

축방향 미소 결함의 측정을 위한 자기누설 비파괴 검사 시스템 개발

김희민^{1*}, 박관수²

¹부산대학교 전기공학과, ²부산대학교 전기공학과

1. 서론

MFL PIG는 배관의 단면적이 변화할 때 발생하는 누설 자계를 검출하고, 검출 된 누설 자속 신호의 분포 및 크기를 이용하여 배관 내·외벽에 발생하는 결함의 유무를 검사하는 방법이다. 기존의 MFL PIG는 금속 손실이나 균열, 부식과 같은 결함을 검출하는데 효과적이었으나 배관 내·외부의 압력차로 인하여 발생하는 가로축 방향의 가늘고 긴 미소결함을 검출하기 위하여 원주방향으로 자기장 누설을 최대화 하는 CMFL (Circumferential MFL) PIG의 개발이 필요하다.

2. 실험방법

배관용 자기누설 비파괴 검사 시스템은 금속배관을 착자시키기 위해 희토류 영구자석인 NdFeB를 이용하여 자기장을 인가하며 전체 시스템은 자기회로를 구성한다. 배관의 결함을 검사하기 위하여 비파괴 검사 시스템은 배관을 자기 포화시키며 배관을 따라 이동하면서 검사를 수행한다. 배관에 자계를 인가 시 높은 자기 효율을 얻기 위해 Back yoke를 PIG 몸체로 사용하며, 그 위에 네오디뮴 자석 그리고 판형 브러시를 탑재하여 배관을 포화시키도록 배치한다. 자기누설 신호를 검출하기 위해 홀센서를 배관 내벽으로부터 3mm 떨어진 지점에 탑재한다.

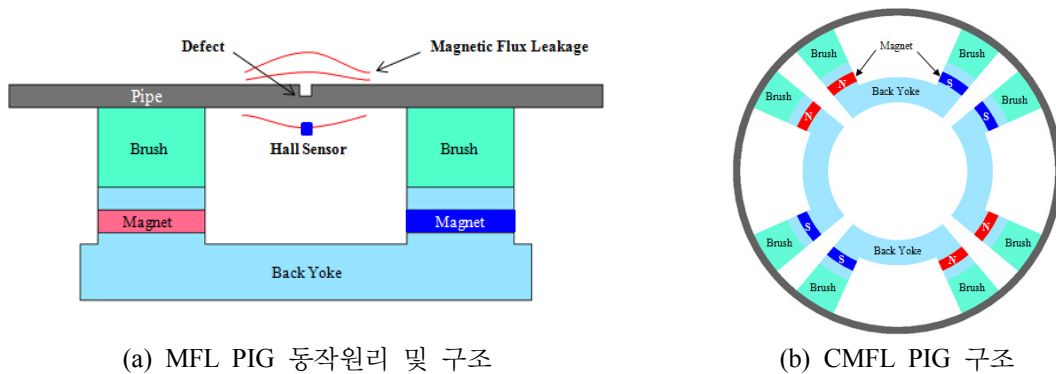


그림 1. 자기누설 비파괴 검사 시스템의 구조



그림 2. PIG 자계 인가시스템 설계 및 제작

3. 실험결과

3차원 정자계 유한요소해석 결과를 이용하여 CMFL PIG의 자계 분포를 그림 3에 나타내었다. 전체 시스템의 자속밀도 분포로부터 배관의 중심부분에 자기장이 집중된다. 배관의 포화 자속 밀도는 1.75~1.8[T]이다. 배관에 발생한 축방향 미소결함에 따라 누설 자속 신호의 크기와 분포는 변한다. 실험을 통하여 실측 데이터와 유한요소해석 결과를 비교 및 검증함으로써 결함의 형상변화에 따른 누설 자속 밀도의 크기 및 분포 변화를 분석하였다.

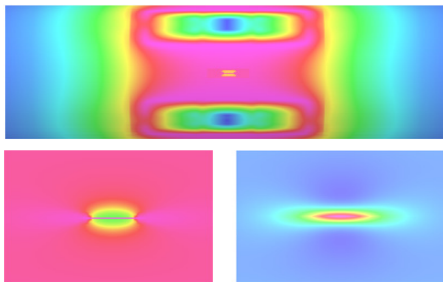


그림 3. FEM을 이용한 자계 분포 해석

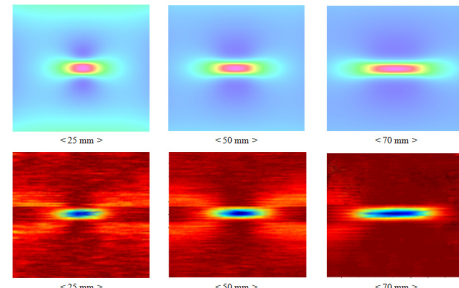


그림 4. 결함의 길이에 따른 누설 자계 분포

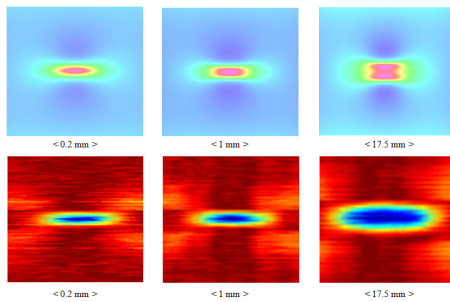


그림 5. 결함의 폭에 따른 누설 자계 분포

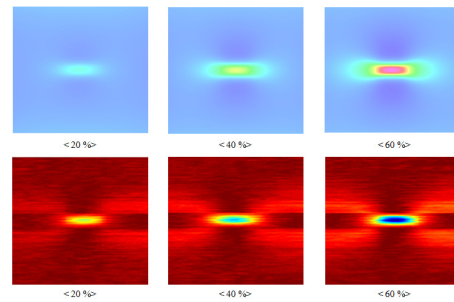


그림 6. 결함의 깊이에 따른 누설 자계 분포

4. 고찰

결함의 형상에 따른 검출 신호의 크기변화와 상호 의존성을 찾기 위하여 기준 축방향 결함을 설정하였다. 결함의 크기는 폭 0.2[mm], 길이 25[mm], 깊이 25[%]이다. 결함의 깊이 단위 %는 배관의 두께 17.5[mm]에 대한 비율을 나타낸다.

5. 결론

3차원 수치 유한요소법을 이용한 비선형 자계 해석 결과와 실측 검출 신호의 비교 및 분석을 통하여 설계된 PIG를 검증하였고, 결함의 형상 변화에 따른 검출 신호의 크기와 분포 변화를 분석하였다. 원주 방향으로 위치한 여러 개의 센서의 오프셋 신호가 각각 다르며 이를 고려한 검출 신호로부터 순수 결함신호를 추출하였다. 또한 순수 결함신호 데이터를 취합하고, 결함의 유무 판별을 위한 Defect Image를 재합성하여 누설 자계 분포를 표현하였다.

6. 참고문헌

- [1] K. K. Tandon, "MFL Tool Hardware for Pipeline Inspection," Materials Selection & Design, pp. 75-79, Feb.1997.
- [2] Vijay Babbar, James Bryne and Lynann Clapham, NDT & E International, 38, 471, 2005.