

실시간 모니터링 가능한 비파괴 검사기 개발에 관한 연구

정승우 김무현 흥성원 채민규 전형주 홍상수 황희승 김빛나라 김여진 이혜현 차혜경 전지은 이지상 박관수
부산대학교 전자전기통신공학부

The Study on Development of NDT gauge with real time monitoring system

Mu Hyun Kim, Seong Woo Jung, Sung Won Hong, Min Ku Chae, Hyung Joo Jun, Hee Seung Hwang,
Bitnara Kim, Yeo Jin Kim, Hye Hyun Lee, Ji Eun Jun, Hye Kyung Cha, Ji sang Lee, Gwan Soo Park
Division of Electrical and Communication Engineering, Pusan National University

Abstract - 비파괴검사방식 중 자기누설 탐상법 (Magnetic Flux Leakage, MFL)은 선박의 표면이나 인간의 손이 닿지 않는 곳의 부식상태를 파악하기에 적합한 방법이다. 실시간 모니터링 가능한 자기누설 탐상 시스템은 빠르고 정확한 검사가 요구되는 대형 선박의 표면 검사에서 유용하게 사용될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 스파이더형의 소형 비파괴 검사기를 실시간 모니터링이 가능하도록 제작하였다.

1. 서 론

Lloyd's Register of Shipping 보고서에 따르면, 2006년 한 해 바다에서 일어난 100 G/T 이상 급 선박사고 중, 49.2% (59건)가 선박 내외부에 대한 관리 소홀에 의한 것으로 나타났다. 이에 따라 선박의 결함이나 부식상태를 효율적으로 측정할 수 있는 기술 및 기기개발에 대한 필요성이 증가하고 있다.

자기누설 탐상법은 다른 검사방식에 비해 비교적 간편하게 사용할 수 있는데다, 결함의 존재여부와 개수까지 정확하게 파악할 수 있기 때문에 선박 검사에 가장 적합한 방법으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 자기누설 탐상법을 이용한 비파괴검사기를 개발하였고, 이를 실시간으로 모니터링 가능하도록 설계해 산업현장에서 실제로 사용할 수 있도록 하였다.

개발된 비파괴검사기는 센서로 입력된 신호를 일련의 처리과정을 통해 관측자가 실시간으로 대상물체의 상태를 파악할 수 있도록 한다. 모니터 상에 나타난 신호의 변화를 관찰함으로써 결함이나 부식수준을 쉽게 알 수 있으며,

2. 본 론

2.1.1 자계인가시스템의 원리

자계인가 시스템은 검사하고자 하는 대상물체에 자기장을 인가하여 포화시킨다.

자기누설 탐지기가 자성체로 이루어진 대상물체를 통과할 때, 자계인가시스템은 이를 자기포화 시킨 후 자기회로를 구성하게 된다. 자기 포화된 대상물체가 결함이 있을 경우, 결함부분의 단면적이 줄어들게 되면서 자기저항이 커지게 되고 외부로 자기누설이 발생한다. 이 때, 결함 전후 누설 자기장의 변화를 측정함으로써 해당물체의 결함 정도를 파악할 수 있다.

2.1.2 자계인가시스템의 설계 및 제작

자계인가시스템은 표 1과 같이 2개의 Nd자석과 S45C 탄소강으로 이루어진 Magnetic Yoke로 구성된다. 그림 1의 자계인가시스템을 설계하여, 제작하였다.

2.2 스파이더형 검사기의 설계 및 제작

자기누설탐지기가 검사체 위에서 구동하기 위해서 충분한 power를 가진 모터와 검사면 과의 접촉 면적이 최대가 될 수 있게 하는 바퀴를 설계 및 제작하는 것이 매우 중요하다.

모터를 장착한 자기누설 탐지기가 검사면에 부착되기 위해서는 자석에 의한 인력(p)이 중력보다 커야 한다. 인력은 공극에서의 단면적과 자속밀도의 자승에 비례하게 되는데, 일반적으로 중력에 비해 매우 큰 값을 가지므로 탐상시스템은 검사면에 부착된 상태로 유지된다.

부착된 상태로 고정되어 있는 자기누설 탐지기가 검사면을 타고 이동하기 위해서는 보다 큰 power를 가지는 모터가 필요한데, 추진력이 인력과 중력의 벡터합보다 커야 하므로, 본 논문에서는 대상물체(절판)의 안전계수를 1.5로 가정한 후 모터의 power를 결정하였다. 동시에 바퀴와 검사면 사이에 충분한 마찰력을 발생시키기 위하여, 캐터필러와 폴리(pulley)를 이용한 바퀴를 사용하였다. 중력에 비해 강력한 힘으로 부착되어 있는 자기누설 탐지기가 이동하기 위해서는 모터의 추진력과 더불어 탐상시스템의 바퀴부분에 대한 별도의 설계가 필요하다. 검사면에서 자기누설 탐지기가 이동할 때 필요한 마찰력을 증가시키기 위해, 라텍스 코팅 및 고무벨트를 이용해 만든 캐터필러를 장착했고 바퀴를 폴리(pulley)형태로 제작한 모형을 그림 2에 나타내었다

표 1 자계 인가 시스템 구성요소의 기본 사양

영구자석	ND 자석, N35 Grade (Br 1.2T)	
	길이(L)	50 [mm]
	폭(W)	50 [mm]
Back yoke	두께(T)	
	S45C 탄소강	
	길이(L)	250 [mm]
	폭(W)	50 [mm]
	두께(T)	
	20 [mm]	

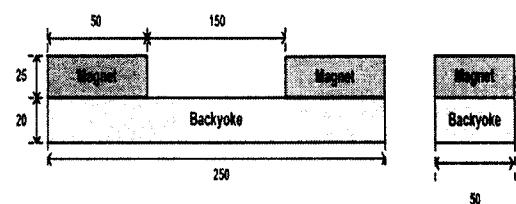


그림 1 자계인가 시스템 설계도

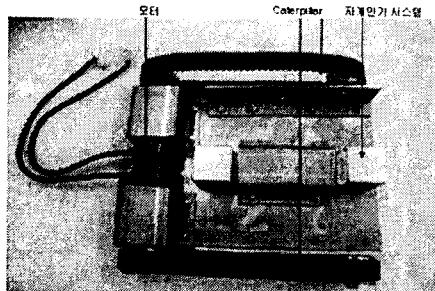


그림 2 자기누설탐상 시스템의 제작모형

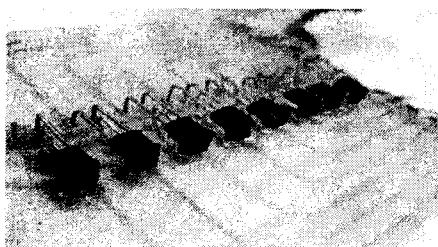


그림 3 제작된 센서시스템의 형상

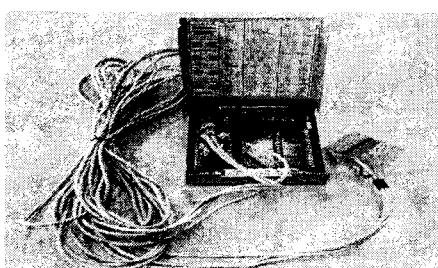


그림 4 DAQ 보드와 연결된 센서시스템

표 2 센서시스템 구성

Hall sensor	Alegro 社, 3515EU	
	5 [mV/G], -500 ~ +500 [G]	
	연직 방향	8 개
	진행 방향	8 개

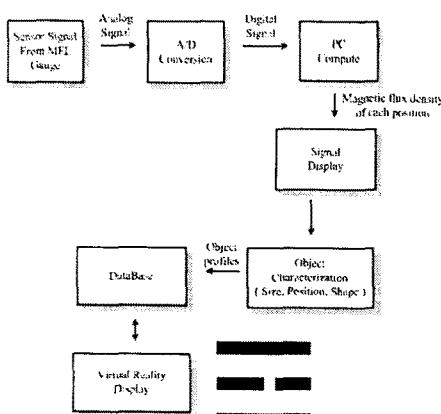


그림 5 신호처리시스템의 설계 알고리즘

2.3 센서시스템의 설계 및 제작

센서시스템에서는 자성체가 자기 포화될 때, 결합주위에서 발생하는 누설자속의 양을 측정하여 PC로 전달한다. 자기장을 측정하기 위한 센서로는 홀소자와 MR소자, 위컨트 효과소자 등이 있다. 이 중 Hall 센서는 가격이 저렴하고, 자계 측정 범위가 넓으며, 간편하게 다룰 수 있다는 장점이 있다. 이에 본 시스템에서는 Hall sensor를 사용하였다.

표 2는 센서시스템을 구성하는 Hall 센서의 기본 사양을 나타냈다. Hall 센서로 읽어 들인 신호를 전달하는 역할을 하는 PCB기판은 그림 3과 같이 연직방향 및 진행방향으로 각각 8개씩의 센서를 부착하여 구성할 수 있다. 센서를 통해 받아들인 신호를 PC로 전달하기 위해, 그림 4와 같이 센서가 부착된 PCB기판을 data 수집 장치인 DAQ보드와 연결하였다.

2.4 실시간 모니터링 시스템의 설계

센서로부터 검출되는 신호는 아날로그 신호이기 때문에 디지털로 변환하는 A/D 컨버터가 필요하며, 변환된 신호를 PC에서 입력을 받아 디스플레이하거나 대상물체의 이상 유무를 판단하는 시스템이 필요하다. 현재 National Instrument사에서 공급하고 있는 DAQ 보드와 Labview가 보편화 되어 있어, 이를 이용하여 신호변환 및 디스플레이를 쉽게 구현할 수 있다.

센서로부터 검출된 신호를 분석하여 대상물체의 결합유무를 판정하기 위해서는 검출된 신호 중 하드웨어에서 발생하는 노이즈를 제거하는 기술이 필요하고, 노이즈가 제거된 신호에서 대상물체의 결합 관련된 신호만을 추출하여야 한다. 비파괴 검사기로부터 검출되는 신호는 자기장이 방향성을 가지는 벡터성분이기 때문에 각각의 성분을 측정하여 조합하여야 한다. 본 보고서에서는 비파괴 검사기의 진행방향 자기장 성분과 연직방향 성분의 두 가지 성분으로 분류하여 검출한다.

그림 6은 자기누설 탐상시스템의 신호처리 알고리즘이며 이는 Hall 센서로부터의 자기신호 획득 및 실시간 디스플레이, 획득 신호에 대한 정량적 분석을 위한 디지털 신호처리, 신호 처리된 자료로 부터의 영상처리 등으로 이루어진다.

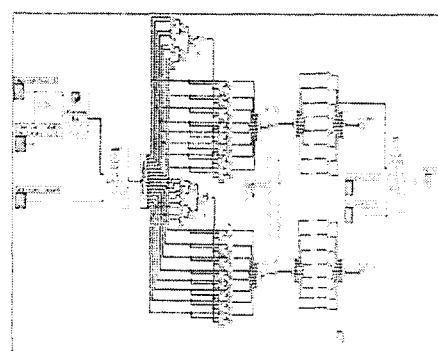


그림6 Labview의 블록다이어그램



그림 7 30 x 30 x 5 [mm] 결합판

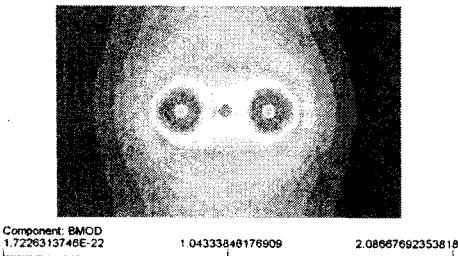


그림 8 검사체가 지나갈 때의 simulation

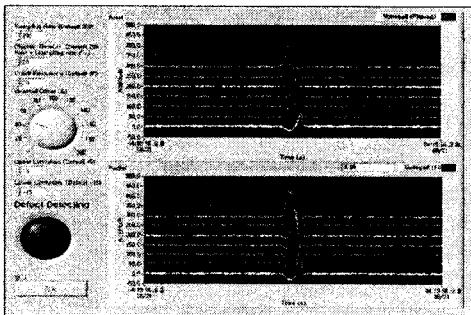


그림 9 Labview로 구현한 신호처리 시스템

2.5 실시간 모니터링 시스템의 소프트웨어 설계

자기누설 탐지기의 소프트웨어란, 센서에서 불러들여온 신호를 실시간으로 파악할 수 있도록 Labview를 이용하여 구성한 신호처리시스템이다.

Hall 센서로부터 자기신호를 획득하고 신호처리를 통해 실시간으로 이를 디스플레이하게 되며, 이 때 디지털 신호처리와 영상처리가 이루어지게 된다.

이러한 알고리즘으로 설계한 신호처리시스템에서는 PCB 기판에서부터 전달된 연직 방향 및 진행 방향의 신호가 구분되어 나타난다.

그림 7의 결합 판을 가지고 Vector Fields사의 Opera를 이용하여 simulation해본 결과 그림 8의 자기장 분포를 알 수 있었고, Labview를 통해 실시간으로 신호를 분석하면, 그림 9 과 같이 결함이 있는 부분과 없는 부분의 결과를 알 수 있다. 자기누설 탐지기가 결함이 없는 대상물체를 지나갈 경우 신호가 일정한 값을 유지하지만 결함이 존재하는 지점을 지날 때, 누설된 자기장에 의한 순간적인 신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 자기누설 탐지법과 신호처리시스템을 이용해 이동성을 갖추고 실시간으로 모니터링이 가능한 비파괴검사기를 설계하였다. 기존 비파괴검사기의 경우, 협소한 장소나 사람의 손길이 닿기 어려운 곳에서 사용하는 것이 어렵고, 시간이 오래 걸리는 단점이 있었지만, 실시간 모니터링 시스템과 스파이더형의 구동능력을 갖춘으로써 이러한 단점을 보완할 수 있다.

향후 센서시스템의 보완을 통해 더욱 정밀한 결합측정이 이루어져야 하며, 실시간 신호 분석 시 노이즈(Noise)를 최소화시킬 수 있는 방안이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ruiz, N. Vera, P. Curpian, J. Martinez, D.Mata, "Matching pursuit-based signal processing method to

- improve ultras onic flaw detection in NDT applications", "Electronics Letters, vol.39, issue 4, Feb. 2003, pp.413-414
- [2] Clauzon, T. Thollon, F. Nicolas, A. "Flaws characterization with pulsed eddy currents NDT", "Magnetics, IEEE Trans. on, vol.35, issue 3, May 1999, pp.1873-1876
- [3] Hyang-Beom Lee, Dong-Hun Kim, "Impedance calculation for a plate with crack in eddy current NDT using 3D indirect BIEM", "Magnetics, IEEE Trans. on, vol.36, issue 5, Sept. 2000, pp.3131-3133
- [4] Hartmut Ewald(2003,5), "3-Dimensional Magnetic Leakage Field Sensor in Non destructive Testing", "IMTC 2003 - Instrumentation and Measurement Technology Conference Vail, CO, USA, 20-22
- [5] Gwan Soo Park and Sang Ho Park(2004, 3), "Analysis of the Velocity Induced Eddy Current in MFL Type NDT", "IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS, 40, 2
- [6] C Mandache, B Shiari, Clapham(2005,5), "Defect Separation Considerations In Magnetic Flux Leakage Inspection", "Insight, 47,5
- [7] Gwan Soo Park, Eun Sik Park(2002,3), "Improvement of the Sensor System in Magnetic Flux Leakage Type nondestructive Testing(NDT)", "IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS, 38, 2
- [8] J. Bruce Nestlroth, Steven W. Rust, and David A. Burgoon(1996), "Determining Corrosion Defect Geometry from Magnetic Flux Leakage PIG Data", "The NACE International Annual Conference and Exposition CORROSION 96, Paper No. 44, 1996, pp. 1-11
- [9] JK. K. Tandon(1997,2), "MFL tool hardware for pi pipeline Inspection", "Mateia Is Selec. Design, pp. 75-79
- [10] G. S. Park, P. W. Jang, and Y. W. Rho(2001,3) "Optimum design of a nondestructive testing system to maximize magnetic flux leakage" "J. Magn vol. 6, no. 1, pp. 3 1-35
- [11] Weimin Shen, Jason Gu and Yanjun Shen(2005,7), "Proposed Wall Climbing Robot with Permanent Magnetic Tracks for Inspecting Oil Tanks", "Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics & Automation Niagara Falls
- [12] Wang Yan, Liu Shuliang, Xu Dianguo, Zhao Yanzheng, Shao Hao and Gao Xueshan(1999,5), "Development & Application of Wall-Climbing Robots", "Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation Detroit, Michigan
- [13] Young Jun Seong Bong Kyun Jo-Gen Bo Lee, Young Whan Lee, Young Chi Park, Il Whan Park, Gil Jung Park, Gwan Soo Park(2006,4), "Division of Electrical and Communication Engineering, Pusan National University", "2006년도 대한기학회 전기기기 및 에너지변환 시스템 부문회 춘계학술대회 논문집"