

MFL 비파괴검사 시스템에서 균집 결함에 의한 결함 검출신호 왜곡에 관한 연구

김희민^{1*}, 박정훈², 박관수¹

¹부산대학교

²LG전자

1. 서론

일반적으로 지하에 매설된 가스배관에 발생한 결함 유무를 판별하는 방법으로 자기누설 신호를 탐지하는 MFL(Magnetic Flux Leakage) 비파괴검사 기법을 사용된다[1-2]. 지하 매설 배관은 높은 가스 운용압력과 지압, 습기와 같은 외부환경에 노출되어 있어 금속부식과 같은 결함들이 단일적으로 발생할 가능성이 높고 때로는 균집하여 발생한다[3]. 이러한 균집 결함들에 의해 발생한 자기누설 검출신호는 단일결함 신호와 비교하여 왜곡된 형태를 가지며, 왜곡된 결함 신호의 분포는 최종적으로 결함의 형상 추정을 어렵게 한다. 본 논문에서는 30인치 직경의 배관을 기준으로 다중 결함의 배치 형태와 거리를 달리하며 신호 패턴을 분석하고, 인접한 결함의 분리 가능 여부와 신호 보정을 고려한 개선된 결함 판정 알고리즘을 제안하였다.

2. 실험방법과 결과

그림 1은 자기누설 비파괴검사 시스템의 기본적인 구조와 동작원리를 나타낸다. 이 시스템의 구조는 가스 배관을 강력하게 착자시키기 위한 자계 인가 시스템과 결함에 의해 발생하는 누설 자기장 신호를 측정하기 위한 센서 시스템으로 구성된다. 그림 2는 누설 자기장을 검출하는 홀센서의 위치와 다중결함에 의한 자기누설 신호의 왜곡정도를 분석하기 위해 모델링한 이중결함의 형상과 위치를 나타낸다. 본 논문에서는 다중 결함의 위치에 의한 영향을 확인하기 위해 그림 2와 같이 배관 표면에 설정된 기준점으로부터 축 방향과 원주 방향의 길이를 Δx 와 Δy 로 정의하고 결함위치의 이동에 따른 자기누설 신호의 변화를 고찰하였다.

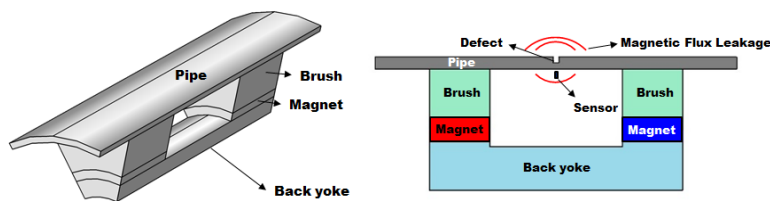


그림 1. MFL시스템의 간략화 구조 및 동작원리

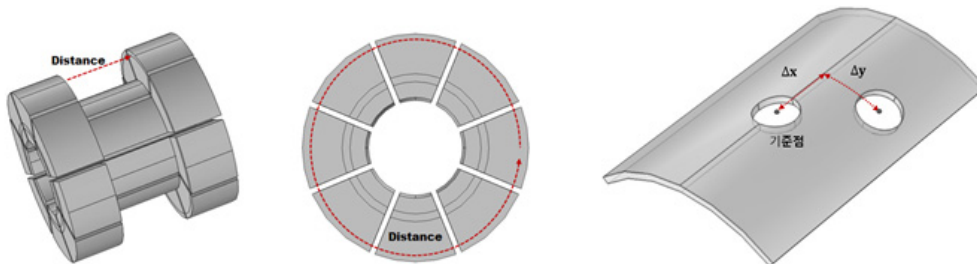


그림 2. 자기누설 신호 측정 위치 및 다중결함의 기준 위치

Δx 의 값을 결함 직경의 1/3 크기인 17.5 mm로 두었을 때의 자기장 신호의 크기와 방향을 그림 3에서 나타내었다. 그림 3의 결과로부터, 축 방향으로 인접한 결함간의 신호 왜곡 현상이 결함의 분리 여부에는 영향을 미치지 않는 것으로 해석된다. 축방향과 마찬가지로 배관의 원주 방향으로 위치한 결함에 의한 왜곡 현상을 확인하기 위해 Δx 의 값을 0으로 고정하고 Δy 의 값을 17.5 mm로 둔 상태에서 자기장의 크기와 방향을 그림 4에 나타내었다. 그림 3과는 달리 결함 사이에서 자속밀도 분포가 밀집하며 결함 주위의 자기누설 신호가 증가하는 현상을 보이며 마치 단일결함에 의한 결함신호 형태를 보인다.

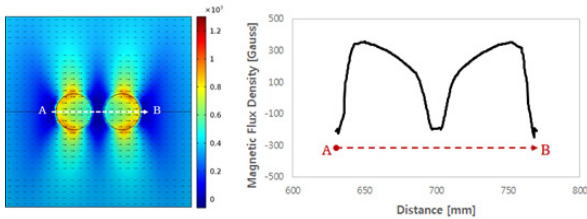


그림 3. 축방향에 위치한 결함에 의한 신호

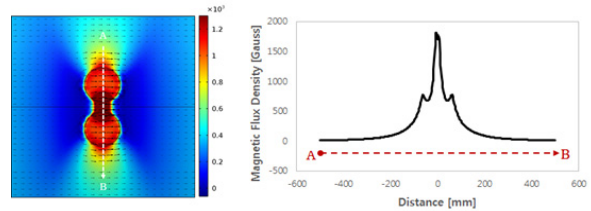


그림 4. 원주방향에 위치한 결함에 의한 신호

3. 고찰

그림 5는 배관 원주방향으로 결함 직경의 배수로 간격 Δy 값을 설정하여 신호값을 살펴 본 결과를 나타낸 것이다. 그림 5와 같이 최대신호(Maximum signal)값과 계곡신호(Valley signal)값을 정의하여 값을 시뮬레이션 하였다. 이러한 신호의 경우 실질적으로 별개의 결함으로 판별하기 어려움이 있고 또한 크게 증가한 최대신호 값으로 인해 실제 결함보다 크게 판정된다.

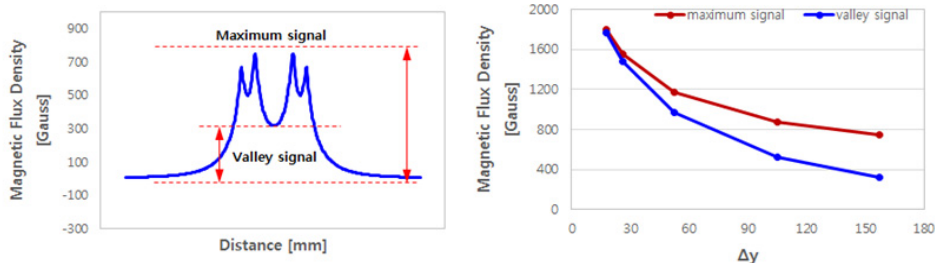


그림 5. 원주방향으로 위치한 이중결함에 의해 왜곡된 신호의 분리방법 고찰

4. 결론

기존의 자기 누설 방식의 비파괴 검사 시스템에서는 단일 결함에 의한 결함 신호 검출 방법에 집중 해왔는데 실제 배관에서 인접한 다수의 결함이 형성하는 신호는 상호 간섭으로 왜곡되어 결함 판정 과정 중에 치명적인 오류가 발생할 수 있다는 문제점을 가진다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 인접한 두 결함의 위치에 따른 결함 신호의 왜곡 현상을 분석하였다.

5. 참고문헌

- [1] 박광수, “환경규제에 따른 산업부문의 에너지원간 대체관계 및 온실가스 배출저감 효과 분석”, 에너지경제연구원 기본연구보고서 2005-13 (2005).
- [2] A. E. Crouch, “In-Line Inspection of Natural Gas Pipelines”, Gas Research Institute Topical Report GRI-91/0365, 12 (1993).
- [3] K. K. Tandon, “MFL Tool Hardware for Pipeline Inspection”, Materials Selection & Design 36, 75 (1997).