<Technical Lecture>
Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 35, No. 4: 275-277, 2015
ISSN 1225-7842 / eISSN 2287-402X http://dx.doi.org/10.7779/JKSNT.2015.35.4.275

전자기 비파괴검사의 개요

Overview of Electromagnetic Nondestructive Testing

신영길(군산대학교 전기공학과)
Young Kil Shin (Email: ykshin@kunsan.ac.kr)

1. 서 론

전자기 비파괴검사는 시험대상물을 손상시키거나 파괴하지 않고 원형 그대로 유지한 상태에서 시험물의 표면과 내부의 결함 유무와 상태, 또는 시험 대상물의 성질, 구조 등을 조사하기 위하여 전기자기학의 원리를 이용하는 검사법을 말한다. 대표적인 전자기 비파괴검사법의 예로 자기 비파괴검사(자분탐상, 자속누설탐상)와 와전류 비파괴검사(일반 와전류 탐상, 원격장 와전류 탐상, 펄스 와전류탐상)를 들 수 있고, 기타 많은 전자기 비파괴검사법이 존재한다. 그러나 전자기 비파괴검사법은 다른 검사법에 비해 활용도 면에서 많이 뒤처져 있으며, 관련 연구 활동도 활발하지 않은 듯하다. 이에 전자기분과에서는 학회지에 매년 1회씩 전자기 비파괴검사에 관한 기술 강좌를 게재할 예정이다. 본 고에서는 전자기 비파괴검사의 체계 및 관련 연구분야, 전자기 비파괴검사법의 종류, 검사 방법 선택과 고려사항 등에 대해 개괄적으로 언급하고자 한다.

2. 전자기 비파괴검사의 체계 및 관련 연구분야

전자기 비파괴검사의 체계는 Fig. 1에 보인 바와 같이 일반적인 비파괴검사 체계와 유사하다. 먼저, 적절한 강도와 크기, 분포를 갖는 에너지원이 입력 변환기를 통해 시험대상물의 의심스러운 부위에 가해진다. 탐상 에너지와 시험체내에 존재하는 결함이나 혹은 재질상의 변형은 서로 작용하여 탐상 에너지의 강도나 분포, 진폭, 위상 등에 변화를 발생시킨다. 이렇게 발생된 변화를 그런 변화에 민감하게 반응하는 출력 변환기를 센서로 사용하여 채취한다. 와전류탐상에서 사용되는 절대코일과 같이 특정한 경우에는 입력 변환기와 출력 변환기가 같을 수도 있다. 센서에서 채취된 신호는 잡음을 제거하거나 검사 목적에

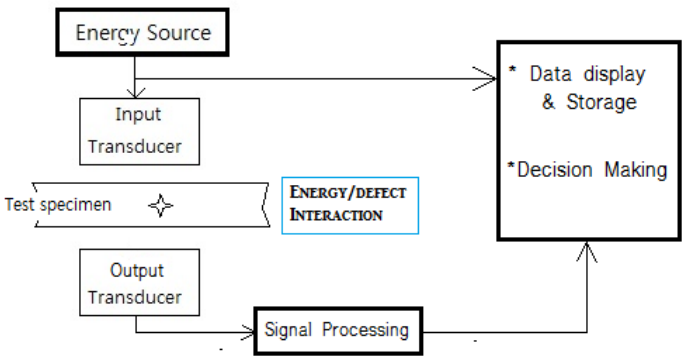

Fig. 1 전자기 비파괴검사의 체계

ⓒ 2015, Korean Society for Nondestructive Testing

부합되도록 신호처리 과정을 거치며 또한 필요한 경우에는 입력 에너지와의 비교를 통해 신호의 분석과 해석에 유용한 형태로 표시되며 저장된다. 이렇게 저장된 신호 데이터들은 검사원에 의해 평가되거나 미리 확립된 판정기준에 따라 시험대상물의 사용가능 여부에 대한 합부 판정을 결정하게 된다. 이러한 역할 때문에 비파괴평가라는 용어가 사용되기도 한다[1,3].

이러한 검사 체계를 고려하면 전자기 비파괴검사의 연구분야로 전기자기학 및 수치해석 방법을 사용한 탐촉자의 설계, 에너지와 결함(혹은 재질변형) 사이의 상호작용 모델링을 통한 forward problem 해법 연구, forward problem 해법에 의해 예측된 결함 신호들을 축적시킨 database로부터 결함의 위치나 형상에 대한 정보를 얻어내는 inverse problem 연구 등을 들 수 있다. 또한 고위험 영역에서 탐촉자의 정밀한 스캐닝을 위한 로보틱스 연구, 데이터들을 가공하여 필요한 정보를 가시화함으로써 쉽게 신호를 해석하고 데이터를 분석할 수 있게 해 주는 image processing, inverse problem 해법과 연계된 신경회로망, 시험체의 건전성 및 합부판정 평가와 관련된 자동화 등도 전자기 비파괴검사에 필요한 연구분야라 할 수 있다.

3. 전자기 비파괴검사법의 종류

물질의 전기적, 자기적 특성은 전도도, 유전율, 투자율로 구성되며, 이들은 물질의 구조적, 기계적 특성과 관련이 있다. 따라서 물질의 전기적, 자기적 특성을 조사하면 그 물질의 구조적, 기계적 특성도 평가할 수 있게 된다.

전자기 비파괴검사의 종류는 탐상 주파수에 따라 다음과 같이 분류해 볼 수 있는데, 주파수가 낮을수록 공급된 전력중 소량만이 결함 부위에서 감지되며, 주파수가 높아질수록 배경이론은 더 복잡해지지만 결함 정보는 더 풍부해 지며 전력 효율도 좋아진다.

i) 0 to low frequency;
DC potential drop (DCPD) method,
Magnetic flux leakage (MFL) method
Magnetic particle inspection (MPI)

ii) Quasi - static (10 Hz - 10 MHz);
Eddy current test (ECT),
Remote field eddy current test (RFECT),
Pulsed eddy current test (PECT),
AC field measurement (ACFM) method

iii) High frequency;
Microwave test

간략히 설명하자면 자속누설탐상법(MFL)이나 자분탐상법(MPI)은 강자성체에만 적용되는 검사법이며, 여러 와전류탐상법(ECT, RFECT, PECT)들은 양도체의 검사에 사용되는 방법이다. 극초단파 마이크로웨이브 검사법은 보통 유전체의 검사에 적용된다. 전자기 비파괴검사 방법들은 대부분 비접촉식이어서 검사 속도가 빠르다는 장점이 있으나, 전위차법(DCPD)이나 교류자계 측정법(ACFM)은 접촉식 방법으로 반도체나 양도체의 미세한 결함을 검출하는데 사용된다. 각각의 검사 방법에 대한 자세한 설명은 추후 기술강좌에서 다뤄질 것이다.

4. 검사 방법의 선택

전자기 비파괴검사는 금속과 비금속에 모두 적용될 수 있는데, 적절한 검사 방법은 시험대상물의 재질과 크기, 주변 환경, 찾고자 하는 관심대상의 위치 등을 고려하여 결정된다. 완벽한 검사를 위해서는 대개 두, 세 가지 검사법을 함께 사용해 볼 필요가 있다. 검사는 안전과 경제성, 효율을 고려하여 주의 깊게 계획되어야 하는데, 제일 먼저 해야 할 일은 가능한 한 눈과 손 접촉으로 면밀하게 조사해 보는 것이다. 비싼 장비와 소중한 시간을 들여 찾은 결함이 찾고 나서 보니 맨눈으로도 보이는 경우가 흔히 발생하기 때문이다[2].

교류를 사용하는 전자기 비파괴검사에서 주의해야 할 점은 표피효과에 의해 전계나 자계 및 와전류가 머무를 수 있는 깊이가 제한된다는 점이다. 이 침투 깊이는 주파수와 투자율, 전도도가 높을수록 얕아지므로 결함의 예상 위치에 따라 주파수를 조절하거나, 탐촉자의 크기를 변화시켜 검사해야 한다. 와전류탐상에 의한 얇은 도체판의 두께 측정이나 금속기판에 코팅된 전도도가

다른 물질의 두께 측정에서 침투 깊이를 고려한 적절한 주파수 선정은 매우 중요한 사항이다.

한편, 교류를 사용하더라도 와전류탐상과 달리 전도성이 없는 유전체의 검사에 사용되는 극초단파 마이크로웨이브는 장거리에 전파될 수 있고 두께와 같은 치수를 측정하는데 유용하다. 이 검사법은 또한 내부결함의 크기 측정에도 사용될 수 있으며, 비접촉식이어서 접촉매질이 반드시 필요한 초음파탐상에 비해 유리한 점도 있다.

강자성 구조물의 표면이나 표면직하 결함을 찾는데는 자분탐상법이 유용하며, 센서를 사용한 정량적인 검사에는 자속누설탐상법을 사용할 수 있다. 그밖에 도체 구조물의 표면결함은 와전류탐상법과 전위차법, 교류자계 측정법(ACFM) 들을 사용하여 검출할 수 있다.

5. 맺음말

비파괴검사 방법을 선택함에 있어 적절한 결정을 내리기 위해서는 여러 비파괴검사 방법들의 원리와 이 방법들이 다른 목적을 가진 검사에도 적합한지에 대한 충분한 지식이 요구된다. 전자기 비파괴검사법은 다른 검사법에 비해 활용도가 많이 떨어지는데 검사 방법 자체의 제약이 있기 때문이기도 하겠지만 검사 방법이 전기자기학의 배경지식을 필요로 하고 있어 널리 알려져 있지 않은 탓도 있을 것이다. 이에 전자기분과에서는 경험지식이 풍부한 검사 전문가들에게 의뢰하여 전자기 비파괴검사에 관한 실무형 기술강좌를 매년 연재할 예정이므로 기대를 갖고 지켜봐 주시기를 부탁드린다.

참고문헌

[1] William Lord, "Class Notes," Iowa State University (1990)

[2] Jack Blitz, "Electrical and Magnetic Methods of Nondestructive Testing," Adam Hilger, Bristol, New York (1991)

[3] 박은수, 박익근, 송성진, "비파괴평가공학", 학연사 (2001)