

## 누설자기탐상법을 이용한 가스관 결함감지

청주대학교 장 평우, 최 태원  
한국가스공사 연구개발원 노 용우

A study for detecting gas pipeline defects using MFL

Chongju university P.W.Jang, T.W. Choi  
Research Institute, Kogas Y.W. Nho

## 1 서론

유용한 에너지원인 천연가스는 청정 에너지인데 반해 공급을 위해 지하에 매설된 가스관의 보수 유지가 매우 어렵다는 단점이 있다. 매설된 가스관에서는 여러 원인에 의해 loss가 발생하는데 이를 검사하고 찾아내는 방법으로 누설자기탐상법이 널리 사용되고 있다. 누설자기탐상법이란 가스관을 영구자석이 나 전자석으로 가스관을 자화시키고 표면으로 누설되는 자장(MFL, Magnetic Flux Leakage)을 검지함으로써 결함을 찾는 방법이다. 본 연구에서는 전자석을 이용한 간이 자기누설장치를 제작하여 가스관의 자화의 크기, lift-off, 자기이력현상 등이 누설자장에 미치는 영향을 조사하여 MFL pig제작을 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

## 2 실험 방법

실제 가스관을 이용하여 실험하게 되면 실험장치가 매우 커질 뿐 아니라 실험변수를 변화시키는데 불리한 점이 많다. 따라서 간이 전자석 형태의 자장인가장치를 이용하여 가스관의 자화의 크기, 센서위치를 다양하게 변화시킬 수 있도록 제작하였고, 실제 가스관과 같은 재질의 시험강판을 사용하였다. Hall 소자는 notebook의 printer port와 스텝핑 모터를 이용해 x, y, z 방향으로 움직일 수 있도록 하였고 전자석의 전류 조절과 Hall전압 측정은 DAQ card를 이용하였다. 195 × 80 × 17 mm의 철판표면 중심에 10 × 10 × 1.7 mm<sup>3</sup>의 사각결함과 장축과 단축이 각각 40 mm, 20 mm 이고 깊이가 5.1 mm(30%), 6.8mm(40%)인 타원형 결함을 만들었다. 그리고 측정결과를 3차원 비선형 유한요소법으로 수치모사한 결과와 비교, 검토하였다.

## 3 실험 결과 및 고찰

그림1은 자기유도가 증가면 급격하게 누설자장(센서의 전압)이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 가스관 결함감지장치 설계 할 때 가스관의 자기유도는 적어도 16 kG이상이 되도록 설계되어야 한다는 것을 알

수 있다. 이는 가스관의 자기이력곡선의 모양에 관계되는 것으로 16 kG는 가스관이 포화되기 시작하여 투자율이 감소하기 시작하는 영역이다. 실제 MFL pig의 설계에서 가스관의 자화가 너무 크면 투자율의 감소로 결함이 없더라도 누설되는 자기장이 크게 된다. 이를 경우 결함이 있더라도 감지하지 못할 가능성이 있다는 것을 의미한다. 또한 가스관의 자화가 너무 작으면 결함이 있어 가스관의 단면적이 감소하더라도 자력선이 가스관을 통과할 수 있기 때문에 누설자장이 작게 되어 결함을 감지하지 못한다. 따라서 감지감도를 위해서 가스관 최적의 자화량을 가지도록 하는 설계와 이의 실험적 검증이 필요하다. 그림 2 와 3에서 보면 가스관의 lift-off 크기에 따른 출력전압의 변화는 lift-off가 감소함에 따라 급격하게 전압이 증가하고 신호의 길이가 짧아지는 것을 알 수 있었다. 이는 누설자장이  $1/r^2$ 에 비례하여 감소함을 감안하면 당연한 것이다. 그림 4는 시험 강판에 장축 40 mm , 단축 20 mm이면서 깊이는 6.8mm인 타원형 결함을 제작했을 때 강판표면과 수직한 방향 성분의 누설자장의 분포를 나타낸 3차원 영상이다. 이상의 실험 결과와 비선형 3차원 유한요소법으로 수치모사한 결과와 비교, 검토할 것이

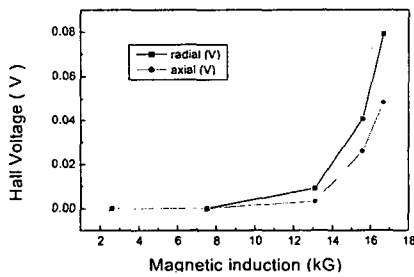


Fig. 1 Variation of MFL field from steel plate with different magnetic induction state magnetized from demagnetization state.

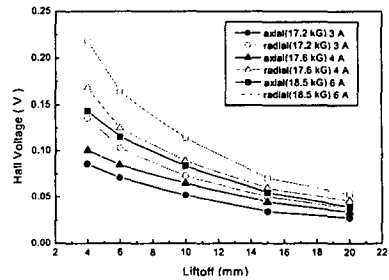


Fig. 2 Variation of MFL signal with lift-off at different magnetic induction.

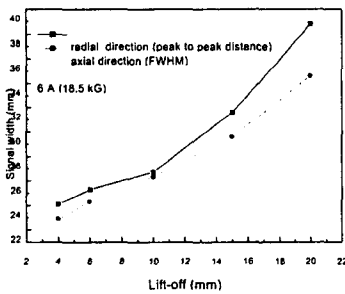


Fig. 3 Variation of signal width with lift-off at a magnetic induction of 18.5 kG.

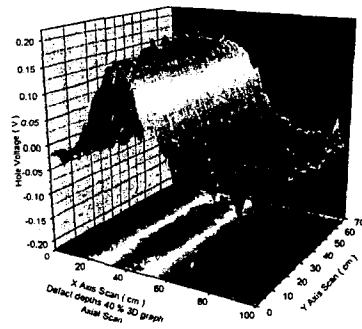


Fig. 4 2-D scanning image of the steel plate with 40% elliptical defect in the axial direction.