Tools	
Close	A-Scan Control Panel		Hysteresis Correction		Processing Paper	Image	
Exit	API				Reference Block	Database	
	Gain					Windows	
	MCU					Scan Panel	
	Preference	Scan Image ECT				Help	
						Open File List	

Fig. 3 Automated Ultrasonic Testing Program Menu

3. 시험편 자동 초음파검사 적용

그림 4와 같은 측면 노치가 가공된 시험편에 대한 다음과 같은 조건으로 자동 초음파검사를 수행하였다.

- 탐촉자 크기/주파수 : 0.25"/5MHz
- Sampling Rate : 40MHz
- 스캔 영역(x축) : 100mm, 0.5mm step
- 인덱스 영역(y축) : 20mm, 0.5mm step
- 스캐너 속도 : 50mm/sec

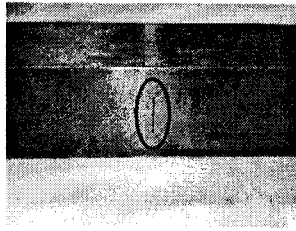


Fig. 4 EDM Notch

노치 시험편 제원은 다음과 같다.

- 시편 두께 : 43mm
- 시편 재질 : SM 45C
- 표면에서 노치 깊이 : 13mm
- 노치 제원 : 폭 0.1mm×높이 17mm

개발된 자동 초음파검사 시스템으로 취득된 초음파 신호로부터 A/B/C 스캔 이미지를 구현하였으며, 그 결과는 다음 그림 5와 같다.

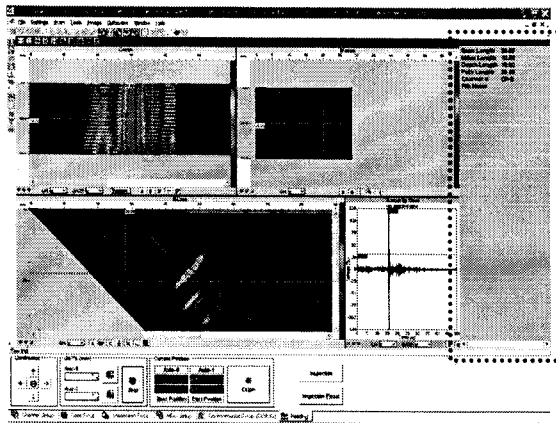


Fig. 5 A/B/C-Scan of Automated Ultrasonic Testing for Test Block

4. 결 론

자동 초음파검사 H/W를 구성하고, 배관 용접부의 자동 초음파검사를 위한 자동 초음파검사 프로그램을 개발하였다. 자동 초음파검사 프로그램은 초음파 신호취득, 신호처리 및 평가, 배관 스캐너 구동 및 시스템 관리 프로그램으로 구성되어 있으며, 유기적인 상호 연계를 통하여 최적의 자동 초음파검사가 수행될 수 있도록 개발되었다.

인공 결함 시험편에 대한 자동 초음파검사를 수행하여 개발된 프로그램의 유효성을 확인하였으며, 원전 배관 자동 초음파검사의 기량검증(Performance Demonstration)에 응시하여

시스템의 신뢰성을 확인하고자 한다.

향후, 개발된 시스템을 원자력 발전소 현장의 기기 또는 배관 용접부의 자동 초음파검사에 적용하고자 한다.

후 기

본 개발은 전력산업기반 연구개발사업인 “원전 배관 자동 초음파검사 신호 취득·평가 프로그램 개발” 연구과제의 일환으로 수행되었으며, 관계자분들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. ASME B&PV Code Sec. XI : Rules of Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, Division 1, 1995 (in English)
2. ASME B&PV Code Sec. V : Non-Destructive Examination, 1995 (in English)
3. R. L. Powis and W.J. Powis, "A Thinker's Guide to Ultrasonic Imaging", Urban & Schwarzwznberg, 1984
4. "Micorplus II Pod Communication Protocol Specification", Veritec Ltd, 2005.11
5. S. R. Doctor, M. D. Avioli, Jr., R. L. Barron and R. L. Beverly, "Improving Ultrasonic Inspection Reliability", Electric Power Research Institute, ERPI-NP-2568, 1982.8
6. "Intraspect Ultrasonic Imaging System", Operations Manual Ver. 6.0, AMDATA, 2003