

## 자기누설감지시스템에서 가스관 잔류자화의 영향

청주대학교 물리학과  
장 평우  
한국가스공사 연구개발원  
노 용우

## Effects of residual magnetization of pipeline in the MFL system

Department of physics, Chongju univeristy  
Pyungwoo Jang  
Korea gas cooperation, R&D cneter  
Yongwoo Rho

## 1. 서론

지하에 매설된 가스배관은 습기와 시공 중의 잘못으로 인해 부식에 매우 취약한 환경에 놓여 있게 된다. 따라서 이러한 가스관의 부식정도와 그 지점을 정확히 찾아내는 것은 안전을 위해서 매우 중요한 일이므로 우리나라에서도 법으로 가스관의 부식정도를 정확히 탐사하도록 하고 있다. 가스관은 주로 대표적 강자성물질인 강로 만들어지므로 강자성재료의 자기이력곡선으로부터 부식정도를 찾아낼 수 있는 정보를 얻을 수 있다. 이러한 방법이 소위 자기누설탐상법(Magnetic Flux Leakage, MFL)이고, 탐상하는 장치를 MFL pig라고 부르며 탐상하는 것을 pigging이라고 한다. 이 방법을 간략히 설명하면 다음과 같다. 가스관을 강한 영구자석으로 포화직전까지 자화시키면 가스관의 투자율이 매우 크지 않으므로 공기 중으로 누설되는 자기장이 발생한다. 가스관의 외부가 부식환경에 노출되어 부식이 일어나면 그 부분의 단면적이 감소된다. 자속밀도는 단위면적 당 통과하는 자기력선의 수로 정의되고 또 단위면적 당 통과되는 자기력선의 수가 한정되어 있으므로 단면적이 작은 부분에서는 자기력선은 가스관을 통과하지 못하고 공기 중으로 누설되게 된다. 따라서 자기센서가 이 지점을 통과하게 되면 누설되는 자기장을 크게 감지하게 된다.

MFL pig가 가스관을 지나가게 되면 가스관에는 잔류자화가 남게 된다. 가스관에 잔류자화가 있게 되면 탈자된 상태에 비해 MFL 신호가 작게 된다는 것이 잘 알려진 사실이다. 이것은 잔류자화가 있게 되면 pig가 지날 때 탈자된 상태에 비해 가스관의 자속밀도가 감소하기 때문이다. 잔류자화의 영향에 관해서는 미국 GRI 보고서에 언급되어 있으나 실험이 실패관에서 이루어져 가스관을 정확히 탈자하는 것이 어렵고 불가능해 가스관의 정확한 자속밀도, 탈자에 관한 정보가 매우 미흡한 형편이다.

본 연구에서는 실험실에서 사용하기에 적당한 모의 장치를 만들어 잔류자화의 영향을 정량적으로 평가해 보고자 하였다. 실험에 사용한 회전모의장치는 그림 1에서와 같이 링 형태의 철판 위에 영구자석이 위치해 있는 형태로 철링이 회전하게 되어 있어 최대한 실제 배관과 비슷한 환경에 가깝게 하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

실험에 회전하는 철링의 내경은 90 cm, 외경은 100 cm, 두께는 17 mm이고, 철링 위에 위치한 NdFeB 영구자석의 크기는 40 x 40 x 30 mm이고 두께 25 mm의 back yoke가 부착되어져 있고 영구자석사이에서 철링으로부터 3 mm 위에 linear Hall sensor(Allegro 3515)가 위치하고 이 센서의 동작범위는 - 500 Oe에서 +500 Oe까지이고 감도는 5 mV/Oe이다. 철링을 탈자시키기 위해서는 철링을 전선으로 토로이드 코어를 감는 형태로 감고 인가하는 전류의 진폭을 감소시키면서 탈자하였고, 철링의 단면으로

감긴 B-coil에 유도되는 전압을 적분기로 적분하여 탈자율을 확인하였다. 탈자상태를 확인한 후 철링을 회전시켜 Hall sensor의 전압을 측정하였고 이 모든 것을 pc와 Labview로 조절하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2은 탈자되는 과정을 나타낸 것으로 이웃한 파형에서 양의 자속밀도와 음의 자속밀도의 크기가 비슷하여 완전한 탈자가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그림에서 마지막 부분이 정확히 0이 되지 않는 것은 장시간 탈자가 이루어지면서 적분기의 drift 때문에 생긴 현상이다. 그림 3은 탈자된 상태에서 영구자석에 의해 철링이 자화되는 과정과 계속해서 잔류자화가 남아 있는 상태에서 철링이 자화되는 과정을 나타낸 것이다. 그림에서 우물모양부분이 B-coil이 영구자석사이를 지날 때 철링이 자화되는 과정을 나타낸 것으로 탈자된 상태에서 처음으로 자화되는 크기에 비해 두 번째 자화되는 크기가 작은 것을 알 수 있고 그 다음에는 큰 변화가 없이 일정함을 알 수 있다. 이와같이 탈자된 상태에서 자화될 때 자화의 크기가 더 커지는 것은 B-H 곡선상에서 탈자된 상태에서의 투자율이 더 크기 때문이다. 그리고 그림 4는 그림 3에서의 탈자된 상태에서 자화와 잔류자화가 있는 상태에서 철링이 자화되었을 때의 철링 위부분으로의 누설자장성분의 크기를 나타낸 것이다. 그림에서 잔류자화가 있는 상태에서 자화되었을 때 누설자장이 현격히 줄어들어 있음을 알 수 있다. 그림에서 처음 피크는 센서와 같은 방향의 결합에 의해 나타난 피크이고 두 번째 피크는 반대방향으로의 결합에 의한 피크이다. 그리고 매우 작은 피크들은 철링을 고정시키기 위해 사용한 볼트들 때문에 나타나는 누설자장을 나타낸다.

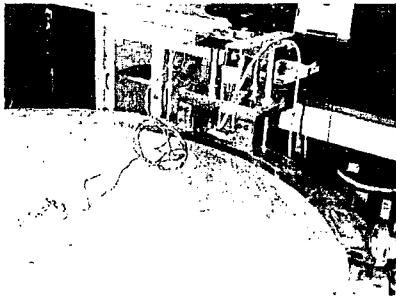


Fig. 1 Laboratory apparatus for MFL inspection.

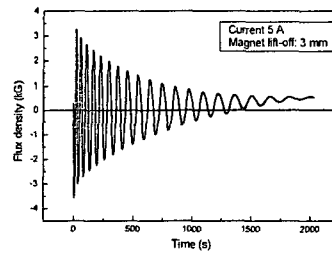


Fig. 2 Demagnetization process of iron ring in simulation turn-pig.

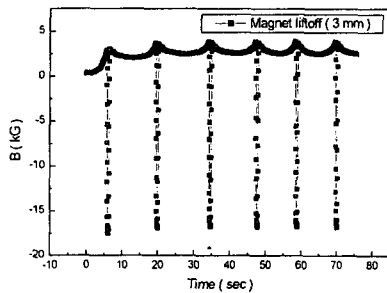


Fig. 3 Magnetization process of iron ring when magnetized from demagnetization and remanent magnetization state.

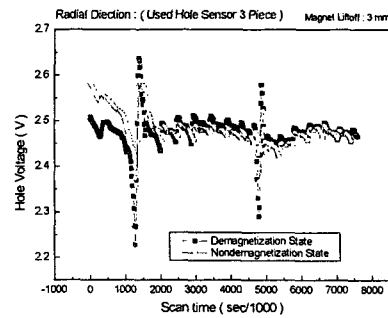


Fig. 4 Magnetic field leakage when iron ring was magnetized from demagnetization and remanent magnetization state.