

유도코일 방식 스케일 제거기에 관한 연구

Study on the Induction Coil Type Scale Remover

*윤동원¹, #박희창¹, 함상용¹, 김유일², 남택석³, 윤영수³

*D. W. Yun¹, #H. C. Park¹, S. Y. Ham¹, Y. I. Kim², T. S. Nam³, and Y. S. Yun³

¹한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실

²한국기계연구원 에너지기계연구실

³삼환이엔지

Key words : Induction coil, Electromagnetic field, Lorentz Force, Scale remover

1. 서 론

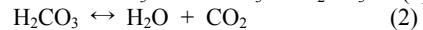
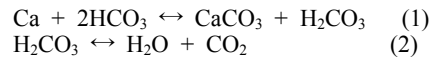
주거용 건물이나 고층빌딩, 병원, 공공기관 등 수많은 건물 내부에는 상하수도 및 냉난방용 배관이 건축시에 건물 속에 함께 설치되어 있다. 건물 이외의 공장, 발전소 등 산업분야에도 열교환기, 공업용수, 냉난방용으로 많은 배관들이 사용되어지고 있는 실정이다. 이러한 배관은 15년 정도의 시간이 흐르면 내부가 부식되거나, 스케일이라고 하는 침전물들이 배관의 내부에 부착되게 되어, 물의 유동을 방해하여 물수송을 위한 펌프의 에너지 부하를 증가시키고, 냉난방 파이프의 경우 냉난방 효율을 떨어뜨리기도 하며, 배관이 좁아짐에 따라 물의 유량을 감소시키고, 수송유량의 압력 감소를 일으킨다.

따라서, 이러한 스케일을 제거하기 위한 연구 및 개발이 지속되고 있으며, 스케일 부스터, 배관교체, 에폭시 라이닝, 세척 공법 등의 여러 가지 방법이 사용되고 있다. 이 중, 유도코일을 이용한 스케일 제거기는 전력 공급부와 제어부 등이 있어야 하는 단점이 있으나, 상시 스케일 제거에 의한 냉각수 등 관로 유체의 원활한 유동확보가 가능하고, 고효율 유도코일 방식으로 기존 배관 변경이 불필요하며, 스케일 상태를 상시 모니터링 가능하고, 다양한 설치 대상에 적합한 고효율 스케일제거기 설계 제작이 가능한 장점이 있어 최근 들어 관련 분야에서의 연구 및 적용이 증가하고 있다. 기존 연구에서 Anti-fouling에 대한 이론적 소개 및 원리가 소개되었었고¹, 실제 스케일 제거기와 열교환기를 이용한 실험장치를 구성하여 유도코일형 스케일 제거기의 성능을 분석하였다.²

본 연구에서는 유도코일 방식의 스케일 제거기의 프로토타입을 제작하여 보고, 이의 성능을 확인할 수 있는 가속 실험 장치를, 참고문헌²의 실험장치를 참조하여 실제 구성하여 유도코일 방식 스케일 제거기의 스케일 제거 또는 방지 효과를 확인하고자 한다.

2. 스케일 제거기의 이론적 배경

물 안에 있는 칼슘과 마그네슘이온이 결합하면 스케일의 원인인 칼슘카보네이트와 탄산용액이 형성된다. 다시 탄산용액은 물과 이산화탄소로 분리된다.



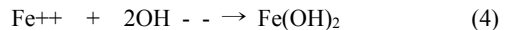
물 안에 분포되어 있는 음전하 입자들이 양이온들을 끌어당기고 이 양이온들이 다시 음이온들을 끌어당겨 이중층을 형성하여 단단한 스케일의 원인이 된다.

유도코일 방식 스케일 제거기는 유도코일의 전자기장의 힘(Lorentz Force)을 이용하여 이 입자들을 물 흐름 도중에 급속 결속하게 하여 표면 에너지가 작은 크리스탈로 만들어 쉽게 배출할 수 있도록 하며, 중간에 발생하는 카본다이옥사이드에 의해 기존 스케일도 제거하여 유도코일 설치 장소 후 수백 m까지 스케일을 제거하는 효과가 있다.

$$F = qE + qV \times B \quad (\text{Newton}) \quad (3)$$

(E : Electric Field, B : Magnetic Field)

한편으로, 배관과 열교환 장치 내에서의 녹·스케일은 붉은색을 띠며, Fe_2O_3 형태로 주로 발견되며, 다음과 같은 화학반응식에 의해서 표현된다.



배관부식장치에 의한 자기장의 영향 하에, 녹·스케일은 부드러워지고 연질화되어 배관라인이나 시스템의 벽 위에서 매끄러운 보호층을 형성하는 검은 자성을 띤 철 (Magnetite)로 바뀐다. 이 철이 배관벽이나 장비에 용존 산소가 접촉하는 것을 방지하여, 시스템이나 배관이 부식되는 것을 막는다.

3. 스케일 제거기의 개발 및 실험

본 절에서는 앞 절에서 설명한 스케일 제거기의 프로토타입을 만들어 보고, 기본적인 성능 실험을 수행하였다. Fig.1에 스케일 제거기의 기본적인 구성을 보여주고 있다. 본 연구에서는 우선 유속센서와 스케일 센서는 구비하지 않았고, 단지, 유도코일에 가해지는 전류에 의해 발생하는 전자장에 의한 스케일 제거 또는 방지 성능에 대한 기초실험을 수행해 보았다. Fig.1의 개념도에 따라서 실제 제작된 실험장비의 모습이 Fig.2에 나와 있다.



Fig.1. Photo of scale remover



Fig.2. Developed scale remover

열교환기와 냉각기를 사용하여 열교환기 표면에 스케일이 활발히 생성될 수 있도록 하여 짧은 시간동안에도 스케일 생성 과정에 대한 실험을 충분히 할 수 있도록 하였다. 구체적으로는 열교환기 입구와 출구의 압력차를 측정하였으며, 스케일의 양이 많아질수록 압력차가 커지도록 하였다. 층류가 발생하는 곳에 스케일 제거기를 설치하였으며, 압력차 및 실험을 위한 유량 등은 Labview를 이용하여 측정하였다.

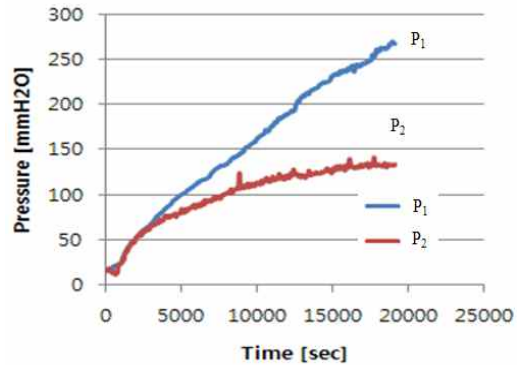


Fig.3. Pressure measurement

Fig.3에 실험 결과가 나와 있다. 그림에서, P₁은 스케일 제거기가 가동되지 않을 때 열교환기 입구와 출구의 압력차의 변화이며, P₂는 스케일 제거기가 가동시의 압력의 변화이다. 그림에서 알 수 있듯이 스케일 제거기가 작동할 때 더 압력변화가 적은 것을 알 수 있으며, 이를 통해 개발된 스케일 제거기가 열교환기에 스케일이 발생하는 것을 저지하는 기능을 수행함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 배관 내에서 발생하는 스케일을 제거하기 위한 유도코일형 스케일 제거기에 대한 연구를 수행하였다. 가속실험 장치를 구성하여 실험한 결과, 개발된 스케일 제거기를 이용한 결과, 약 5시간 30분후의 열교환기 입구와 출구의 압력차가 1/2로 감소하는 것을 알 수 있었으며, 이는 스케일 제거기를 사용함으로써, 스케일의 배관내 증착을 억제한다는 것을 의미한다.

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