

웨이브가이드를 이용한 음향방출센서의 신호 감도 분석

하민규*, 김상우*

*한국재료연구원

e-mail:kimsw@kims.re.kr

Signal sensitivity analysis of acoustic emission sensor using waveguides

Mingyu Ha*, Sangwoo Kim*

*Korea Institute of Materials Science, Korea

요약

최근 음향방출기법을 이용하여 금속 소성가공공정 중 발생하는 음향방출신호를 분석함으로써 불량 검출과정에서 실시간 모니터링 기술로 음향방출기법을 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 소성변형중인 금속소재의 형태변화로 인해 음향방출센서의 접촉면적이 일정하게 유지되지 못하는 단점이 있어 최소한의 접촉면적으로 신호를 전달할 수 있는 방법이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 스파이크 형태의 웨이브가이드를 이용하여 음향방출신호를 측정함에 있어, 스파이크 웨이브가이드의 직경 및 길이 등 형상특성이 음향방출센서의 신호감도에 미치는 영향을 분석하였다.

1. 서론

비파괴 검사방법 중 음향방출기법은 항공우주와 원자력 등의 분야에서 고압용기의 파괴 예지 및 감시에 주로 활용되고 있지만, 최근 소성변형 중 발생하는 균열을 검출할 수 있다는 연구가 보고되고 있다. Behrens 등은 스틸과 알루미늄 합금의 냉간단조 공정 중 발생하는 균열생성을 음향방출신호 분석을 통해 검출함으로써 실시간 검사 방법으로서의 적용 가능성을 분석한 바 있으며, 판재 드로잉 공정 중 발생하는 음향방출신호를 모니터링함으로써 드로잉 공정 단계별 음향방출신호의 변화를 분석하고, 원소재의 연성에 따른 균열생성 시 측정되는 음향방출신호의 특성을 비교·분석하였다[1~3]. Martinez González 등은 초고강도강(Advanced High strength steel)의 3점 굽힘시험 중 발생하는 음향방출신호를 모니터링함으로써 미세 기계적 거동과 파괴 메커니즘을 분석하였으며 탄화물 파괴와 음향방출신호의 연관성을 확인하였다[4]. 또한, Seemuang 등은 초고강도강의 인장 중 발생하는 미세균열생성의 시점을 직류전위차법과 음향방출신호 분석을 이용해 검출하였으며, 두 방법의 응답시간을 비교함으로써 효과적인 미세균열생성의 검출방법에 대해 분석한 바 있다[5].

이상의 선행연구에서는 단조, 판재성형 등 소성가공공정 중 과도한 변형으로 인해 발생하는 균열생성현상을 음향방출신호분석을 통해 모니터링하였다. 그러나 연성재료의 소성가

공공정의 경우, 미소 기공의 생성과 성장 및 병합의 점진적 과정을 통해 미세균열이 생성되고, 전파되는 것으로 알려져 있어 음향방출센서를 이용하여 균열생성 시점을 특정하기 어렵고, 소성변형중인 금속소재의 형태변화로 인해 음향방출센서의 접촉면적이 일정하게 유지되지 못하는 단점이 있어 최소한의 접촉면적으로 신호를 전달할 수 있는 방법이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 스파이크 형태의 웨이브가이드를 이용하여 음향방출신호를 측정함에 있어, 스파이크 웨이브가이드의 직경 및 길이 등 형상특성이 음향방출센서의 신호감도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 스파이크 웨이브가이드를 사용하여 측정된 신호와 사용하지 않은 신호를 비교·분석하였다. 아울러 웨이브가이드의 설계 변수별 신호의 경향성을 분석하기 위해 길이와 직경을 달리한 스파이크 웨이브가이드를 제작해 신호를 측정하였다. 먼저 직경에 따른 신호의 경향성을 분석하기 위해 길이 20mm, 직경 1, 1.5, 2, 2.5, 3 mm의 스파이크 웨이브가이드를 [그림 1]과 같이 제작하였다.



[그림 1] 길이 20mm 스파이크 웨이브가이드($d\phi$)

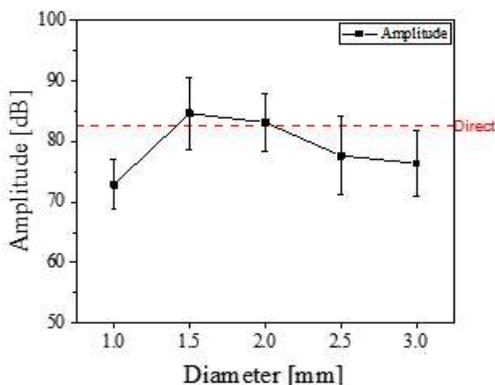
또한 스파이크 웨이브가이드의 길이에 따른 신호의 경향성을 분석하기 위해 직경 2mm 길이 10, 20, 30 mm의 스파이크 웨이브가이드를 [그림 2]와 같이 제작하였다.



[그림 2] 직경 2mm 스파이크 웨이브가이드(dH)

3. 실험 결과 및 고찰

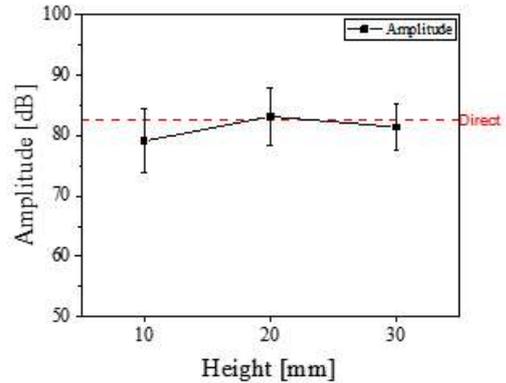
스�파이크 웨이브가이드의 직경에 따른 경향성을 분석한 결과 [그림 3]에 도시한 바와 같이 직경 1.5mm에서 가장 높은 영역대의 최대 진폭이 측정되었고 직경이 증가할수록 최대 진폭이 감소하는 경향성을 보였다. 또한 웨이브가이드를 사용하지 않고 측정된 신호와 비교해보면 1.5mm와 2mm 스파이크 웨이브가이드를 사용하여 측정된 신호가 더 높은 최대 진폭이 측정된 것을 확인할 수 있다.



[그림 3] 길이 20mm 스파이크 웨이브가이드 최대 진폭 분석결과($d\phi$)

아울러 스파이크 웨이브가이드의 길이에 따른 경향성을 분석한 결과 [그림 4]에 도시한 바와 같이 길이 20mm에서 가장 높은 영역대의 최대 진폭이 측정되었고 최대 진폭의 길이별 편차가 크지 않은 것을 확인할

수 있다.



[그림 4] 직경 2mm 스파이크 웨이브가이드 최대 진폭 분석결과(dH)

본 연구결과를 통해 스파이크 웨이브가이드의 형상에 따라 음향방출신호의 감도가 증폭 혹은 감소되는 경향을 확인하였다. 따라서, 센서 및 적용 공정에 최적화된 스파이크 웨이브가이드를 설계하여 적용함으로써 소성변형중인 금속소재의 균열발생 모니터링을 위해 음향방출 시스템이 적용 가능할 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20011678)

참고문헌

- [1] B.A. Behrens, A. Santangelo, C. Buse, Acoustic emission technique for online monitoring during cold forging of steel components: A promising approach for online crack detection in metal forming processes, *Prod. Eng.* 7 (2013) 423 - 432.
- [2] B.A. Behrens, A. Bouguecha, C. Buse, K. Wölki, A. Santangelo, Potentials of in situ monitoring of aluminum alloy forging by acoustic emission, *Arch. Civ. Mech. Eng.* 16 (2016) 724 - 733.
- [3] B.A. Behrens, S. Hübner, K. Wölki, Acoustic emission - A promising and challenging technique for process monitoring in sheet metal forming, *J. Manuf. Process.* 29 (2017) 281 - 288.
- [4] E. Martínez González, I. Picas Anfruns, D. Casellas Padró, J. Romeu Garbí, Analysis of fracture resistance of tool steels by means of acoustic emission, *29th European Conference on Acoustic Emission Testing.* (2010) 1-7.
- [5] N. Seemuang, S. Panich, T. Slatter, Crack initiation detection

in JAC780Y during tensile loading by using direct current potential drop and acoustic emission techniques, Int. J. Mech. Eng. Robot. Res. 7 (2018) 348 - 352.