

누설자속법을 이용한 배관내부 부식 평가

Corrosion Assessment of In-pipe using Magnetic Flux Leakage Technique

이 원 용, 이 병 주*, 양 성 일*, 김 영 주**, 안 봉 영**

*한양대학교 전기전자컴퓨터공학부(Tel:81-031-400-4052; Fax : 81-031-416-6416 ; E-mail:hyrolee@shinbiro.com)
**표준과학연구원 비파괴연구실(Tel:81-042-868-5330)

Abstract : MFL(Magnetic Flux Leakage) methods are used extensively for inspection of ferromagnetic materials. As an example, pipelines that are buried underground are inspected using MFL methods. By the MFL methods, ferromagnetic pipelines are magnetized by a permanent magnet or an electromagnet and then flux leakage is detected at the deflection position. In this paper, we perform modeling of the magnetized pipelines. Also we propose the method localization of th defected areas. The effectiveness of the proposed method is verified experimentally.

Keywords : MFL(Magnetic Flux Leakage), 홀효과, 투자 방법(Permeance Method), 투자도(Permeance), 상사성

1. 서론

MFL(Magnetic Flux Leakage)방법은 산업현장에서 자성체 물질의 비파괴 검사방법으로 폭넓게 사용되어지고 있다. 예로써, 지하에 매설된 가스관이나 송유관 등을 들 수 있는데 이러한 배관은 많은 양의 유체를 빠르고 안전하게 수송하는 수단으로 현대 산업에서 혈관과 같은 존재이다. 그러나 국내의 배관시설은 70년대 후반부터 설치되기 시작하여 현재에는 배관의 노후화에 따른 부식 및 결함 등이 나타나기 시작하고 있다. 그러나 이들 배관들은 주로 지하에 매설되어 있으므로 시공 후 관리가 어려우며, 누출이 일어났는지의 여부와 누출지점의 위치 파악이 매우 어려워 전체적인 안전성이 문제시 된다. 국외의 경우 이러한 배관의 탐사장비로 PIG(Pipeline Inspection Group)를 이용해 장거리 송유관 등에서 정기적인 유지, 보수를 위한 검사를 수행하고 있으나 국내의 경우 그 탐사 장비의 개발이 미비하며 그 부식 평가방법에 대한 국내의 고유한 연구개발이 시급한 실정이다.

MFL기술은 이러한 PIG System의 핵심 기술로서, 자성체로 된 배관 벽면을 전자석 또는 영구자석으로 강하게 자화시킨 후 홀전압 원리를 이용한 소자를 사용하여 부식부분에서 발생하는 누출자속을 검출함으로써 배관의 비파괴 검사를 수행한다.

본 연구에서는 이러한 MFL기술의 원리를 제시하며, 이를 위해 자화된 배관벽면과 자화장치를 근사적으로 모델링하며, 실험을 통해 그 결과를 분석한다. 또한, 부식이나 결함의 부위가 내부인지 외부인지에 대한 판단방법을 제안하며, 그 원리 및 실험결과를 보인다.

2. 누설자속 측정

누설된 자속을 측정하는 기본 원리는 그림 1에 나타낸 홀 효과(Hall Effect)로 설명된다. 전하 q 인 입자가 외부자기장 B 에서 v 의 속도로 운동하게되면 전하는 운동방향과 자기장에 서로 수직된 방향으로 로렌즈 힘 $F = q(v \times B)$ 를 받게 된다. 즉, 전도체에 전류가 흐르고 있을 때 자기장이 인가되면 전하는 로렌즈 힘을 받게 되어 전하의 비등방 분포에 의해 전기장 E 를 발생시켜 로렌즈 힘의 반대방향으로 힘 $F = qE$ 를 발생시킨다. 이 원리를 이용해 도체나 반도체에 전류를 흘리고 이것과 직각 방향으로 자계를 가하

면 그 양자와 직각 방향으로 기전력이 생기는 현상을 홀효과(Hall Effect)라고 한다.[5][6]

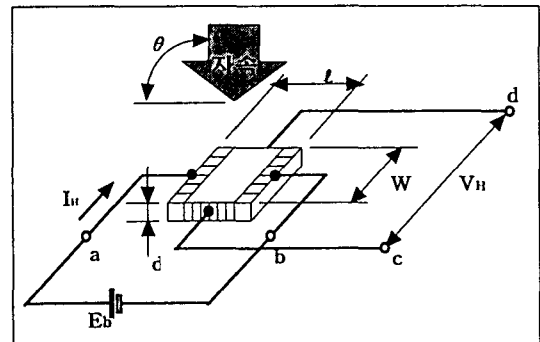


그림 1. 홀 효과 원리

Fig 1. The principle of Hall Effect

입력단자 a-b간에 홀 전류 I_H 를 흘리면 그 출력 단자간 c-d에 홀 전압 V_H 가 출력된다.

$$V_H = \frac{K_H}{d} \cdot I_H \cdot B \cos \theta + K_e I_H \quad (1)$$

여기서

K_H : 홀계수

d : 소자의 두께

K_e : 불평형 계수

B : 자속밀도.

$\frac{K_H}{d}$ 는 홀소자 교유의 값이다. 그리고, $K_e I_H$ 를 불평형 전압이라한다. 이 불평형 전압은 자계가 0일 때 생기는 전압을 말하며 홀소자에 전류를 흘리는 것만으로도 발생하므로 잔류 전압이라고 하기도 한다.

이러한 홀효과(Hall Effect)를 이용한 소자를 홀센서라 하며, 제작시 사용하는 물질에 따라 측정가능한 자장의 범위가 다른데, 일반적으로 실리콘(Si)으로 제작할 경우 자장측정 범위는 1G에서 1000G범위이며, 인듐안티모나이드(In-Sb)로 제작하면 수십 mG 정도의 자장을 측정할 수 있다.