

초음파를 이용한 일반구조용압연강(SS400) 열화에 관한 연구

A study on degradation of SS400 using by ultrasonic waves

*주영찬¹, #이원¹, 선상원¹, 윤인식², 이길재³, 정의섭⁴, 이종대⁵, 박희동⁶, 황영탁⁷, 조명기⁸

*Y. C. Joo¹, #W. Lee(yiwon@ssu.ac.kr)¹, I. S. Yun², G. J. Lee³,
E. S. Jeong², J. D. Lee², H. D. Park⁵, Y. T. Hwang⁶, M. K. Cho⁷

¹승실대학교 기계공학과, ²경기과학기술대학교 메카트로닉스과, ³한국동서발전(주) 발전처, ⁴한국과학기술정보연구원, ⁵경기과학기술대학교 정밀기계과, ⁶한국건설자재생활환경시험연구원, ⁷강원대학교 메카트로닉스과, ⁸엠케이씨코리아

Key words : SS400, Ultrasonic, Degradation, Fatigue, Longitudinal wave

1. 서론

SS400은 일반구조용 압연강재로 선박, 차량 등 모든 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 고온, 고압 조건에서 오랜 시간 사용되면 외부요인에 의하여 초기 페라이트(ferrite)와 미세조직의 탄화물이 구상화되며 입계로 석출되어 초기의 기계적 특성이 저하되는 열화가 발생하는 것으로 알려져 있다.¹⁾

열화는 구조물로부터 시료를 채취하여 평가하는 것이 가장 정확하나 실제 현장에서 가동 중인 기계 및 기계구조물에 손상을 입히지 않고 시험편을 채취한다는 것은 사실상 어렵고 시간적, 경제적으로 많은 어려움이 있기 때문에 파손시키지 않고 손상 정도를 모니터링 할 수 있는 비파괴 연구법이 필요하다.

현재 열화 현상의 비파괴적 평가 방법으로 초음파법, X-선 회절법, 전기 비저항 측정법, 표면 복제법, 경도 측정법, 전기화학적 방법, 마크하우젠노이즈법 등 다양한 평가 기법이 있다. 초음파 시험법은 재료에 초음파를 입사시켜 되돌아오거나 투과된 초음파를 받아 분석함으로써 재료 내부의 정보를 파악함으로써 방사선 투과의 피폭 등의 문제가 없으며, 실시간 처리가 가능하다는 장점이 있다.²⁾

초음파 법에서 주로 이용되는 음파는 종파이며 입자가 파의 진행방향과 평행하게 진동하는 파를 말하며 일명 압축파 및 L파라고도 한다. 고체, 액체, 기체 모두 존재하며 매질의 입자운동방향이 파의 진행 방향과 평행하게 진동하며 음속 중에서 가장 빠른 특징이 있다. 반면 횡파는 종파에서와 같이 탄성충돌에 의할 수 없고, 입자 간에 강한 인력이

있어야 전달되므로 고체에서만 탐상이 가능하며 동일 주파수에서 종파속도의 약 1/2 정도이다. 기존에 종파에서는 열화차이와 횡파의 속도가 느린 점을 이용하여 열화된 시험편의 초음파 신호 차이를 확인하려고 한다.

따라서 본 연구에서는 일반구조용 압연강재(SS400)에 대하여 피로실험을 수행하고 피로실험으로 인해 파단 된 시험편과 기존 모재를 종파와 횡파 센서를 이용하여 초음파 탐상하고 측정결과를 상호 비교 하고자 한다.

2. 실험방법 및 장치

본 연구에서 사용한 시험편은 KS B ISO 1099 규격에 따라 환봉 형상으로 제작한 SS400 이며 본 재료의 화학적 성질과 기계적 성질을 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

실험에서는 10 ton 전기 유압식 서보필서 피로 시험기를 사용하였고 필서 리시버는 MKC Korea 사의 XTR-2020을 사용하였으며 IWATSU사의

Table 1 Chemical composition of SS400

SS400 (wt, %)					
C	SI	Mn	P	S	Fe
0.046	0.022	0.21	0.004	0.004	Bal

Table 2 Mechanical properties of SS400

Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
351	475	34.7

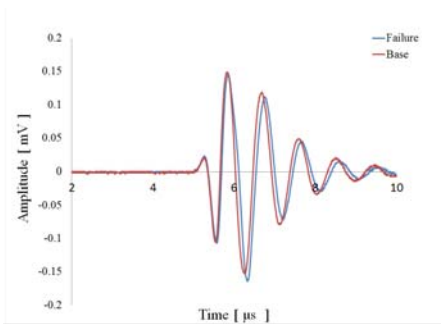


Fig. 1 Ultrasonic Transverse wave

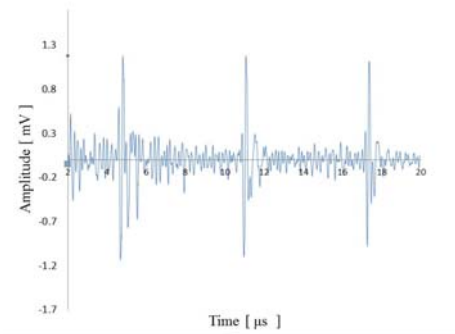


Fig. 2 Ultrasonic Longitudinal wave (Base)

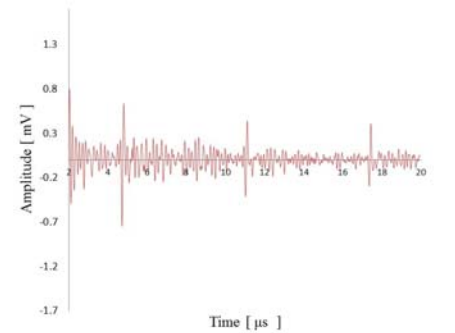


Fig. 3 Ultrasonic Longitudinal wave (Failure)

DS-5512 오실로스코프를 사용하여 신호를 획득하였다. SS400강재의 피로시험 조건은 응력 비 $R=0$, 주파수 10Hz, 온도는 실온에서의 파단이 날때까지 인장피로시험을 행하였다. 이 후 10MHz의 종파 탐촉자를 이용하여 파단된 열화재와 모재의 초음파 신호를 획득하였으며 동일한 방법으로 횡파 탐촉자를 이용하여 측정하였다. 측정은 각각의 시험편 및 센서에 따라 5회 이루어 졌으며, 그중 대표 값을

이용하여 Fig. 1-3처럼 도시화하였다.

3. 실험결과

Fig. 1에서 확인할 수 있듯이 기존 종파 탐촉자에서는 음속과 에코 값이 크게 차이나지 않음을 확인하였으나 횡파 탐촉자에서는 Fig. 2의 에코 값을 기준으로 Fig. 3의 파단된 열화재의 에코 값이 약 30% 이상 감소함을 확인할 수 있었다.

이는 횡파 속도가 종파속도보다 약 1/2 정도 느린기 때문에 재료에 입사되어 투과되는 시간이 늘어나는 만큼 에코 값이 감쇠(attenuation)율이 높을 것으로 추정할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 강구조물 SS400에 대하여 피로실험을 수행하고 피로실험으로 인해 파단된 시험편을 초음파의 횡파센서와 종파센서를 이용하여 각각의 초음파 신호 값을 획득하였다. 이 후 신호를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

초음파의 횡파 탐촉자를 이용한 신호에서는 피로시험으로 열화된 시험편은 모재보다 음속의 증가 및 에코 값의 감소함을 알 수 있다

초음파의 횡파를 이용하면 종파를 이용하는 것보다 초음파의 에코강도의 차이가 더 커 가시화하기 좋아 종파보다 보다 쉽게 열화상태를 수월하게 확인할 수 있으나 횡파 탐촉자를 이용하여 측정하기의 어려움이 극복한다면 실제 적용될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. L. H. Toft, R. A Mardsen, "the structure and properties of 1%Cr0.5%Mo steel after service in GEGB power station", Conference on structural processes in creep, JISI/JIM, London, 275, 1963.
2. 이원, 윤인식, "프랙탈 해석을 고려한 용접 결합의 초음파 형상 인식 최적화에 관한 연구," 대한기계학회논문집, Vol. 22. No. 11, 1978-1982, 1998.