

# 유도코일을 이용한 스케일 제거장치에 관한 해석

## Analysis on the Scale Remover using Induction Coil

\*\*윤동원<sup>1</sup>, 박희창<sup>1</sup>, 함상용<sup>1</sup>, 이성휘<sup>1</sup>, 김유일<sup>2</sup>, 남택석<sup>3</sup>, 윤영수<sup>3</sup>

\*#D.Yun(dwyun@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, H. Park<sup>1</sup>, S. Ham<sup>1</sup>, S. Lee<sup>1</sup>, Y. Kim<sup>1</sup>, T. Nam<sup>2</sup>, Y. Yun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실, <sup>2</sup>한국기계연구원, <sup>3</sup>삼환이엔지

Key words : Scale remover, Finite element method, Induction

### 1. 서론

주거용 건물이나 고층빌딩, 병원, 공공기관 등 수많은 건물 내부에는 상하수도 및 냉난방용 배관이 건축시에 건물 속에 함께 설치되어 있다. 건물 이외의 공장, 발전소 등 산업분야에도 열교환기, 공업용수, 냉난방용으로도 수많은 배관들이 사용되어지고 있는 실정이다. 배관은 그 사용기간이 늘어날수록 내부에 스케일이 침전 및 축적되게 되어, 관료 유동저항을 증가시키고, 열교환율을 낮추게 된다. 이때, 스케일이란 물속에 녹아 있는 다양한 양이온과 음이온들이 화학적 결합을 하여 배관 내 표면에 달라붙는 것을 말한다.

이러한 스케일을 제거하기 위한 다양한 연구 및 아이디어가 고안되어 왔다. 스케일 부스터, 라이닝, 세척 등의 여러 가지 물리적 제거방법이 동원되어 왔다. 이러한 방법 중 최근들어 유도코일을 이용한 전자장을 활용한 스케일 제거 기법이 각광을 받고 있다. 유도코일을 이용한 방법은 드라이버 등 주변기기가 복잡할 수 있으나, 설치가 간단하고, 운용이 쉬워 널리 개발되고 있다.

기존 연구에서 Anti-fouling에 대한 이론적 소개 및 원리가 소개되었었고<sup>1</sup>, 실제 스케일 제거기와 열교환기를 이용한 실험장치를 구성하여 유도코일형 스케일 제거기의 성능을 분석하였다<sup>2</sup>. 유도코일 방식 스케일 제거기의 프로토타입이 소개되었고, 성능 확인을 위한 기초실험이 진행되었다<sup>3</sup>.

본 연구에서는 유도코일 방식 스케일 제거기의 개발을 위하여 스케일 제거기용 유도코일 설계를 위한 해석을 수행하였다.

### 2. 스케일 제거 코일의 해석

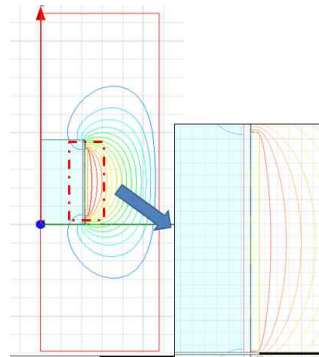
본 절에서는 스케일 제거기의 코일 설계를 위한 전자장 해석을 수행해보았다. 코일의 형상과 턴수, 파이프의 재질, 두께, 치수 등 여러 요인을 복합적으로 고려하여 성능을 계산하는 것은 수식만으로는 복잡한 일이며 그 정확도도 떨어지므로, 본 연구를 위하여 유한요소법을 이용하기로 하였으며, 전자장 전용 유한요

소해석 툴인 Maxwell 2D/3D를 사용하여 해석을 수행해 보기로 하였다.

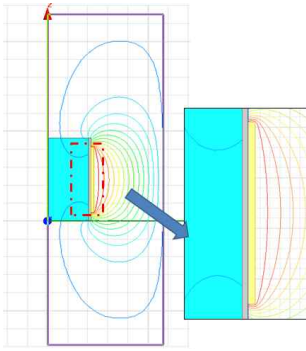
스케일 제거 코일을 설계하기 위해서는 파이프와 코일의 치수와 형상, 코일의 턴수, 파이프의 재질 등이 모델링 되어야 하며, 만들어진 모델의 코일에 인가되는 전류와 경계조건 등을 입력하면 해석을 하기 위한 준비가 마무리된다.

먼저 주파수와 파이프의 재질에 따른 전자장 분포 해석을 위한 와전류(Induction current) 분포 해석을 수행해 보았다. Fig. 1에 내경 200mm, 두께 5.8mm 인 Steel pipe에 대한 와전류 해석결과가 나와 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 두 가지 경우 모두 코일에서 발생한 자속선이 코일의 외부 표면을 통하여 이동하는 것을 알 수 있으며, 주파수가 높아질수록 자속선이 분포하는 영역도 넓어짐을 알 수 있다.

다음으로 같은 모델에서 파이프의 재질만 PVC로 변환시의 전자장 분포에 대한 해석을 수행해 보았다. Steel은 비 투자율이 4000 정도 되는 자성체인 반면, PVC는 비투자율이 1에 가까운 비자성체이다. 똑같은 조건에서의 전자장 해석 결과가 Fig.2 에 나와 있으며, 파이프의 재질이 비자성체인 경우는 자성체인 경우에 비해 전자장의 분포가 파이프의 심도까지 잘 침투할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

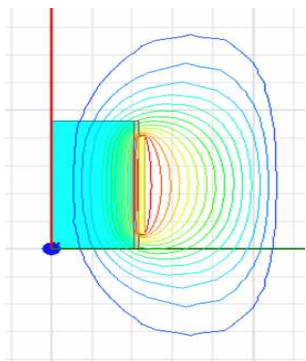


(a) Steel pipe. 523Hz

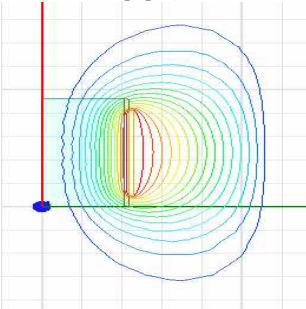


(b) Steel pipe, 19.2kHz

Fig. 1 Induction current analysis of Steel pipe.



(a) PVC pipe, 523Hz



(b) PVC pipe, 19.2 kHz

Fig. 2 Induction current analysis of PVC pipe.

다음으로 위의 해석결과를 보다 정량적으로 비교하기 위하여 파이프의 중심에서 바깥방향으로의 반경 벡터를 따른 자계강도의 크기를 구해서 비교해 보았다. 그림에서 알 수 있듯이 PVC 파이프의 경우, 파이프내부에서의 자계강도가 더 크게 나옴을 알 수 있었다. 특히,

Steel 파이프의 경우는 고주파수 입력에 대해서는 거의 침투가 되지 않았으며, 저주파 (523Hz)인 경우에는 자계강도가 분포함을 알 수 있었다.

따라서, 스케일 제거기는 자성체 파이프 보다는 PVC 파이프에서 더 좋은 성능을 보여줄 것을 예상할 수 있었다.

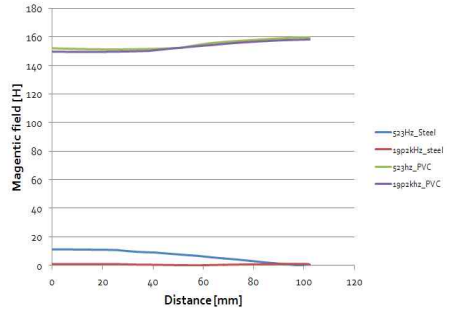


Fig. 3 Magnetic field intensity according to material and frequency.

### 3. 결론

본 논문에서는 유도가열 방식 스케일 제거기의 코일 설계를 위한 전자기 해석에 대해서 논하였다. 스케일 제거기 특성상 파이프 주위에 코일을 설치하여야 하므로, 파이프의 재질에 따른 특성변화를 전자기 해석을 통하여 확인할 수 있었다.

### 후기

본 연구는 지식경제부에서 지원한 기술혁신사업(유도코일 방식 배관 스케일 제거장치 개발, 과제번호 :20102020100500)의 지원에 의해 작성되었습니다.

### 참고문헌

1. Young L Cho, Chunfu Fan, and Byung-Gap Choi, "THEORY OF ELECTRONIC ANTI-FOULING TECHNOLOGY TO CONTROL PRECIPITATION FOULING IN HEAT EXCHANGERS," International Communications in Heat and Mass Transfer, **24**, 757-770, 1997
2. Young I. Cho, Byung-Gap Choi, "Electronic anti-fouling technology to mitigate precipitation fouling in plate-and-frame heat exchangers," International Journal of Heat and Mass Transfer, **41**, 2565-2571, 1998
3. 윤동원, 박희창, 함상용, 김유일, 남택석, 윤영수, "유도코일 방식 스케일 제거기에 관한 연구," 한국정밀공학회 2012년도 춘계학술대회, 2012