

비접촉 초음파 검사기법을 이용한 필렛 용접부 탐상

Detection of Defect in Fillet Weldments Using Non-contact Ultrasonic Method

박태성*, 김현묵**, 박익근***, 이철구***, 김용권****, 조용상*****

* 서울산업대학교 산업대학원

** 한양대학교 대학원

*** 서울산업대학교 기계공학과

**** 서울산업대학교 에너지·환경대학원

***** 한국전력 전력연구원

1. 서 론

시험체의 표면 및 표면직하의 비파괴검사방법에는 자분탐상시험(MT), 침투탐상시험(PT), 와전류탐상시험(ECT)등이 있으나, 이들 검사방법은 검사하고자 하는 시험체의 종류나 형상에 크게 제한을 받기 때문에 결함을 정량적으로 평가하는 것이 곤란하며, 특히 시험체에 접근이 불가능한 경우에는 적용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 주로 내부결함 검출에 사용되고 있는 초음파탐상시험을 표면결함 검출에 적용하는 비파괴검사가 적용되고 있으나¹⁾, 기존의 방법은 대부분 압전형 탐촉자를 이용하는 접촉식 방법으로 접촉매질, 접촉압력, 표면상태 등에 따라 검사결과가 달라져 신뢰성이 저하되는 원인이 되고 있다. 최근에는 이러한 접촉식 초음파검사기법의 한계를 극복하기 위해 비접촉 초음파검사기법들이 개발되고 있다²⁻⁴⁾.

대표적인 비접촉 초음파검사기법의 하나로서 로렌츠 힘과 자왜효과를 이용한 EMAT(electromagnetic acoustic transducer)에 대한 연구가 급속히 연구가 진행되고 있다.⁵⁻⁷⁾

본 연구에서는 각종 건축구조물, 발전 플랜트 설비 등에 다양하게 이용되는 필렛 용접부의 표면결함탐상에 EMAT을 적용하였다. 필렛 용접부의 힐(heel)부에는 표면에서 용접열영향부를 따라 45°~55°의 경사로 균열이 발생하는 경우가 많다. 이러한 검사부위는 일반적으로 검사자의 접근이 어렵고, 기하학적인 복잡성 때문에 Rayleigh파 또는 Creeping파를 적용하는 기존의 표면파를 이용하는 초음파검사기법으로는 탐상이 불가능하다. 그러나 표면SH파는 음파의 진동방향이 탐상면과 평행하게 진동하며 전파하기 때문

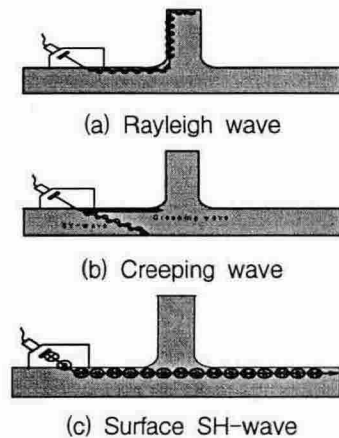


Fig. 1 Propagation direction of each surface wave types at fillet weldments.

에 표면상태에 영향을 적게 받고 진동모드가 간단하여 필렛 용접부의 힐부에 존재하는 표면크랙과 같은 결함검출에 유용하다. Fig. 1은 필렛 용접부를 전파하는 표면파의 종류별 전파경로를 보여준다. 그러나, 기존의 압전소자를 이용하는 접촉식 표면SH파법은 횡파를 직접 시험체중에 전달하기 때문에 고점성의 접촉매질을 사용해야 하며, 탐상조건이 까다로워 현장적용성이 떨어지고 검사자동화에 어려움이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 비접촉 초음파검사기법을 제안하고, 유용성 유무를 실험적으로 검증하여 실용성 있는 비접촉 초음파검사기법을 개발하고자 한다.

2. EMAT에 의한 표면 SH파의 발생

도체가 전기장내에 놓이면, 도체내의 이온들은 전기장에 의한 영향과 전자들의 충돌이 일어난다. 전기장내에서 이온들은 전자들과 반대방향으로 운동하며, 전자들과의 충돌에 의해 운동에너지를

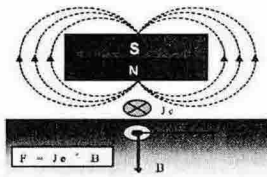


Fig. 2 Wave generation mechanism of the EMAT

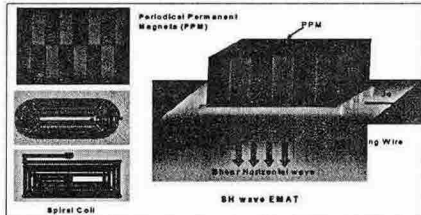


Fig. 3 Structure and coil of the general EMAT for the SH wave

전달받는다. 이러한 운동에너지 전달에 의한 힘은 전기장에 의해 받는 힘의 크기와 거의 같고 방향만 반대이므로 전기장내에서 받는 힘은 무시할 수 있다. 그러나 자기장이 전기장내에 있는 도체에 가해지면 도체내의 전자들과 이온들은 로렌츠 힘을 받게 된다.(Fig. 2참조)

로렌츠 힘을 이용하여 SH파를 발생하는 경우, 전파방향에 대해 수직인 면내의 힘을 일정 간격마다 힘의 방향을 180°로 반전하여 전달한다. 따라서 Fig. 3과 같이 자석의 극성을 반전시킨 배열형 자석이 사용된다.^{4,5)}

3. 실험장치 및 조건

3.1 접촉식 표면SH파 검사시스템

Fig. 4는 접촉식 표면SH파를 이용하여 필렛 용접부를 탐상하기 위해 구성한 펄스반사식 초음파 검사시스템의 구성도이다. 압전형 초음파 탐촉자는 초음파탐상기에 의해 구동되고, 수신된 표면SH파는 탐상기에 A-Scan모드로 표시된다. 수신된 신호는 디지털 오실로스코프에 RF신호로 나타난다. 또한 다른 표면파와의 비교를 위해 Rayleigh파 탐촉자와 Creeping파 탐촉자를 사용하였다.

3.2 비접촉식 표면SH파 검사시스템

Fig. 5는 EMAT을 이용하여 표면SH파를 발생시키기 위한 검사시스템의 구성도이다. SH파를 발생시키기 위한 EMAT은 고출력 초음파 발수신기를 이용하여 톤버스트 신호로 가진한다. 발생된 표면SH파는

동일한 형상의 수신용 EMAT으로 수신되고 프리앰프에서 증폭된 후 발수신기의 수신입력단자로 연결된다. 수신신호는 다양한 신호처리 및 저장을 위해 디지털 오실로스코프로 출력되어 신호의 평균화 및 주파수 분석 등을 수행할 수 있도록 구성하였다.

3.3 필렛 용접부 시험편

Fig. 7은 필렛 용접 시험편의 치수와 형상을 나타내며, 필렛 용접부의 한쪽 힐부에는 길이가 다른 EDM 노치를 가공하였다. 노치의 깊이는 2mm이며, 폭은 0.3mm이고, 길이는 각각 5, 7, 10mm이다.

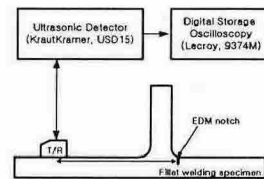


Fig. 4 Experimental setup for contact surface SH-wave

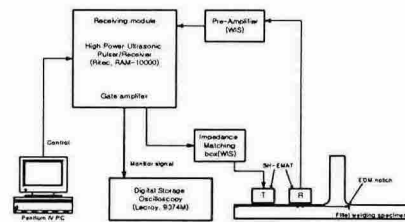


Fig. 5 Experimental setup for SH-EMAT



Fig. 6 Shape of EMATs and magnetics

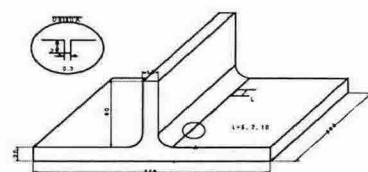


Fig. 7 A specimen of fillet weldment

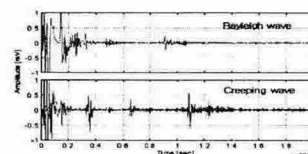


Fig. 8 RF-signal of Rayleigh wave and Creeping wave in the fillet weldment

4. 실험결과 및 고찰

4.1 접촉식 표면SH파 결함 탐상

Fig. 8은 Rayleigh파와 Creeping파를 이용하여 필렛 용접부를 탐상한 경우의 수신신호이다. Rayleigh파는 Fig. 1(a)에 나타난 것과 같은 전파 방향으로 파가 진행하기 때문에 EDM 노치를 검출 할 수 없었으며, Creeping파는 근거리에서 필렛 용접부의 힐부에 위치한 결함검출은 가능하나, 거리에 따른 감쇠가 크고, 동시에 발생하는 SV파로 인해 탐상파형이 복잡해져 결함신호의 판독에 어려움이 있다.

Fig. 9는 표면SH파를 이용하여 필렛 용접부를 탐상한 결과이다. 다른 표면파와는 달리 EDM 노치에서 반사된 신호만이 단일하게 나타나 결함신호의 판별이 상당히 용이함을 확인 할 수 있다.

4.2 비접촉식 표면SH파 결함 탐상

EMAT은 일반적인 압전형 탐촉자와는 달리 방향성이 없이 송·수신되기 때문에 탐촉자들의 배치를 주의해야 한다. Fig. 10은 수신용 EMAT을 필렛용접 힐부 끝단에서 13mm 떨어진 위치에서 수신한 신호이다. 이때 송신자와 수신자의 간격은 102mm이다. 따라서, 35 μ sec부근에 나타난 신호는 송신자에서 수신자로 직접 수신된 신호는 EDM 노치에서 반사된 신호로 판단된다. 이때 SH파의 음속은 3100m/sec이다.

5. 결 론

본 연구에서는 일반적인 탐상법으로 결함검출이 어려운 필렛용접이음의 heel부를 효과적으로 탐상하기 위해 비접촉 SH-EMAT법을 제안하였으며, 실험을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

접촉식 표면SH파는 Rayleigh파나 Creeping파와는 달리 표면직하로 전파하기 때문에 필렛용접이음의 heel부에 존재하는 결함검출이 가능하였으나, 탐상조건이 까다로운 단점으로 인해 검사 자동화 및 현장적용에는 한계가 있다. 반면, 비접촉의 SH-EMAT을 적용할 경우, 비접촉의 장점으로 탐상조건이 기존의 표면SH파법에 비해 상대적으로 편리하여 검사자동화에 유용하다고 판단되며, 특히 필렛용접이음의 heel부와 같은 구조물에는 효과적인 탐상기법으로 적용이 가능할 것으로 판단된다.

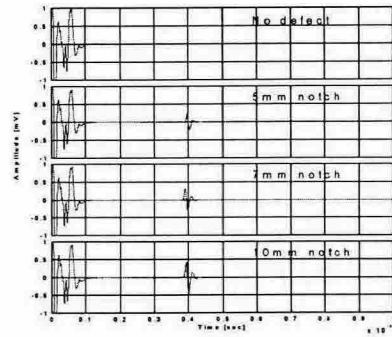


Fig. 9 RF-signal of contact surface SH-wave in the fillet weldment

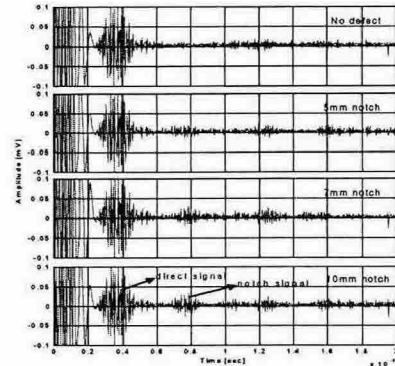


Fig. 10 RF-signal of EMAT in the fillet weldment

참고문헌

1. Ik Keun Park, Hyun Mook Kim, Chul Gu Lee, Euy Jong Lee, "Experimental Varification on the Detectability and Quantitative Evaluation of Surface Flaws Using Surface SH-Wave Ultrasonic Method(Part 2)", KSNT/FC9910 (1999), pp. 100-112
2. Bong Young Ahn, Young Joo Kim, Young Gil Kim, Seung Seok Lee, "Development of an EMAT System for Detecting Flaws in Pipeline", Journal of KSNT, 24-1 (2004), pp. 15-21
3. R. Murayama, " A Survey of Electromagnetic Acoustic Transducer", J. JSNDI, 52-2 (2002), pp. 63-67
4. M. Hirao and H. Ogi, " Noncontact Monitoring of Fa Process with Electromagnetic Acoustic Resonance", J. JSNDI, 51-2 (2002), pp. 79-82
5. M. Hirao and H. Ogi, " EMATs for Science and Industry Noncontacting Ultrasonic Measurements", Kluwer Academic Publisher, (2003)
6. J. S. Lim, R. B. Thompson, "Precise velocity measurement using EMAT's", KSNT/SC0009, pp. 54-58, (2002)
7. B. W. Maxfield, C. M Fortunko, "Design and Use of Electromagnetic Acoustic Wave Transducers(EMATs), Materials evaluation, 41-12 (1983), pp. 1399-1408